



А.М. ПРОХОРОВ — ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.В. Карлов, член-корр. РАН

И.А. Щербаков, член-корр. РАН

1. Становление Лаборатории колебаний

Александр Михайлович Прохоров (1916–2002 гг.) — один из выдающихся учёных XX века — был также и выдающейся личностью. В общении с ним всегда потрясали невероятная быстрота, совершенная ясность и удивительная точность его конкретного мышления. Работоспособность, широта и глубина, объем его эрудиции восхищали. Хотя для него интересы конкретного дела всегда были превыше всего, он уделял огромное внимание весьма общим вопросам бытия науки, страстно доказывал взаимную обусловленность фундаментальных и прикладных исследований, указывал, что их взаимное проникновение есть необходимое условие технического прогресса. При этом он проявлял постоянную заботу о людях, прямо или косвенно осуществляющих этот прогресс.

Свойственные А.М. Прохорову высокая степень ответственности за то, что происходит в науке и окрест ее, глубокая культура и настоящий энциклопедизм, коммуникабельность его натуры, его активная гражданственность приводили к очень широкому видению развития науки. И что характерно, это было видение перспектив и проблем развития не только квантовой электроники, которую он в значительной степени создал и приобрел в ней всемирную известность. Александр Михайлович в силу присущей широты видения науки как целого заботился не только о своей области, но активно поддерживал и другие направления.

Эта, вообще говоря, не тривиальная черта характера крупного ученого-руководителя особенно наглядно проявлялась в течение всех лет, когда Александр Михайлович занимал пост академика-секретаря Отделения общей физики и астрономии АН СССР (1973–1991 гг.).

Громадный интеллект, энергия, жизнелюбие и открытость А.М. Прохорова, его обаяние полностью соответствовали тем высоким постам в руководстве нашей научной и культурной жизнью. Он был всегда и везде адекватен, идет ли речь о командовании взводом полковой разведки в тяже-

лые годы Великой Отечественной войны, о заведовании кафедрой лазерной физики МФТИ, о деятельности Главного редактора Большой Советской Энциклопедии, члена Президиума или академика-секретаря Отделения общей физики и астрономии АН СССР. Но говоря о всех высоких и ответственных постах, которые занимал и которым был адекватен выдающийся физик и организатор науки, основоположник квантовой электроники и лазерной физики, Лауреат Нобелевской, Ленинской и Государственных премий СССР и России, дважды Герой Социалистического Труда академик А.М. Прохоров, мы должны ясно понимать, что главной любовью для Александра Михайловича была Лаборатория колебаний.



А.М. Прохоров, младший лейтенант, 1941 г.

Именно эта лаборатория, заведующим которой в 1954 г. официально стал молодой доктор физико-математических наук А.М. Прохоров, стала тем местом, где была рождена квантовая электроника.

Именно эта лаборатория стала в 1968 г. основным научным организмом Отделения «А» Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР.

Именно на базе этой лаборатории Александр Михайлович в 1982 г. создал Институт общей физики АН СССР — главное свое детище — и стал первым его директором.

Лаборатория колебаний была создана в 1934 г. по идее академика Л.И. Мандельштама, когда Академия наук СССР по решению Совнаркома была переведена из Ленинграда в Москву. Вместе с Академией в Москву был переведен и Физико-математический институт АН СССР, существовавший в Ленинграде с 1921 г. В 1934 г. из состава Физико-математического института был выделен Математический отдел, ставший Математическим институтом им. В.А. Стеклова АН СССР (МИАН), а Физический отдел был преобразован в самостоятельный Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН). Это отделение «ми от фи», как незамысловато шутили наши научные прародители, дало возможность структурировать ФИАН, образовав в нем ряд лабораторий. В их числе была и Лаборатория колебаний.

Лаборатория была на подъеме; в ней сформировались два направления бурного роста — радиоспектроскопия и радиоастрономия, возглавляемые двумя пассионарными лидерами, А.М. Прохоровым и В.В. Виткевичем соответственно. Подъем этот был, несомненно, обусловлен тем, что нужные люди в нужное время оказались в нужном месте. Определяюще важную роль сыграло то отнюдь не случайное обстоятельство, что этим столь нужным, правильным и важным местом явилась именно Лаборатория колебаний ФИАН.

Академик Л.И. Мандельштам, общепризнанный глава и неформальный лидер московской школы физиков того времени, активно развивал идеи общей теории колебаний и «колебательной взаимопомощи» между различными разделами физики. Он не занимал никаких административных постов. Однако Лаборатория колебаний находилась под его сильнейшим влиянием. Академик Н.Д. Папалекси, друг и соратник Мандельштама, был первым ее заведующим.

В лаборатории была создана высокая колебательная культура. Воззрения Мандельштама всецело разделял и всячески содействовал развитию этой культуры второй по времени заведующий лабораторией академик М.А. Леонтович, назначенный на этот пост после смерти академика Папалекси в 1947 г.

Однако к концу 40-х – началу 50-х годов царивший в лаборатории культ колебаний стал терять свою пассионарность, свой первоначальный живительный импульс. Колебательная культура присутствовала, но все достойные области ее приложений казались разработанными. Лаборатории грозил застой. К тому же академик Леонтович все больше времени уделял проблеме управляемого термоядерного синтеза, концентрируя свои усилия в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова, куда он официально и перешел в 1952 г. Ясно, таким образом, что радиоспектроскопия и радиоастрономия явились более чем своевременно. Эти отрасли знания органичны Лаборатории колебаний и ее духу радиофизического подхода и колебательной взаимопомощи при исследовании явлений самой разнообразной физической природы.

Радиоастрономическая группа вскоре выделилась в самостоятельное подразделение, а Лаборатория колебаний под руководством А.М. Прохорова приступила к созданию квантовой электроники, основой и прародительницей которой являлась радиоспектроскопия.

Мы не будем глубже погружаться в тонкости теории познания, объясняющей, как и почему радиоспектроскопия молекул и примесных диэлектрических кристаллов стала базой становления квантовой электроники. Подчеркнем лишь, что возглавивший радиоспектроскопические исследования и, тем самым, Лабораторию колебаний молодой, волевой и харизматический лидер А.М. Прохоров был к этому готов. Александр Михайлович прошел великолепную школу физфака ЛГУ и аспирантуры ФИАН. Будучи блестящим экспериментатором и прекрасным радиоинженером, он был отнюдь не лишен вкуса к теории, владел многими ее приемами и явственно чувствовал описываемую теорией физику. Но главное состоит в том, что стержневой идеей, определившей на многие десятилетия вперед смысл научной жизни А.М. Прохорова, была идея монохроматических колебаний в нелинейных системах с резонансной обратной связью. Очень важно, что такие формирующие ученого этапы становления его личности как выполнение кандидатской (1939–1941 гг. и 1944–1946 гг.) и докторской (1946–1951 гг.) диссертаций прошли у Александра Михайловича в Лаборатории колебаний под знаком радиофизического подхода и колебательной взаимопомощи.

Лазеры, лазерное излучение, взаимодействие лазерного излучения с веществом, их применения в науке и в технологиях составляют предметную основу мировой славы академика Прохорова. И суть дела здесь в том, что в силу высокой монохроматичности и когерентности колебаний лазеры способны предельно концентрировать в пространстве, во времени и в спектральном интервале практически всю энергию их излучения, достигающую, как правило, отнюдь не малых величин. Появление лазеров было подготовлено всем ходом развития квантовой электроники, которая привнесла в оптику методы радиофизики и теории колебаний, обусловила её второе рождение, придала ей динамизм и ускорила ее развитие. Возникла нелинейная оптика, появились и стали интенсивно применяться в технологии и медицине источники когерентного оптического излучения, традиционная оптика обрела новую жизнь. Все это стало возможным именно потому, что перенос радиометодов в оптический диапазон позволил впервые в оптике создать мощные источники монохроматических колебаний.

Быстрый прогресс квантовой электроники в значительной мере обусловлен ее востребованностью. В ней идеи и методы теории колебаний объединены с волновыми и квантовыми представлениями оптики и радиофизики. Александр Михайлович Прохоров был и символом, и движущей силой этого объединения.

Но не следует думать, что процесс становления квантовой электроники в Лаборатории колебаний ФИАН (читай — процесс становления А.М. Прохорова как великого ученого) протекал в



Кандидат физико-математических наук
А.М. Прохоров

благостной атмосфере всеобщего восхищения и дружной поддержки. При реальном продвижении вперед кроме естественного сопротивления косной материи приходилось преодолевать и косность духа distinguished и, как правило, заслуженно уважаемых коллег. Тут было все — и непонимание роли работ по радиоспектроскопии, и легкая демагогия по поводу «забвения» заведующим Лабораторией колебаний заветов академика Мандельштама, и неприятие новых идей и остроумных, неожиданных решений, порой демонстрируемое ближайшими сотрудниками.

Следует признать, были у Александра Михайловича основания с горьким юмором частенько цитировать «Закон трех стадий развития научной идеи».

Стадия первая: «Этого не может быть, потому что не может быть никогда».

Стадия вторая: «Ничего нового в этом нет; все это давно известно».

Стадия третья, завершающая: «А ты-то тут при чем?».

Величие подлинного ученого, ученого-творца, ученого-созидателя, ученого-первопроходца, ученого-первооткрывателя определяется, в числе прочих параметров, его способностью создавать для себя собственную комфортную среду интеллектуального проживания.

В России традиционно это естественное стремление крупного ученого жить и работать в дружественном, а не во враждебном или, что часто еще хуже, безразличном ко всему окружению приводит к созданию так называемых научных школ. Понятие «научная школа» неизвестно в англосаксонском научном мире. Это чисто русское явление научной жизни. Трудно дать строгое, юридически выверенное определение научной школы. Обычно под научной школой такого-то ученого имя рек понимается неформальное объединение научных работников, ставших таковыми под руководством упомянутого ученого в процессе выполнения дипломной работы и/или прохождения аспирантуры и продолжающих исследовательскую работу под его эгидой. Хотя такие «научные однокашники» могут работать и вдали от лидера школы, тем не менее эта общность приобретает большую силу тогда, когда составляющие ее, как правило, еще очень молодые люди являются членами одного коллектива.

Почти 60 лет назад осенью 1948 г. радиопрактикум в группе студентов-радиофизиков на физико-техническом факультете МГУ начал вести молодой старший научный сотрудник Лаборатории колебаний ФИАН А.М. Прохоров.

Потрясало в молодом преподавателе все. Блестящее владение ламповой электронной схемой, очевидный прагматизм инженерного, можно сказать, физико-технического мышления, явно выраженное уважение к тем, кто любил и умел работать, раскованность поведения, быстрота реакции и любовь к лабораторному жаргону.

Результат был предсказуем. В весенний семестр того же учебного года часть студентов-радиофизиков второго и третьего курсов физико-технического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова приема 1947 г. изъявила сильное желание проходить преддипломную практику в Лаборатории колебаний. Студенты любили Александра Михайловича и рвались работать с ним. Из физтеховцев

1947 г. приема, пришедших в Лабораторию колебаний ранней весной 1949 г., сегодня, т.е. осенью 2006 г., в Институте общей физики им. А.М. Прохорова работают Ф.В. Бункин, В.Г. Веселаго, Н.В. Карлов, В.К. Конюхов и Т.А. Шмаонов. Все они суть ученики Александра Михайловича. Но не все из них стали таковыми немедленно. В 1949 г. формирующаяся группа Прохорова состояла из двух кандидатов физ.-мат. наук А.М. Прохорова и М.Е. Жаботинского, двух аспирантов, Н.Г. Басова и Н.А. Ирисовой, двух студентов-дипломников, А.И. Барчукова (МВТУ) и Б.Д. Осипова (ФТФ МГУ), двух студентов-практикантов, В.Г. Веселаго и В.К. Конюхова (оба из ФТФ МГУ).

М.Е. Жаботинский не был сотрудником ФИАН, он работал в так называемом «Радиосовете» (ныне это Российский национальный комитет Международного научного радиосоюза) и вскоре ушел во вновь организованный Институт радиотехники и электроники (ИРЭ), где стремился работать в тех же областях квантовой электроники, находясь под сильным влиянием А.М. Прохорова.

Таким образом, центром кристаллизации, точкой роста Лаборатории колебаний, ведомой А.М. Прохоровым по пути создания квантовой электроники, за несколько лет до запуска первого молекулярного генератора стала комната № 23 на втором этаже здания ФИАН на Миуссах, где работали А.М. Прохоров, Н.Г. Басов, Н.А. Ирисова, А.И. Барчуков, Б.Д. Осипов, В.Г. Веселаго и В.К. Конюхов. Впоследствии к ним присоединились еще до переезда с Миусской площади на Калужское шоссе дипломница МАИ Т.М. Минаева (Мурина) и выпускник физфака МГУ Г.П. Шипуло.

Мудрость руководителя и стремление к независимости привели Александра Михайловича еще в то время к решению, вызвавшему некое недоумение среди многих представителей чисто академического сообщества. Несмотря на серьезнейшую нехватку помещений и кадровый голод (в смысле резкой нехватки штатных единиц) А.М. Прохоров приобрел хороший токарный станок, установил этот станок в отгороженном торце коридора перед комнатой № 23 и привлек к себе на работу великолепнейшего мастера, прецизионного механика Д.К. Бардина. Дмитрий Константинович с полнейшим на то основанием входит в ту когорту первопроходцев, которые еще на Миуссах составили ядро будущей лаборатории Прохорова.

12 ноября 1951 г., на середине 36-го года жизни, А.М. Прохоров защитил докторскую диссертацию. После этой защиты он мог, не отвлекаясь на другие проекты, сконцентрировать все свои силы на работах по радиоспектроскопии.

Ранним летом 1952 г., после переезда на Калужское шоссе Прохоров делает очередной не тривиальный шаг. Он приглашает на работу в Лабораторию колебаний профессионального химика, молодого специалиста Г.Я. Взенкову (Зуеву), которая быстро становится крайне полезным членом растущего коллектива, обеспечивая физиков молекулярными газами требуемой чистоты на предмет их радиоспектроскопического исследования. При этом Александр Михайлович совершенно мудро предоставляет молодому талантливому химику все возможности для самостоятельной научной работы по тематике, лежащей в ее персональных интересах, а отнюдь не в интересах лаборатории. Такой метод привлечения талантливых работников для добросовестного выполнения ими скучных, рутинных, вспомогательных, но необходимых работ применялся шефом лаборатории с успехом и неоднократно.

В 1952 г., сразу же по переезде в новое, существенно большее помещение и, что надлежит особо подчеркнуть, сразу же после защиты докторской диссертации, Александр Михайлович получил адекватную своим способностям возможность строить новую Лабораторию колебаний, ла-

бораторию, ставшую малой Родиной большой науки — квантовой электроники СВЧ- и оптического диапазонов электромагнитных колебаний.

Год 1952-й выделен еще и тем, что в феврале на закрытом совещании в Президиуме АН СССР, посвященном проблеме определения дипольных моментов ядер радиоактивных атомов, выступили с совместным докладом Н.Г. Басов и А.М. Прохоров. Именно на этом совещании они впервые обнародовали идею молекулярного квантового генератора СВЧ-колебаний. К счастью, стенограмма совещания была сделана достаточно профессионально. К счастью, академик Д.В. Скобельцын, в то время директор ФИАН, не только озаботился своевременно рассекретить этот доклад Басова и Прохорова, но и выдвинул их на соискание Нобелевской премии. Насколько можно судить, именно эта официальная бумага помогла Нобелевскому комитету принять правильное решение.

В том же 1952 г. А.М. Прохоров делает важнейший шаг на пути разворачивания фронта работ по квантовой электронике. Он начинает радиоспектроскопические исследования твердого тела — электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) примесных парамагнитных ионов в диэлектрических, оптически прозрачных кристаллах.



А.М. Прохоров и его ученики: Я. Конопка (Польша) и Г.В. Гваладзе (Грузия)

ЭПР как явление был открыт Е.К. Завойским (в то время сотрудником ФИАНа) в 1944 г. в эвакуации в Казани.

Александр Михайлович обратил внимание на потенциальные возможности спектроскопии парамагнитного резонанса примесных ионов переходных металлов (группы железа и редкоземельных элементов), внедренных в диэлектрические кристаллы, где-то в году 1951–1952. Начал работы по спектроскопии ЭПР в 1952 г. аспирант Александра Михайловича А.А. Маненков. Кроме всего прочего, им был исследован ЭПР рубина и определены параметры спин-гамильтониана, определяющие положения уровней энергии иона хрома в этом кристалле. Дело в том, что хорошо известный ювелирам, изготовителям стеклорежущего инструмента и физикам-лазерщикам рубин есть твердый раствор окиси хрома Cr_2O_3 в α -модификации лейкосапфира или корунда Al_2O_3 . Классические материаловедческие параметры лейкосапфира великолепны. Для корунда характерны высокая теплопроводность, механическая и химическая стойкость, нерастворимость в воде и негигроскопичность, оптическая однородность и прозрачность. Все это в сочетании с реальной доступностью синтетических монокристаллов практически любых форм и размеров, возможностью легко

и регулируемым образом на этапе высокотемпературного синтеза вводить примесные ионы переходных металлов дало прекрасный старт твердотельной квантовой электронике.

Именно этот материал стал в скором будущем излюбленным материалом для твердотельных мазеров и лазеров. Широко известно, что рубин был предложен как рабочее тело квантовой электроники в 1957 г. именно А.М. Прохоровым.

Весьма полно характеризует Лабораторию колебаний список кандидатских диссертаций, защищенных сотрудниками Лаборатории в течение этого десятилетия:

Н.А. Ирисова «Стабилизация частоты стандартного 3-см клистрона спектральной линией газа», 1951 г.;

А.И. Барчуков «Модуляционный метод для измерения коэффициентов поглощения в микроволновой спектроскопии», 1953 г.

Н.Г. Басов «Определение ядерных моментов радиоспектроскопическим методом», 1954 г.

Ф.В. Бункин «Теория теплового излучения анизотропных сред», 1955 г.

А.А. Маненков «Парамагнитный резонанс в некоторых соединениях элементов группы железа и редких земель», 1955 г.

Б.Д. Осипов «Некоторые фазовые соотношения в радиоспектроскопах», 1955 г.

Н.В. Карлов «Исследование некоторых вопросов чувствительности радиометров», 1956 г.

В.Г. Веселаго «Радиоспектроскопическое исследование молекулы HDSe », 1958 г.

К этим именам следует добавить фамилии сотрудников НИИЯФ МГУ, где А.М. Прохоров организовал Лабораторию радиоспектроскопии — филиал Лаборатории колебаний или, как минимум, университетское отделение школы Прохорова:

Г.М. Зверев «Исследование спектра ЭПР ионов V^{3+} и Co^{2+} в корунде», 1960 г.

Л.С. Корниенко «Исследование спектра ЭПР ионов железа в корунде», 1960 г.

Этот список показывает, как ко времени появления парамагнитных мазеров формировалась новая Лаборатория колебаний — лаборатория А.М. Прохорова. Фамилии Бункина и Карлова присутствуют в этом списке отнюдь не случайно. После защиты кандидатских диссертаций они, покинув соответственно теоретический и радиоастрономический сектора лаборатории, перешли в сектор А.М. Прохорова и, тем самым, влились в состав той славной дружины, с которой Александр Михайлович прокладывал новые пути в науке.

Квантовые парамагнитные усилители, как и следовало ожидать, вызвали еще больший энтузиазм в широких кругах радиоинженеров, главным образом, инженеров-радиолокационщиков. Люди, ответственные за противоздушную (ПВО) и противоракетную оборону (ПРО) страны зачастили в кабинет А.М. Прохорова. Наиболее толковые из их подчиненных стали регулярными участниками прохоровского семинара. Постепенно школа Прохорова стала прирастать филиалами, расположенными на территориях многих НИИ ВПК.

Лаборатория колебаний в течение нескольких лет была единственной лабораторией в СССР, коллектив которой активно и целенаправленно разрабатывал квантовую электронику. На Западе в этой же области и в том же направлении столь же активно работала только одна лаборатория — Лаборатория излучений Колумбийского университета в Нью-Йорке, США (Radiation Lab., Columbia Univ., N.Y., USA). Руководителем этих работ являлся профессор Чарльз Хард Таунс (Charles H. Townes).

Не обсуждая здесь и сейчас вопрос о сходстве или различии в профессиональной предыстории этих двух выдающихся ученых, отметим, что их личное знакомство состоялось в 1955 г. в Англии на Международной конференции по радиоспектроскопии. Они подружились. Дело здесь в

том, что к тому времени большие руководители научных работ потеряли интерес к радиоспектроскопии, не видя в ней никакого полезного для себя практического выхода в дальнейшем. В США мощные исследовательские организации, создавшие радиолокационную технику, а именно на этой базе возникла и развивалась радиоспектроскопия, прекратили все работы в этом направлении. Оно было отдано на откуп небольшим группам физиков в немногих университетах. Таунс представлял одну из таких наиболее продвинутых групп в США. Прохоров — другую группу, единственную в СССР, но, как и группа Таунса, работавшую без особенной поддержки научной общественности и больших руководителей. После опубликования в 1954 г. теории молекулярного генератора даже дружественно настроенные, доброжелательные коллеги говорили, что ничего из этого не получится, что все это совершенно нереально. В Америке Таунсу пришлось доказывать декану физического факультета Колумбийского университета, что его аспирант Цайгер в любом случае не пострадает, т.к. даже если ожидаемая генерация и не получится, то радиоспектроскопические результаты исследования будут, несомненно, диссертабельны.

С этой точки зрения они были в одинаковом положении. После доклада А.М. Прохорова о применении молекулярных пучков в радиоспектроскопии и возможности получения генерации на их основе, Таунс понял, что он не одинок в этом мире фундаментальной науки. Совершенно справедливо решив, что успех Прохорова будет способствовать и его, Таунса, достижениям, он доверительно рассказал Александру Михайловичу о применении квадрупольного конденсатора для отделения в молекулярном пучке возбужденных молекул от невозбужденных.

Каждый из них, вернувшись на Родину, рассказал соответствующим большим руководителям науки об успехах соперника, чем немало способствовал укреплению их собственных позиций. Александр Михайлович не часто, но всегда с веселым юмором рассказывал эту историю, когда его самого пытались убедить в необходимости начать какое-либо новое дело на том лишь основании, что американцы это уже делают.

Квантовая электроника реально родилась в тот момент, когда возбужденная квантовая система — пучок должным образом отсортированных молекул — была помещена в резонатор. Молекулярные генераторы монохроматических СВЧ-колебаний (мазеры), первые приборы квантовой электроники, были созданы в конце 1954 – начале 1955 гг. в Лаборатории излучений Колумбийского университета в США (Дж. Гордон, Х. Цайгер, Ч. Таунс) и в Лаборатории колебаний ФИАН в СССР (Н.Г. Басов и А.М. Прохоров). Они работали на пучке молекул аммиака, длина волны излучения 1,25 см.

Запуск молекулярных генераторов обратил на себя широкое внимание, вызвал приток сил и средств в новую науку, ознаменовал собой начало триумфального шествия идей, методов и приборов квантовой электроники в мире фундаментальной и прикладной науки, в мире высоких технологий.

Лаборатория колебаний

Примесные парамагнитные кристаллы оказались удобными для создания инверсии населенностей в системе трех уровней энергии с помощью мощного вспомогательного излучения накачки. Этот метод был предложен Н.Г. Басовым и А.М. Прохоровым в 1955 г. и реализован Николасом Блоембергенем в 1956 г. на монокристаллах этилсульфата гадолиния. При низких температурах был получен эффект квантового усиления. Но этилсульфат абсолютно не пригоден для практического применения, он хрупок, гигроскопичен, растворим в воде. У группы молодых сподвижников Прохорова был рубин, было знание его спектроскопии, процессов релаксации энергии возбуждения в нем, опыт работы с этим прекрасным материалом. Александр Михайлович, опираясь на вы-

полненные под его руководством фундаментальные исследования ЭПР рубина, ввел этот материал в круг широко используемых в квантовой электронике для создания активных сред.

Н.Г. Басов подготовил докторскую диссертацию в 1957 г. на тему «Молекулярный генератор», что было довольно естественно. Менее естественным, а потому подозрительным, показалось директору ФИАН академику Д.В. Скобельцину то обстоятельство, что докторская работа представлена к защите так быстро. После защиты кандидатской работы прошло всего три года. Радиофизическое значение генерации монохроматических колебаний квантовой системой от него ускользала, аргументация, основанная на возможных применениях молекулярного генератора как генератора со стабильной частотой в системах точного времени, не казалась ему серьезной. Александр Михайлович, по его словам, потратил много времени и сил для того, чтобы сломить вежливое сопротивление директора. Как не странно, но аргументом, решившим вопрос в пользу Басова, было замечание Прохорова, что при работе молекулярного генератора впервые в истории физики в земных условиях в чистом виде наблюдается индуцированное испускание излучения. Этот же аргумент А.М. Прохоров озвучил и публично, выступая на ученом совете при защите Басовым диссертации.

Примерно в это время Николай Геннадиевич решил приобрести большую независимость и отделиться от Прохорова, создав свой сектор, но в рамках Лаборатории колебаний. Та часть лаборатории, которая работала с Прохоровым и осталась с ним, получила наименование «Сектор молекулярных усилителей Лаборатории колебаний». Заведующим сектором (1959–1964 гг.) стал А.М. Прохоров, оставшись при этом и заведующим лабораторией. В его служебной компетенции формально находился сектор «молекулярных генераторов» Н.Г. Басова, который, однако, вскоре занял пост заместителя директора ФИАН. Эта иерархическая чересполосица была чрезвычайно неустойчива и отнюдь не способствовала добрым отношениям между ними. В 1964 г. Ученый совет ФИАН выделил из Лаборатории колебаний сектор Н.Г. Басова, получивший название «Лаборатория квантовой радиофизики». Вместе с Басовым из Лаборатории колебаний в Лабораторию квантовой радиофизики перешли некоторые из выпускников Физтеха, начавшие свой путь в науке у Александра Михайловича — Б.Д. Осипов, В.С. Зуев, А.Н. Ораевский и К.К. Свидзинский.

Тема взаимодействия двух одинаково великих основоположников великого дела, несмотря на все поведенческие, психологические и мировоззренческие различия между ними, думающих по большому счету одинаково и стремящихся к одинаковым целям, есть тема для писателя масштаба Льва Толстого или Федора Достоевского. Булгаковский «Театральный роман» в масштабе личностей Басова и Прохорова может рассматриваться лишь как введение в тему.

Время — лучший судья и лучший целитель. Оно отшелушивает все мелкое и наносное и позволяет яснее видеть суть. Когда вокруг Александра Михайловича развернулась кипучая деятельность в так называемой наукоёмкой промышленности, то конкуренция, которая была между Басовым и Прохоровым и которая многих так раздражала, имела и положительную сторону — они ревниво следили за достижениями друг друга, особенно в прикладных областях, и это стимулировало их творческую активность. К концу прошлого века события того времени сделали их конкуренцию бесполезной, а их взаимное уважение стало для всех очевидным.

Объединив усилия Лаборатории колебаний ФИАН (А.А. Маненков) и Лаборатории радиоспектроскопии НИИЯФ МГУ (Г.М. Зверев и Л.С. Корниенко), А.М. Прохоров весной 1958 г. осуществил работающий на рубине квантовый парамагнитный усилитель на длине волны 10 см при накачке излучением на длине волны около 2 см. Эта первая реализация метода трехуровневой накачки вспомогательным излучением в системе уровней энергии ионов хрома в лейкосапфире была

достигнута на территории НИИЯФ, так как при новом здании МГУ был построен криогенный корпус и появилась редкая для того времени возможность работать при температурах жидкого гелия (4,2 К и ниже), что было необходимо для реализации задуманного. Кроме того, в распоряжении экспериментаторов имелись достаточно мощные магниты весом более 20 тонн с большими полюсными наконечниками, обеспечивающими магнитное поле разумной однородности в требуемом объеме вплоть до напряженности в 15–18 кГс. Как оказалось, это было излишним, и в дальнейшем работа шла с применением гораздо более скромных магнитов.

Весь этот яркий эпизод научной биографии Александра Михайловича удивительно ясно и выпукло показывает его творческий метод. Составляющими успеха являлись результаты фундаментальных исследований природы вещей (определение констант спинового гамильтониана и характера спин-решеточной релаксации ионов Cr^{3+} в лейкосапфире), блестящая интуиция в выборе вещества для создания инверсии в нем, научная смелость в привлечении для пользы дела совершенно новой и до того незнакомой техники сверхнизких температур, талантливая организационная смелость при переносе решающих экспериментов со своей территории на «чужую» и во главе всего этого — потрясающий талант ученого, творящего новое знание.

Создание квантовых парамагнитных усилителей автоматически решило проблему уменьшения шумов радиоприемной аппаратуры до уровня, определяемого тепловым излучением земной атмосферы и реликтовым излучением Галактики. Соответствующее увеличение чувствительности радиоприемников СВЧ было на ура воспринято в радиоастрономии.

Работы Александра Михайловича и его лабораторий по созданию парамагнитных, т.е. твердотельных, мазеров имели колоссальное значение в истории квантовой электроники, далеко выходящее за пределы радиофизики СВЧ. Эти работы дали начало сериям целенаправленных исследований примесных монокристаллов — новых лазерных кристаллов. Принято думать и говорить, что интерес Прохорова к твердому телу как потенциальной рабочей лазерной среде свидетельствует о его интуиции и таланте предвидения. Это так, но на данном примере ясно видно, что интуиция — дочь эрудиции и что предвидение тогда продуктивно, когда оно базируется на хорошо продуманном опыте собственных изысканий.

В свое время авторитетные исследователи в США, да и в России считали газовую среду наиболее подходящей для лазеров. Точка зрения Александра Михайловича заметно отличалась от мнения большинства. Он организовал исследования по поиску новых кристаллов, их синтезу, исследованию их свойств и т.п. Это стало одной из несущих конструкций будущего Института общей физики.



1969 год: ФИАНовцы — Герои Социалистического Труда. Академики Д.В. Скобельцин, А.М. Прохоров, Б.М. Вул, Н.Г. Басов

Многие серьезные люди увидели в появлении лазера зарю грядущей технической революции. Молекулярные генераторы полностью решили давно стоявшую в электронике СВЧ проблему стабилизации частоты генерируемых монохроматических колебаний. Это направление работ по квантовой электронике, ведущее к созданию стандартов частоты и времени, обещало и в дальнейшем дало множество крайне интересных фундаментальных результатов. Мы не затрагиваем здесь прикладную значимость излучения радиодиапазона со стабильной частотой для систем навигации, в том числе спутниковой и космического целенавещения. Конечно, создание лабораторного макета лазера решало эти проблемы принципиально. Тем не менее требовалось проведение больших серий фундаментальных научных и инженерно-исследовательских работ для того, чтобы возможное стало действительным. Успех таким работам, однако, был гарантирован.

Здесь исключительно важно подчеркнуть, что на этом этапе развития квантовой электроники Александр Михайлович не пошел по очевидному пути совершенствования параметров созданных им лазеров. *Noch eine begründung*¹ не интересовало его. Ему требовалось *etwas neues*², а планирование «от достигнутого» никогда не прельщало его. Эта личностная черта характера А.М. Прохорова, присущая многим великим людям, сказалась самым благоприятным образом на темпах развития квантовой электроники в СССР.

Принципы и методы, высказанные, сформулированные и частично уже реализованные при создании молекулярных генераторов, нашли в его руках новые области применения, сделали возможным создание новых приборов, обладающих набором совершенно новых свойств и работающих в совершенно новых участках спектра электромагнитных колебаний. Трудом А.М. Прохорова квантовая электроника как область научного знания кардинальным образом расширилась, перестала быть наукой приборов только одного типа.

Естественно, что бурное развитие родившегося направления, рост числа публикаций и увеличивающийся интерес к новой науке у большого числа ученых и специалистов вдохнули новую жизнь в еженедельный семинар Лаборатории колебаний, который постепенно превращался в прохоровский семинар по квантовой электронике. Как форма общения он довольно быстро потерял свое бывшее изысканное интеллигентное название «коллоквиум» (т.е. собеседование) и превратился в рабочий семинар (т.е. рассадник). Более полувека этот рассадник идей и методов квантовой электроники, сообщений о ее приборных достижениях и новых областях применений служил распространению информации о квантовой электронике, консолидации сил всех тех, кто хотел работать в этой науке. И последнее, не по важности, а по счету: семинар в значительной степени способствовал повышению уровня грамотности всех членов нового сообщества.

Трудно переоценить роль исправно действующего семинара в деле формирования научного коллектива или, если шире посмотреть на дело, в формировании научной школы. Практически каждый семинар был событием. В них принимали участие не только сотрудники Лаборатории колебаний, не только финансы, но и физики и инженеры из других организаций.

Как правило, все публикуемые работы, все диссертации (кандидатские и, особенно в начале, редкие докторские) подвергались тщательному, отнюдь не лицеприятному обсуждению.

Ученые из научных учреждений других ведомств, городов и стран считали для себя высокой честью выступление на прохоровском семинаре. Семинар этот, как уже говорилось, формировал

¹ Уточнение (*немецкий*)

² Нечто новое (*немецкий*)

школу Прохорова, причем не только и не столько в ФИАНе и Лаборатории колебаний, сколько вне этих учреждений.

Научная и научно-инженерная общественности, руководящие круги высоко оценили работы по квантовой электронике. В 1959 г. Александру Михайловичу Прохорову и Николаю Геннадиевичу Басову была присуждена Ленинская премия «За разработку нового принципа генерации и усиления электромагнитных колебаний (создание молекулярных генераторов и усилителей)». Столь быстрое и вместе с тем столь высокое признание не могло не воодушевить коллектив лаборатории. В июне 1960 г. это воодушевление получило серьезное подкрепление — Александр Михайлович был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по Отделению физико-математических наук. Значение этого события трудно переоценить, прежде для самого Александра Михайловича, который почувствовал еще большую уверенность в своих силах и возможностях. Естественно, увлеченность работой сотрудников лаборатории при этом также возрастала.

Начало 60-х годов лаборатория встретила на подъеме. Научному подъему соответствовал кадровый рост, обеспеченный теми новыми штатными возможностями, которые открылись в результате успешной работы Александра Михайловича по «ликвидации безграмотности» высокого начальства в вопросах квантовой электроники. Эта несерьезная формулировка прикрывает собой большую работу А.М. Прохорова по внедрению достижений квантовой электроники в реальные системы оборонного назначения. И в этом тяжелом, но благородном деле А.М. Прохоров умело комбинировал традиционные пути внедрения через НИР и ОКР, проводимые под его присмотром в отраслевых НИИ и КБ, с непосредственной установкой парамагнитного квантового усилителя на антенне работающего радиолокатора в воинской части.

Молодые научные сотрудники появлялись в лаборатории сначала как студенты практиканты, затем они становились дипломниками, и, если к моменту защиты диплома становилось ясно, что тот или иной конкретный студент действительно может быть успешным научным сотрудником, он попадал в штат лаборатории либо прямо, либо через аспирантуру. Тогда существовало два основных источника студентов-практикантов — Московский физтех и физический факультет МГУ. В 1985 г. из 250 так называемых молодых ученых ИОФАНа примерно 100 человек окончили МФТИ, столько же физфак МГУ, остальные — МИФИ, МВТУ, МХТИ и др.

Отрезок времени 1954–1960 гг. отмечен по крайней мере двумя крупными научными свершениями А.М. Прохорова. Речь пойдет о вещах хорошо известных, но о них нельзя не сказать в контексте нашего рассказа именно сейчас.

Вскоре после запуска молекулярного генератора с его электростатической отсортировкой невозбужденных молекул от возбужденных в термически равновесном пучке молекул аммиака, Н.Г. Басов и А.М. Прохоров предложили общий метод создания неравновесных сред в квантовой электронике (1955 г.). Это знаменитый метод трех уровней (метод вспомогательного излучения накачки). Все твердотельные мазеры и практически все мощные лазеры работают на основе этого метода.

Успехи квантовой электроники радиодиапазона закономерно поставили вопрос о продвижении ее достижений в сторону гораздо более коротких волн. Для радиофизики и теории колебаний стремление к увеличению частоты управляемого монохроматического излучения было обусловлено всей логикой развития этих наук и являлось вполне естественным. При продвижении к более коротким волнам существенную трудность представлял вопрос о резонаторах, без которых получение монохроматической генерации невозможно. В 1958 г. Александр Михайлович предложил для этой цели открытый резонатор. В сущности, это был аналог хорошо известного в оптике ин-

терферометра Фабри–Перо, но радиофизический, чисто колебательный подход позволил Прохорову предложить эту систему в качестве резонатора для субмиллиметровых мазеров и для лазеров. Эти два предложения — трехуровневая схема и открытый резонатор — являются краеугольными камнями квантовой электроники.

Способность увидеть новое качество в хорошо известных «старых» вещах, распознать это качество и реализовать его так, чтобы «старое» зажило новой, гораздо более содержательной жизнью, всегда была присуща А.М. Прохорову.

В 1961 г. жгуче актуальными стали оптические исследования. Лазерные работы начали разворачиваться взрывообразно. Нужны были специалисты с хорошим оптическим образованием и физтеховской хваткой. Таким был Лев Кулевский, который в конце 1961 г. по рекомендации уже работавших в лаборатории П.П. Пашинина и В.Б. Федорова был приглашен Прохоровым на работу. Они все трое были из первого набора МФТИ как такового (1952 г.).

Не следует думать, что только Физтех служил поставщиком научных кадров лаборатории. 1959-й и 1960-й годы отмечены тем, что в дополнение к выпускникам Физтеха Кулевскому, Пащину, Пименову, Федорову в лаборатории на дипломной практике появились и в ней остались на всю последующую жизнь студенты/выпускники физфака МГУ Е.М. Дианов, В.А. Миляев, Ю.В. Косичкин и А.В. Ширков. От выпускников Физтеха они отличались только тем, что в их учебном плане отсутствовала преддипломная практика выполнения научной работы в базовой научно-исследовательской организации, каковой был для МФТИ ФИАН. Но толковых студентов всегда не хватало, и Александр Михайлович умел внушать своим сотрудникам ту простую мысль, что ценность человека определяется не тем, где он учился, а тем, как он работает.

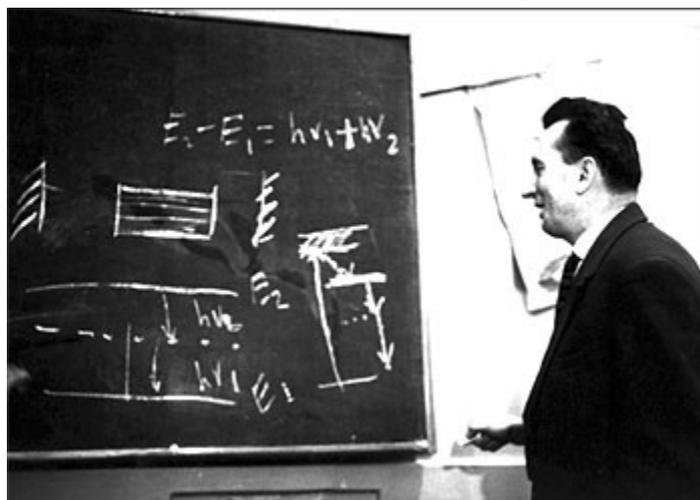
Работали эти молодые специалисты хорошо и, пройдя тот же путь, что и вся лаборатория в целом, влились в лазерное сообщество учеников А.М. Прохорова. Имеется в виду, что начинали они свою научную работу не как оптики, а как радиофизики, ведя исследования по ЭПР, радиоспектроскопии и парамагнитным мазерам радиодиапазона. Завершив свои кандидатские исследования, как и выпускники МФТИ, эти, в то время молодые ученые, составили основу второго поколения учеников Александра Михайловича.

В связи с фамилией Дианова здесь уместно отметить великую способность А.М. Прохорова безошибочно определять направления наиболее перспективных и важных, прежде всего для практического применения, исследований. В начале 70-х годов он совершенно неожиданно для многих своих сотрудников начал разрабатывать такую, казалось бы, чисто технологическую проблему как создание стеклянных волоконных световодов с малыми оптическими потерями. Он создал для этой работы кооперацию академических институтов во главе с ФИАНом и Институтом Химии АН СССР. Но самое главное, он нашел подходящего человека, который бы мог и хотел заняться этой проблемой как своим основным делом и не на год, а на десятилетия. Этим человеком был Е.М. Дианов, ныне академик, член Президиума РАН и директор Центра волоконной оптики РАН.

Выдающиеся результаты были получены очень скоро. Пример оптических волокон наглядно показывает, что Александр Михайлович полагал, что та или иная проблема может считаться решенной не тогда, когда она решена в принципе, но остается, как он говаривал, «кантовской вещью в себе», а тогда, когда она становится практической «вещью для нас». Сказанное относится, в первую очередь, к парамагнитным мазерам радиодиапазона. Смелый опыт по установке мазера на антенну штатного радиолокатора большого научного значения не имел, но доказал возможность работы с жидким гелием в полевых условиях. Естественной областью применения мазеров была радиоастрономия. Полосы пропускания мазеров не слишком велики, поэтому их высокая чувстви-

тельность в полной мере реализуется в радиотелескопах, предназначенных для приема излучений межзвездной среды в узких спектральных линиях. Речь идет, таким образом, о радиоастрофизической спектроскопии.

В феврале 1960 г. в аспирантуру Лаборатории колебаний был зачислен сотрудник Бюраканской астрофизической обсерватории Р.М. Мартиросян, ныне Президент Академии наук Армении. Его руководителем и по форме, и по существу был А.М. Прохоров. Он предложил в качестве диссертационного исследования «Создание квантового парамагнитного усилителя на длине волны 21 см и его применение в радиоастрономии», что и было в скором времени исполнено.



Доклад на семинаре, 1964 г.

При этом существенное значение имела проведенная по инициативе Александра Михайловича пионерская работа по применению мазера на большом радиотелескопе ФИАН РТ-22.

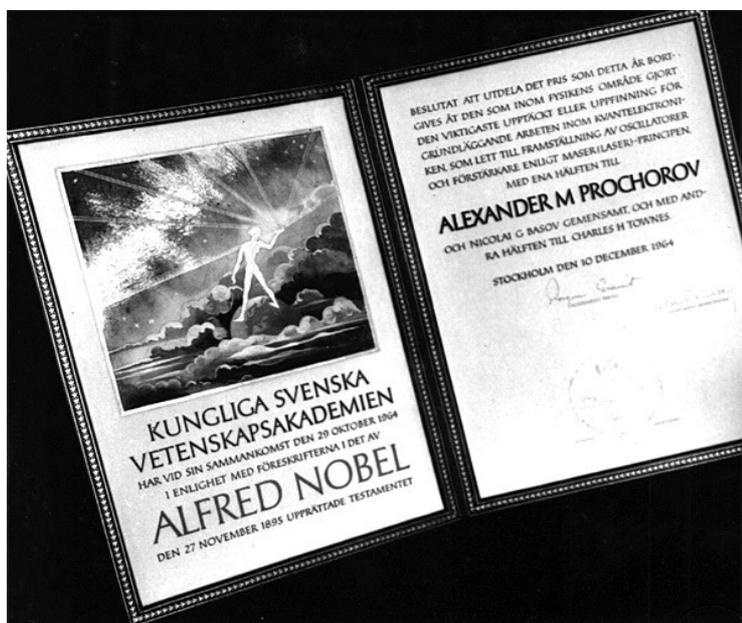
Во-первых, благодаря высокой чувствительности радиотелескопа с мазером на длине волны 21 см были получены важные результаты по изучению тонкого распределения нейтрального водорода во Вселенной.

Во-вторых, первый успешный опыт применения мазера в комплексе радиоастрономической станции оказал принципиальное влияние на развитие экспериментальной базы. В течение 22 лет, начиная с 1968 г., на радиотелескопе РТ-22 регулярно работали в интересах космической радиоспектроскопии рубиновые мазеры на волнах 8 мм и 1,35 см. Эти мазеры (промышленные образцы малых серий) были разработаны и изготовлены в НИИ-17 МАП в группе В.Б. Штейншлейгера — активного участника семинара А.М. Прохорова в период 1959–1964 гг.

Первым экспериментальным исследованием, инициированным Александром Михайловичем в лазерной физике как таковой, было изучение работы рубинового оптического мазера бегущей волны. Это исследование было выполнено Л.А. Кулевским, П.П. Пашининым и А.М. Прохоровым летом 1962 г., а результаты доложены Александром Михайловичем на Парижской конференции 1963 г. и опубликованы в ее трудах.

На этой представительной международной конференции Лаборатория колебаний выглядела весьма неплохо. Ее шеф выступил еще с двумя докладами: «Генерация миллиметровых волн рубином при оптической накачке», соавторы Г.М. Зверев и А.К. Шевченко, и «Стимулированное оптическое излучение рубина при температуре жидкого азота», соавторы В.К. Конюхов и Л.А. Кулевский.

Все больше сотрудников Лаборатории колебаний, завершив предыдущую тематику защитой соответствующих диссертаций, переходили на лазерную тематику. К концу 1964 г. практически вся лаборатория работала по этой тематике.



Диплом Нобелевского лауреата А.М. Прохорова



Нобелевские лауреаты 1964 года: Ч.Х. Таунс, А.М. Прохоров, Н.Г. Басов (все по физике), английский химик д. Кроуфут-Ходчкин, американский биохимик К.Э. Блох, немецкий биохимик Ф. Линен

В последних числах октября 1964 г. стало известно, что основоположники квантовой электроники Николай Геннадиевич Басов, Александр Михайлович Прохоров и Чарльз Хард Таунс удостоены Нобелевской премии 1964 г. по физике за фундаментальные исследования в области квантовой электроники, приведшие к созданию лазеров и мазеров.

Полностью осознать значение этого акта международного признания научных заслуг основателя Лаборатории, ее лидера, вождя и наставника, человека, с которым вместе каждый из сотрудников «крутил ручки» или считал типы колебаний и частоты, сразу было трудно. Только нахлынула большая радость. Потом пришло и осознание величия этого момента, величия этого факта.

Первого июля 1966 г., за десять дней до своего пятидесятилетия, Александр Михайлович был избран действительным членом (академиком) Академии наук СССР по Отделению общей и прикладной физики. Он стал академиком, но это никак не повлияло на его отношения с окружающими, свойственные ему демократизм, доброжелательность и общительность продолжали удивлять всех знающих его людей. Мы уже писали о том, что Александр Михайлович, вопреки существовавшему мнению, что, де мол, возможности совершенствования твердотельных лазеров, где в качестве рабочего тела используются кристаллы и стекла, невелики, был убежден в большой перспективе твердотельных лазеров. Он, опираясь на свой богатый опыт и свою интуицию, сумел организовать фундаментальные исследования по поиску новых лазерных кристаллов, их синтезу и изучению их свойств.

Дар предвидения, в большой мере присущий А.М. Прохорову, привел к тому, что он еще в 1958 г. начал плотно взаимодействовать с группой высокотемпературной кристаллизации Института кристаллографии АН СССР. Начав с рубина для парамагнитных мазеров, эта великолепная кооперация двух академических институтов, ФИАНа и ИКАНа, к 1962 г. успешно решила проблему лазерного рубина.

Александр Михайлович не ограничился впечатляющими достижениями, достигнутыми при создании рубиновых лазеров. Он организовал широкий поиск лазерных кристаллов.

В 1961 г. по инициативе членов-корреспондентов АН СССР Н.Г. Басова и А.М. Прохорова в ФИАНе был создан Отдел монокристаллов. Задачей отдела были поиски, получение и исследование активных сред для твердотельных лазеров. Отдел монокристаллов был создан буквально с «нуля», а в 1962 г. уже были получены первые результаты: кристаллы $TiO_2 : Cr$, кристаллы флюорита с редкоземельными элементами.



Г.А. Аскаръян, А.М. Прохоров и Г.П. Шипуло (слева направо) у установки для наблюдения светогидравлического эффекта, 1969 г.

В 1968 г. отдел был преобразован в сектор монокристаллов Лаборатории колебаний ФИАН. Причина такого преобразования состояла в том, что уже тогда интересы Н.Г. Басова и его сотрудников окончательно сместились в сторону полупроводниковых лазеров. А.М. Прохоров по-преж-

нему проявлял большой интерес к активированным диэлектрическим кристаллам. Отдел к тому времени уже глубоко «погрузился» в выращивание активированных диэлектрических кристаллов, и созданное оборудование, методики и наработанный опыт не позволяли уже одновременно заниматься и полупроводниками (хотя отдельные полупроводниковые кристаллы, такие как сульфиды цинка и кадмия, были весьма успешно разработаны).

В 1969 г. сектор монокристаллов, уже сильно разросшийся, был преобразован в Лабораторию физики твердого тела Отделения А, руководимого А.М. Прохоровым.

Это время, время бурного научного, организационного и просто общечеловеческого роста всех сотрудников Лаборатории колебаний, вспоминается всеми теми, кто имел счастье работать с Александром Михайловичем, как нечто самое светлое, самое радостное в их жизни.

Режимные соображения того времени не давали возможности даже ближайшим сотрудникам Басова и Прохорова знать детали тех больших и очень дорогостоящих проектов, которыми они руководили. Ясно было лишь одно — речь идет о лучевом, лазерном оружии в интересах ПВО и ПРО.

Александр Михайлович ясно отдавал себе отчет в том, что режим секретности нужен для дела. Столь же ясно он понимал, что сотрудники его лаборатории должны, занимаясь фундаментальными исследованиями, публиковать свои результаты, участвовать в международных конференциях, принимать зарубежных коллег. Поэтому с первых шагов совместной работы поле деятельности было четко разграничено. Фундаментальные исследования как те, результаты которых можно было публиковать, так и те, публикация которых пока нежелательна, были прерогативой сотрудников Лаборатории колебаний. Все, что касалось военно-технических исследований, конструкторско-технологических проработок, организации изготовления опытных образцов, полигонных испытаний, все это находилось вне сферы интересов сотрудников А.М. Прохорова и было областью ответственности сотрудников головного исполнителя работ — МКБ «Стрела».

Целью этой большой работы было создание лазерной установки для поражения низколетящих целей. Еще в 1965 г. по поручению генерального конструктора КБ-1 (в дальнейшем МКБ «Стрела», потом «Алмаз») академика А.А. Расплетина Борис Васильевич Бункин, заместитель Расплетина, и его брат Федор Васильевич Бункин, сотрудник А.М. Прохорова, сделали оценки, в которых показали, что поражение низколетящих целей возможно излучением лазера на стекле с неодимом при объеме активной среды примерно 1 м^3 . Эти оценки дали основания А.А. Расплетину и А.М. Прохорову поставить вопрос перед ЦК КПСС и Советом Министров СССР о начале соответствующих работ в широкой кооперации исполнителей. Предложение о создании лазерной системы для ПВО получило поддержку в оборонном отделе ЦК КПСС и в Военно-промышленной комиссии (ВПК) Совета Министров СССР.

23 февраля 1967 г. вышло Постановление ЦК КПСС и Совет Министров СССР, а 26 июня того же года — Решение ВПК. Эти документы определили направления работ, состав исполнителей и сроки создания лазерного комплекса, получившего кодовое название «Омега».

Правда, некоторые остряки из числа старейших сотрудников КБ-1 называли весь этот лазерный комплекс гиперболоидом братьев Бункиных. Шутка эта имела, по крайней мере, двойной смысл. Во-первых, четко указывались исходные авторы идеи, и, во-вторых, деликатно намекалось на весьма вероятную неудачу проекта.

Не останавливаясь на организационных вопросах, подчеркнем, что это постановление, возлагая на Александра Михайловича огромную ответственность, давало ему, вместе с тем, ряд больших преимуществ. Прежде всего следует иметь в виду формулировку в одном из пунктов по-

становления: «Разрешить АН СССР для Физического института им. П.Н. Лебедева построить в г. Москве лабораторный корпус площадью 11000 м². Этот акт, как никакой иной, сразу же резко поднял авторитет и влияние Александра Михайловича в высших академических кругах — ведь в то время существовал запрет на промышленное строительство в Москве.

Отделение «А» ФИАН

Корпус был заложен в 1969 г., построен и сдан в эксплуатацию в 1973 г. Сейчас он является главным зданием Института общей физики РАН и закономерно несет на своем фасаде памятный знак с барельефом Александра Михайловича — основателя и первого директора этого института. Археологи будущего смогут обнаружить в фундаменте этого здания две замурованные капсулы из нержавеющей стали. Внутри одной из них находится большая греческая буква «Омега» — Ω. Так здание ИОФ РАН хранит память о специальной работе, которой оно, это здание, обязано своим существованием.

Вторая капсула содержит пригоршню фианитов — прекрасных синтетических кристаллов на основе высокотемпературных окислов циркония и гафния, не имеющих природных аналогов. Большая твердость, высокий коэффициент преломления и разнообразие окраски, от бесцветных до темнофиолетовых, делает фианиты прекрасными ювелирными камнями.

Впоследствии им были найдены другие, гораздо более важные применения.

Впервые они были созданы в ФИАНе, в Лаборатории физики твердого тела Отделения А. Этим и объясняется наличие второй капсулы, замурованной в основание здания ИОФ РАН.

Размышляя о жизненном пути Александра Михайловича и пройденной им научной дороге, нельзя не восхищаться той отвагой, которую он проявлял при решении больших государственных задач. Хорошо известно его стремление внедрять в практику открываемые физические явления, большие и малые. Он хорошо знал потребности практики. Его поразительная сила предвидения, чувство нового, все проявления его научной и социальной интуиции позволяли ему безошибочно принимать решения во всех тех случаях, когда перед ним стояла большая прикладная задача. А.М. Прохоров активно «входил в долю», брался за участие только в таких работах, выполнение которых требовало проведения серьезных фундаментальных исследований.

Именно такова была «Омега». Щедрое целевое финансирование, капитальное строительство, соответствующее увеличение штатных возможностей — все это было условиями необходимыми, но недостаточными для участия сотрудников лаборатории в этой программе. Главным было возможность существенного расширения научной тематики и рост научного потенциала.

К работам по «Омеге» Александр Михайлович подключил старейших своих сотрудников — уже известных физиков своей знаменитой школы — Ф.В. Бункина, Е.М. Дианова, Н.В. Карлова, П.П. Пашина, В.К. Конюхова, В.Б. Федорова.

Ф.В. Бункин и В.Б. Федоров в Лаборатории колебаний под руководством Александра Михайловича и при его непосредственном участии осуществляли исследования по изучению взаимодействия мощного лазерного излучения с конструкционными материалами в атмосфере. Они определили роль импульса отдачи, возникающего при таком взаимодействии, обнаружили очень важный при всех способах силового воздействия лазерного излучения на преграды эффект резкого снижения порога пробоя и образования плазменного факела, идущего навстречу лазерному лучу.

П.П. Пашинин активно занимался созданием экспериментальных образцов лазеров многократного действия. Он и А.М. Прохоров предложили конструкцию лазера на плоских активных элементах (лазер на стеклянных шпалах).

По инициативе А.М. Прохорова Е.М. Дианов с сотрудниками провел соответствующие исследования, нашел и реализовал совместно с промышленностью оптимальные составы и режимы варки лазерных силикатных стекол. Эта работа была удостоена Государственной премии 1976 г. Кроме того, Дианов курировал важную составную часть проблемы мощных лазеров — проблемы импульсных ламп накачки, слишком часто взрывающихся при работе в энергетически тяжелых условиях.

Исследования взаимодействия лазерного излучения с преградами привели к выводу о перспективности применения CO_2 -лазеров ($\lambda = 10,6$ мкм) для функционального плазменного воздействия лазерного излучения на различные части летательных аппаратов. Эти работы выполнялись подразделениями А.И. Барчукова, Ф.В. Бункина и В.Б. Федорова. Результаты этих исследований, выполненных в 1972–1978 гг., позволили предложить использование CO_2 -лазеров для дальнейшей проработки вопроса в рамках программы «Омега». Н.В. Карлов с сотрудниками, занимаясь мощными импульсным CO_2 -лазером с несамостоятельным разрядом, курировал одновременно разработку локатора на длине волны 10,6 мкм, проводимую в КБ «Алмаз».

Новые горизонты в квантовой электронике больших мощностей открыло изобретение В.К. Конюховым и А.М. Прохоровым газодинамического CO_2 -лазера, в котором лазерный эффект достигался в сверхзвуковом потоке предварительно сильно нагретой газовой смеси в результате адиабатического охлаждения при прохождении через сверхзвуковое сопло.



1976 год: Президент АН СССР академик А.П. Александров поздравляет А.М. Прохорова с 60-летием

В целом, цикл прикладных работ «Омега» привел к открытию и детальному исследованию нескольких новых физических явлений, к новым материалам и технологиям. И это очень характерно для Александра Михайловича, для того типа научной одаренности, которым он обладал. Действительно, сама постановка работы «Омега», ветвистый путь ее прохождения, многообразие ее результатов могут рассматриваться как богатейшая иллюстрация любимого тезиса Александра Михайловича о взаимной обусловленности, взаимном проникновении прикладных и фундаментальных исследований как необходимых условиях технического прогресса.

Стремление А.М. Прохорова к внедрению физических знаний и, прежде всего, знаний, только что полученных, в прикладные задачи естественным образом предавалось его ближайшим со-

трудникам. Так, например, Ф.В. Бункин совершенно неожиданно для Александра Михайловича, будучи уже членом-корреспондентом Академии наук СССР, решил заняться новой для него научно-прикладной тематикой — гидроакустическим, радиолокационным и лидарным зондированием океана. Хотя это направление никак не входило в тематику Отделения А, Александр Михайлович, хорошо зная научное прошлое, уровень и области профессиональной компетентности Федора Васильевича, остался верен себе и дал «добро» на этот отважный шаг. Так, в научной тематике ФИАН, а затем уже и ИОФАНа, возникло и стало активно развиваться новое направление — гидрофизика.

Обратимся теперь к важной составляющей научно-организационной активности А.М. Прохорова. В течение 18 лет, с 1973 по 1991 г., Александр Михайлович занимал пост академика секретаря Отделения общей физики и астрономии АН СССР. Этот пост предполагает необходимость заниматься вопросами уникального научного приборостроения. Александр Михайлович делал это и делал с большим успехом. Достаточно указать на пример большого оптического телескопа Специальной астрофизической обсерватории в станице Зеленчукская в Карачаево-Черкесии, который не был бы построен и пущен в эксплуатацию не будь постоянного внимания и реальной помощи этому проекту со стороны А.М. Прохорова. А ведь этот проект находился, казалось бы, бесконечно далеко от области научных интересов Александра Михайловича. Как подлинно великий ученый, академик Прохоров прекрасно понимал, точно знал, что современная большая наука невозможна без современных уникальных приборов.



Лауреаты Государственной премии СССР 1980 г. «За создание и применение новой техники и методов субмиллиметровой спектроскопии», слева направо: Е.А. Виноградов, Н.А. Ирисова, А.М. Прохоров, Г.В. Козлов

В ФИАНе по его инициативе была создана первая в нашей стране установка для получения сверхсильных магнитных полей (до 250 кГс) в большом объеме — цилиндр диаметром 5 см и высотой 5 см — за что была получена Государственная премия (В.Г. Веселаго, Л.П. Максимов, 1976 г.). Аналогично, продолжение работ по радиоспектроскопии в область миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн стало возможным на базе созданных под руководством Александра Михайловича уникальных спектрометров. В 1980 г. А.М. Прохорову и его сотрудникам Н.А. Ирисовой, Е.А. Виноградову, Г.В. Козлову была присуждена Государственная премия СССР за создание субмиллиметровой спектроскопии на основе ламп обратной волны. В 60-е годы Александр Михайлович стимулировал работу своих сотрудников на предмет создания гаммы квантовых парамагнитных усилителей высокой чувствительности для радиоастрономии и линий дальней космической радиосвязи. За эти работы была также получена Государственная премия

СССР 1976 г. (Г.М. Зверев, Н.В. Карлов, Л.С. Корниенко, А.А. Маненков, М.Е. Жаботинский, В.Б. Штейншлейгер).

Тем временем руководимый А.М. Прохоровым коллектив претерпел качественный рост как в научном, так и в чисто количественном плане. Рамки лаборатории для такого коллектива стали объективно тесными.

Выход был найден на шатком пути разделения неделимого. В ФИАНе — флагмане советской физики — было образовано три Отделения: А, Б и В. В 1968 г. академик А.М. Прохоров был назначен заместителем директора ФИАН и руководителем Отделения А. Отделение Б возглавил заместитель директора ФИАН академик Н.Г. Басов. Институтская общественность быстро сформулировала мнемоническое правило: Отделение А возглавляет Александр Прохоров, Отделение Б — Николай Басов, в Отделении В собрались Все остальные.

Существительное «отделение» носило явно выраженный глагольный характер, что и нашло своё подтверждение в дальнейшем, вскоре после того, как академик Скобельцын оставил пост директора ФИАН. В 1982 г. ГКНТ Совета Министров СССР и Президиум АН СССР создают Институт общей физики АН СССР (ИОФАН).

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

На самом деле одного постановления, даже самого важного, для создания института далеко не достаточно. Не будь Прохорова и не будь у него неодолимого стремления к независимости, не будь он великим ученым и не будь этот факт общеизвестен, никакой ГКНТ, никакой Президиум не смогли бы создать Институт, подобный ИОФАНу.

ИОФАН объединил в своем составе Лабораторию колебаний, Лабораторию физики плазмы, возглавляемую М.С. Рабиновичем, и Лабораторию физики твердого тела, возглавляемую В.В. Осико. Именно эти научные подразделения составляли до этого Отделение А ФИАНа.



На семинаре Лаборатории колебаний.

Итак, Институт общей физики был создан, и А.М. Прохоров стал его первым директором (1982–1998 гг.). Институт унаследовал все достижения Отделения А, все то, что было сделано Александром Михайловичем, им инициировано, им продумано, им понято. В 2002 г. институту было присвоено имя академика Прохорова.

Из исследований, выполненных в восьмидесятые–девяностые годы, следует отметить работы в области твердотельных лазеров. Были разработаны два класса новых активных материалов. Речь идет о том, что фундаментальные исследования процессов переноса, миграции и деградации энергии электронного возбуждения примесных ионов в стеклах и кристаллах привели к созданию фосфатных лазерных стекол с высокой концентрацией неодима и нового класса кристаллических материалов типа гадолиний-скандий-галлиевого граната. Этот кристалл замечателен тем, что он позволяет изоморфное введение в свой объем донорной примеси ионов хрома наряду с активным примесным редкоземельным ионом. Ионы хрома эффективно поглощают энергию излучения ламп накачки и практически без потерь передают это возбуждение активным ионам. Кроме того, эти новые активные среды обладают повышенной лучевой и радиационной стойкостью. Лазеры на их основе демонстрируют более высокий КПД и повышенную надежность.

К работам этого направления следует также отнести разработку лазеров с полупроводниковой лазерной накачкой. Были сформулированы требования к активным средам таких лазеров и созданы отвечающие этим требованиям материалы, на базе которых разработаны твердотельные лазеры с уникальными свойствами. В настоящее время твердотельные лазеры с накачкой излучением полупроводниковых лазеров триумфально вышли на авансцену квантовой электроники. И на этот раз предвидение А.М. Прохорова оправдалось полностью.

В области создания новых лазеров несомненно интересны разработки перестраиваемых лазеров на центрах окраски в щелочно-галлоидных кристаллах, работающих при комнатной температуре.



Академик Г.Н. Девятых (справа) поздравляет А.М. Прохорова по случаю 70-летия, 1986 г.

В области применения лазеров следует особо выделить работы Александра Михайловича, относящиеся к медицине. Здесь и первые в мире лазерные офтальмологические установки, и новая хирургия в гинекологии и урологии, и разработка фотодинамической терапии — принципиально новой медицинской методики в онкологии. Интересные результаты были получены при использовании как эксимерных лазеров для лечения деструктивных форм туберкулеза, так и лазерных урологических комплексов, включая лазерный литотриптор (медицинский прибор для ликвидации камней в организме человека). В этом приборе использован открытый в институте новый эффект разрушения диэлектриков при воздействии на них двухчастотного излучения. Сочетание этой ме-

тодики с применением эндоскопов делает возможной ликвидацию камней независимо от их локализации в человеческом организме.

Эффект двухчастотного воздействия состоит в следующем. Излучение зеленого диапазона спектра, хорошо поглощаясь диэлектриком, создает у его поверхности искру, т.е. небольшой сгусток плазмы. ИК-излучение, поглощаясь в плазме, создает слабую ударную волну, приводящую к образованию пузырьков у поверхности диэлектрика, находящегося в жидкой среде. Кавитация этих пузырьков приводит к образованию мощной ударной волны, которая и разрушает диэлектрик. Отправной точкой для развития описанной модели является тот экспериментальный факт, что разрушение мишени наступает через 600 мксек после воздействия лазерного импульса длительностью 1 мксек.



Ч. Таунс, А.М. Прохоров, П.П. Пашинин на конференции по лазерной физике в 1996 году в Москве

Восьмидесятые–девяностые годы отмечены триумфальным вхождением в жизнь волоконной оптики. Оптическая связь и интернет стали необходимым атрибутом жизни современного человека. Центр волоконной оптики при ИОФ РАН, возглавляемый академиком Е.М. Диановым, внес существенный вклад в решение целого ряда проблем, вставших на пути этих по истине революционных преобразований. В 1998 г. А.М. Прохоров в составе авторского коллектива был удостоен Государственной премии России за разработку волоконных световодов среднего ИК-диапазона.

Таким образом, восьмидесятые годы ознаменованы бурным ростом института и его признанием в качестве мирового лидера по целому ряду научных направлений. Так продолжалось до начала девяностых годов, когда институт, как и вся советская наука, как и вся наша страна, почувствовали на себе результаты развала великой державы. Тем не менее потенциал, заложенный А.М. Прохоровым, обеспечил не только сохранность института как такового, но и сохранность его положения в мировой науке.

Что представляет собой ИОФ РАН им. А.М. Прохорова сегодня?

В институте работают 1028 человек, из них научных сотрудников — 508, докторов наук — 122 и кандидатов наук — 281, аспирантов — 48.

В институте действуют 3 докторских диссертационных совета по специальностям радиоп физика, акустика, лазерная физика, физика конденсированного состояния, теоретическая физика, физика плазмы, оптика, технология и оборудование для производства полупроводников, материалов

и приборов электронной техники. Начиная с 2000 г. в институте защищено 56 кандидатских и 38 докторских диссертаций.

При институте находятся 6 базовых кафедр ведущих вузов страны: 4 кафедры МФТИ, 1 кафедра МИРЭА и 1 кафедра МХТИ.

С 2000 г. сотрудниками института опубликовано 24 монографий. Только за 2005 г. опубликована 951 работа, из них 311 в зарубежных изданиях.



Справа налево: А.М. Прохоров и И.А. Щербаков обсуждают проблемы фемтосекундной электронно-оптической диагностики с заведующим отделом фотоэлектроники М.Я. Щелевым, 2000 г.



Главное здание института.

По данным редколлегии журнала «Квантовая электроника», институт является основным «поставщиком» статей: в 2004 и 2005 гг. сотрудниками института опубликовано 50 и 35 статей соответственно.

Общий объем финансирования с 2000 по 2005 гг. вырос с 111 до 368 млн. руб. В 2005 г. базовое бюджетное финансирование составило 91,2 млн. руб., а внебазовое — 276,8 млн. руб. В 2005 г. внебазовое финансирование включало 120 проектов РФФИ, 19 проектов Министерства образования и науки РФ и 130 различных договоров. В настоящее время в институте ведутся работы по 14 грантам МНТЦ и 3 грантам CRDF.

В рамках двусторонних и межакадемических соглашений ведется сотрудничество с исследовательскими организациями 15-ти стран мира. Созданы совместные лаборатории с научными учреждениями Канады, Италии и Франции. Ежегодно институт посещают до 300 зарубежных ученых и специалистов.

Институт организует ежегодные международные конференции «Advanced Laser Technologies», «International Laser Physics Workshop» и Звенигородскую конференцию по физике плазмы и УТС. Институт является одним из организаторов международной конференции IQEC/LAT.



Научный центр волоконной оптики



Научный центр лазерных материалов и технологий



Центр естественно-научных исследований

Постановлением президиума РАН установлены основные направления фундаментальных исследований института: физика конденсированных сред, оптика и лазерная физика, радиофизика и электроника, акустика, физика плазмы. Более детальная расшифровка этих направлений составляет 27 наименований, которые включают в себя практически все современные области исследований названных научных направлений.

В качестве примеров важнейших научных результатов можно назвать следующие.

- Обнаружено явление селективной адсорбции спин-модификации молекул воды. Впервые в мировой практике выполнено разделение воды на спин-модифицированные фракции — орто- и пара-воду.
- На примере купрата германия, легированного примесью хрома, обнаружен новый магнитооптический эффект: нарушение прецессии спина в легированной квантовой цепочке.
- Теоретически обосновано и экспериментально реализовано в магнитоупругих средах обращение волнового фронта в акустике.
- Развита методика синтеза и обработки углеродных нанотрубок, на основе которых созданы новые уникальные элементы фотоники.
- Открыт новый тип магнитного резонанса, обусловленный орбитальным упорядочением.
- Выявлены особенности электродинамики композитных сред, обладающих эффективным отрицательным показателем преломления.
- Теоретически предсказано и экспериментально подтверждено существование новых квази-частиц, образующихся в фотонно-кристаллических слоях с металлическими наноструктурами — волноводно-плазменных поляритонов.

- Разработан принципиально новый метод обнаружения и определения предельно низких концентраций органических соединений, основанный на лазерной десорбции ионов с наноструктурно-шероховатой поверхности кремния.
- Предложен ряд новых лазерных материалов, на основе которых созданы новые типы твердотельных лазеров с уникальными параметрами.
- В институте продолжают работы по удержанию горячей плазмы в тороидальном магнитном поле стелларатора L-2M.
- Ведутся работы по исследованию динамики формирования пико-фемтосекундной лазерной микроплазмы многократно ионизированных газов и твердых тел.
- Исследуются и разрабатываются электронно-оптические преобразователи, электронно-оптические камеры и дифрактометры. Достигнуто временное разрешение в 160 фсек.
- Разработан сверхвысоковакуумный (10^{-10} Тор) сканирующий туннельный микроскоп GPI-300.
- Разработаны тепловизоры на основе ИК-матричных приемников излучения из силицида платины, применяющиеся в медицине и теплоаудите для контроля объектов электро- и теплоэнергетики. В Центральной клинической больнице РАН открыт кабинет термографических исследований, оснащенный медицинским тепловизором.
- Создана аппаратура для фотодинамической терапии, в том числе для аутофлюоресцентной диагностики ранних форм рака.
- Фундаментальные исследования в области диодной лазерной спектроскопии привели к разработке метода обнаружения бактерий *Helicobacter pylori* на основании анализа спектра выдыхаемого человеком воздуха.
- Продолжает успешно работать Центр физического приборостроения, организованный А.М. Прохоровым и являющийся в настоящее время филиалом ИОФ РАН. Задачей центра является доведение разработок института до мелкосерийного выпуска. В частности, в центре налажен выпуск офтальмологической эксимерной лазерной установки для рефракционной хирургии «Микроскан ЦФП». Установка позволяет производить коррекцию гиперметропии, миопии и астигматизма методом летающего лазерного пятна.
- Лазерная установка «Мария» для лечения деструктивных форм туберкулеза легких получила золотую медаль на 51-м салоне «Брюссель-Эврика».
- Кристаллы на основе стабилизированного диоксида циркония (фианиты), разработанные сотрудниками института еще в 70-х годах, модифицированы и нашли свое применение при создании уникальных медицинских инструментов, биологических протезов различного назначения и биоинертных имплантантов с высокой усталостной прочностью для зубной и ортопедической хирургии.

Сегодня очень часто употребляется слово «инновация». Мы не уверены, что оно было известно Александру Михайловичу, но занимался инновациями он всю свою жизнь.

Сделанный выше далеко не полный перечень фундаментальных и прикладных научных результатов по нашему мнению является ярким примером реализации идей Александра Михайловича Прохорова о невозможности разделения исследований на фундаментальные и прикладные.

Только их неразрывная связь и взаимное проникновение обеспечивают развитие современной науки и процветание общества в целом.

Авторы благодарят Т.Б. Воляк и С.В. Гарнова за большую помощь в подготовке этого материала.