



АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ
ПРОХОРОВ

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКPERSONALIA

92 : 53

АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ ПРОХОРОВ

(К пятидесятилетию со дня рождения)

В июле этого года исполнилось 50 лет со дня рождения Александра Михайловича Прохорова, одного из ведущих советских физиков, члена-корреспондента Академии наук СССР, лауреата Ленинской и Нобелевской премий. Имя А. М. Прохорова неразрывно связано с рождением и становлением новой области физики — квантовой радиофизики, дальнейшему развитию которой он отдаст сейчас все свои силы. Александр Михайлович принадлежит к широко известной школе академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси, традиции которой он успешно развивает. Работы А. М. Прохорова очень удачно сочетают глубокие чисто физические исследования и разработку практически действующих установок, в которых используются новые физические принципы и явления.

А. М. Прохоров родился 11 июля 1916 г. в городе Атортоне (Австралия) в семье рабочего-революционера, бежавшего в 1911 г. в Австралию из сибирской ссылки. В 1923 г. семья Прохорова возвращается на родину.

В 1939 г., по окончании с отличием физического факультета Ленинградского университета, А. М. Прохоров поступил в аспирантуру лаборатории колебаний Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР. С 1941 г. А. М. Прохоров находился в рядах действующей армии; в 1944 г., после второго ранения, он был демобилизован.

Научная деятельность Александра Михайловича началась в 1939 г. под руководством М. А. Леонтовича и В. В. Мигулина изучением вопросов распространения радиоволн вдоль земной поверхности.

В это время А. М. Прохоровым совместно с В. В. Мигулиным был предложен новый оригинальный способ наблюдения ионосферы с помощью радиоинтерференционного метода. Возвратясь в 1944 г. в лабораторию колебаний ФИАН, А. М. Прохоров быстро ликвидировал последствия перерыва в научной работе и активно включился в исследования по стабилизации частоты ламповых генераторов. Его первая диссертационная работа, выполненная под руководством С. М. Рытова, была посвящена теории нелинейных колебаний. За создание теории стабилизации частоты ему совместно с С. М. Рытовым и М. Е. Жаботинским была присуждена премия им. академика Л. И. Мандельштама.

После защиты диссертации А. М. Прохоров продолжает работать в области радиофизики, а с 1948 г. приступает к исследованиям в актуальнейшей области физики того времени — в области физики ускорителей. Ему поручается экспериментальная проверка идеи В. И. Векслера о возможности использования ускорителя типа синхротрона для генерации сантиметровых и миллиметровых волн, иными словами, речь шла об изучении когерентного излучения в синхротроне. Как известно, двигаясь по круговой орбите (благодаря наличию магнитного поля), релятивистский электрон излучает, кроме основной частоты ω , еще гармоники $n\omega$. Когерентное излучение зависит от распределения электронов по орбите. При равномерном распределении электронов по орбите (бетатрон) когерентное излучение отсутствует. В синхротроне, где ускоряемые электроны занимают только часть окружности и образуют своего рода сгустки, можно ожидать появления когерентного излучения.

В результате проведенных исследований А. М. Прохоров дал метод определения размеров сгустков электронов и экспериментально показал, что синхротрон даст когерентное излучение, попадающее в область сантиметровых волн. Результаты этой работы были оформлены в виде докторской диссертации, успешно защищенной А. М. Прохоровым в 1951 г. Сложная и тонкая работа по когерентному излучению была выполнена А. М. Прохоровым в чрезвычайно короткий срок. Она положила начало целому ряду работ в этой области, которые продолжаются и до настоящего времени.

Одновременно с работой в области физики ускорителей А. М. Прохоров по предложению академика Д. В. Скобельцына начинает работать в области радиоспектроскопии. Возглавив группу молодых сотрудников, А. М. Прохоров в течение сравнительно короткого времени добивается расцвета в СССР этой новой области физики. Интерес А. М. Прохорова к радиоспектроскопии в большой мере определялся тем, что в радиоспектроскопии нашли применение хорошо разработанные к тому времени методы радиолокации и радиотехники. Эти методы вторгались с совершенно новой для радиофизики область — спектроскопию вращательных и колебательных спектров молекул. Для всей дальнейшей научной деятельности А. М. Прохорова остается характерной эта особенность — быстрое, пионерское проникновение в новые области физики, с использованием экспериментальных методов и опыта, накопленных в других областях физики и техники.

В радиоспектроскопии А. М. Прохоров занялся наиболее трудным вопросом — изучением молекул типа асимметричного волчка. Наряду с решением чисто спектроскопических вопросов (определение структур, дипольных моментов и силовых постоянных молекул и моментов ядер), исследования А. М. Прохорова шли также в направлении использования спектров поглощения СВЧ диапазона для создания стандартов частоты и времени. По первому впечатлению этот вопрос имел скорее прикладное значение. Однако для А. М. Прохорова характерно проведение всестороннего теоретического рассмотрения и глубокого, досконального ценивание всех, даже, казалось бы, чисто технических задач. Именно отсюда, из теоретического рассмотрения путей повышения стабильности молекулярных стандартов частоты и времени, и ведет свое начало хорошо известный цикл классических работ А. М. Прохорова, выполненный совместно с Н. Г. Басовым, по созданию молекулярных генераторов *).

Точность работы микроволновых стандартов частоты определяется разрешающей силой радиоспектроскопа, которая зависит исключительно от ширины самой линии поглощения. Эффективным путем сужения ширины линии поглощения был переход к спектроскопам, работающим на молекулярных пучках. Однако возможности пучковых радиоспектроскопов были сильно ограничены из-за малой интенсивности наблюдаемых линий, что в свою очередь определяется незначительной разностью в населенностях изучаемого квантового перехода на СВЧ. На этом этапе работы и возникла идея о том, что, изменяя искусственно населенность уровней, можно существенно повысить чувствительность спектроскопа.

Работа в этом направлении привела А. М. Прохорова и Н. Г. Басова к созданию молекулярного генератора. Молекулярный генератор, по сути дела, является пучковым радиоспектроскопом, дополненным устройством для «сортировки» молекул, которое убирал из пучка молекулы, находящиеся на нижнем уровне. Поэтому в системе возможно возникновение индуцированного излучения, частота которого определяется практически только частотой данного перехода.

С этого момента начинается наиболее важный период в жизни А. М. Прохорова — период рождения и становления квантовой электроники, одним из «отцов» которой он заслуженно считается.

Не является случайным, что к идее молекулярного генератора, а позднее и лазера пришли не оптики, а радиофизики. Дело в том, что в видимой области спектра вероятность спонтанного излучения при обычных световых потоках значительно больше вероятности индуцированного излучения; поэтому естественно, что оптики-спектроскописты не рассматривали индуцированное излучение как явление, которое можно реально наблюдать.

В сантиметровой же области спектра дело обстоит как раз наоборот. Кроме того, следует учесть, что молекулярный генератор является типичной автоколебательной системой, и для его создания требовался опыт работы с такими системами. Богатым опытом в этой области и располагал А. М. Прохоров, который уже в начале своей научной деятельности выполнил ряд фундаментальных исследований по автоколебательным системам.

Использование принципа сортировки привело к созданию так называемой системы с отрицательной температурой, т. е. такой системы, в которой большая часть частиц находится на верхнем энергетическом уровне. Такая система способна усиливать колебания, а если ее дополнить резонатором, обладающим достаточно высокой добротностью, то она превратится в генератор. Квантовая электроника «родилась» именно в тот момент, когда система с отрицательной температурой была помещена в резонатор.

Вскоре после первых работ по молекулярному генератору (который работал на аммиаке) А. М. Прохоровым (совместно с Н. Г. Басовым) был предложен новый оригинальный метод получения систем с отрицательной температурой, так называемый «метод трех уровней», ставший впоследствии основным при разработке как парамагнитных, так и оптических квантовых генераторов и усилителей.

*) Первый доклад А. М. Прохорова и Н. Г. Басова о молекулярных генераторах был сделан в январе 1953 г.

В период 1955—1960 гг. научные интересы А. М. Прохорова сосредоточились на разработке квантовых парамагнитных усилителей СВЧ диапазона, которые обладают рядом существенных преимуществ перед другими типами усилителей, в первую очередь в силу малого уровня их собственных шумов. Особое внимание А. М. Прохоров уделял в этот период поискам новых кристаллов для парамагнитных усилителей и исследованию их спектров и релаксационных характеристик. В это время А. М. Прохоровым и его сотрудниками был изучен широкий круг кристаллов, эффективных для создания квантовых парамагнитных усилителей. Здесь прежде всего следует отметить детальные исследования рубина, ЭПР в котором был изучен в лаборатории А. М. Прохорова впервые и который был предложен для использования в квантовых парамагнитных усилителях. Широко известно, что рубин в настоящее время является одним из наиболее эффективных кристаллов в квантовых парамагнитных усилителях СВЧ диапазона и лазерах. Работы по исследованию ЭПР в кристаллах привели к быстрой разработке целого комплекса квантовых парамагнитных усилителей.

Работы А. М. Прохорова по квантовой радиофизике получили высокую оценку. В 1959 г. А. М. Прохоров (совместно с Н. Г. Басовым) был удостоен Ленинской премии за создание и разработку нового метода усиления и генерации электромагнитных волн.

Естественно, что А. М. Прохоров работал не один. А. М. Прохоров обладает удивительной способностью работать с молодежью, воспитывая ее со студенческой скамьи. Он умел поставить задачу, заинтересовать ею, незаметно оказывать помощь, не осуществляя давления, поддерживать в «трудную» минуту. За годы работы в ФИАНе Александр Михайлович прошел путь от аспиранта до заведующего лабораторией колебаний, которым он стал в 1954 г. В течение более чем десятилетнего периода в должности заведующего лабораторией А. М. Прохоров сумел сохранить и приумножить традиции школы Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси. Под руководством А. М. Прохорова лаборатория колебаний выросла и развилась, дав начало двум новым лабораториям ФИАНа — лабораториям радиоастрономии и лаборатория квантовой радиофизики.

Работы А. М. Прохорова и его сотрудников по парамагнитным квантовым усилителям сыграли важную роль в развитии квантовой электроники в СССР, вызвав большой интерес среди ученых и радиоинженеров в самых различных областях науки и техники. В этот период А. М. Прохоровым проводится большая научно-организационная работа и работа по консультированию различных научных учреждений по всем малым и большим, легким и трудным вопросам квантовой электроники. В частности, им была организована лаборатория радиоспектроскопии в Научно-исследовательском институте ядерной физики при Московском государственном университете, профессором которого он является с 1957 г.

Работы по квантовой радиофизике быстро вышли из стадии чисто научных исследований и сразу же нашли практическое применение. Так, один из парамагнитных усилителей на волне в 21 см, созданный под руководством А. М. Прохорова, был установлен на параболической зеркальной антенне диаметром 22 м, работающей на радиоастрономической станции ФИАН в Пушчино (близ Серпухова), для наблюдения излучения космического водорода.

Наряду с работами по квантовым усилителям А. М. Прохоров ведет и другие работы, не связанные непосредственно с проблемой мазеров. Так, в это время в лаборатории А. М. Прохорова выполняются очень интересные работы по ЭПР в свободных радикалах и по динамической поляризации ядер.

Большое внимание в этот период исследований А. М. Прохоров уделял также поискам новых кристаллов для создания усилителей и генераторов в области миллиметровых и субмиллиметровых длин волн. Изучение свойств ряда новых парамагнитных кристаллов (а также методов их получения) сыграло впоследствии весьма большую роль, когда главные интересы А. М. Прохорова сосредоточились в области оптических квантовых генераторов.

Продвижение молекулярных генераторов в область коротких и, в частности, оптических длин волн встречало серьезные трудности, связанные с выбором резонаторов (без которых немислима работа квантовых генераторов). В 1958 г. А. М. Прохоров предложил для субмиллиметровых волн новый тип резонатора — так называемый открытый резонатор в виде двух параллельных зеркальных поверхностей. Существовало, что размеры открытого резонатора были много больше длины волны. Исследования резонатора такого типа, проведенные сотрудниками А. М. Прохорова, показали, что он имеет весьма высокую добротность. В настоящее время все лазеры работают с использованием именно открытых резонаторов или их модификаций.

В 1960 г. А. М. Прохоров был избран членом-корреспондентом АН СССР в составе Отделения общей и прикладной физики. Начиная с этого времени он все более и более сосредоточивает свое внимание на изучении процессов, происходящих в квантовых генераторах оптического диапазона, работающих на кристаллах. Опыт, приобретенный Александром Михайловичем ранее при исследовании кристаллов методом ЭПР, оказался здесь весьма полезным. Большое внимание уделяется им также работе по улучше-

нию таких свойств кристаллов, как высокая оптическая однородность, высокие механические свойства, микроструктура. Следует сказать, что ранее в кристаллофизике такая задача не ставилась.

Особо следует подчеркнуть усилия А. М. Прохорова по изготовлению и исследованию кристалла флюорита с диспрозием и другими примесями. Генераторы на этом кристалле имеют высокий к. п. д., работают в непрерывном режиме с высокой выходной мощностью. На кристалле флюорита удалось также получить генерацию при накачке энергией солнечного излучения.

Исследования А. М. Прохорова по кристаллам велись в направлении снятия с них больших мощностей в импульсе, генерации в непрерывном режиме, увеличения коэффициента полезного действия генераторов и т. д.

Новые разработки мощных лазеров позволили А. М. Прохорову наблюдать пробой воздуха электрическим полем световой волны в фокусе лазерного луча и провести интересные исследования получающейся при этом высокотемпературной плазмы. Данная работа положила начало большому циклу исследований в этом направлении.

В 1963 г. под руководством А. М. Прохорова был разработан новый принцип действия квантовых генераторов с использованием двухквантовых переходов. Идея такого генератора состоит в том, что, если имеется инверсная заселенность между двумя уровнями с разностью энергий $h\nu$, возможна генерация на двух частотах таким образом, чтобы их сумма была равна ν . Если напряженность поля значительна, то вероятность двухквантовых переходов становится достаточно большой. Генератор, работающий по этому принципу, даст возможность получать любую частоту при сохранении вышеприведенного условия. Создание квантовых генераторов с использованием многофотонных (в частности, двухфотонных) переходов — это завтрашний день квантовой электроники.

Знаменательным в жизни А. М. Прохорова был 1964 г., когда ему, а также Н. Г. Басову и Ч. Таунсу за основополагающие работы в области квантовой электроники была присуждена Нобелевская премия по физике.

В последующие годы А. М. Прохорову удалось добиться значительных результатов в создании оптических генераторов непрерывного действия — генераторов, которые уже можно использовать для радиосвязи и в технологических операциях.

Следует особо подчеркнуть, что большое внимание к вопросам прикладного значения тех или иных работ всегда было характерно для научных исследований, проводимых А. М. Прохоровым. Действительно, работа по стабилизации частоты ламповых генераторов, над чем он работал в ранние годы, была в то время актуальной задачей; исследование когерентного излучения синхротрона непосредственно преследовало цель получения излучения в миллиметровой области спектра; исследования в области парамагнитного резонанса увенчались созданием ряда маломощных усилителей и внедрением их в целый ряд действующих устройств. Аналогичное положение имеет место и сегодня.

Работы, которые в настоящее время направляются и проходят под непосредственным руководством А. М. Прохорова, далеко не ограничиваются исследованиями в области оптических квантовых генераторов. Большое место в современных исследованиях А. М. Прохорова занимает освоение далекого инфракрасного диапазона волн. Сейчас этот диапазон представляет собой белое пятно в электромагнитном спектре. Нет удобных для работы источников и приемников излучения; плохо изучена прозрачность материалов для этого участка спектра. Поэтому сейчас особый интерес представляют работы по квазиоптическим методам в субмиллиметровом диапазоне, которые интенсивно ведутся в лаборатории А. М. Прохорова. Применение сетчатых элементов в квазиоптике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов позволило разработать новую методику работы с этими волнами. В микронном диапазоне А. М. Прохоровым с сотрудниками создан ряд квантовых генераторов непрерывного действия.

В последнее время под руководством А. М. Прохорова развиваются исследования другого направления — по физике твердого тела, в частности по сверхвысокочастотным свойствам плазмы твердого тела. Это направление открывает возможности для создания новых физических приборов, и, кроме того, его можно будет, по-видимому, использовать для создания нового типа усилителя на твердом теле.

Одновременно по инициативе и под научным руководством А. М. Прохорова завершается запуск специальной системы для получения непрерывных сверхсильных магнитных полей с напряженностью порядка сотен килоэрстед. Эта установка будет первой установкой подобного рода в стране.

Александр Михайлович является ученым широкого профиля и проводит исследования в самых различных областях физики. Результаты выполненных им исследований опубликованы более чем в 160 научных работах.

Общепризнаны заслуги А. М. Прохорова в области организации научных исследований и координирования работ, проводимых различными учреждениями в области квантовой электроники. А. М. Прохоров — член Бюро Отделения общей и прикладной физики, вице-президент Международного радиосоюза (УРСИ) и председатель его советского комитета.

А. М. Прохоров — член КПСС. Вся его научно-организаторская и педагогическая деятельность отмечена высокой степенью партийности, которая проявляется в органическом сочетании выполнения долга ученого и долга коммуниста. Это выражается, как уже подчеркивалось выше, в характерном для А. М. Прохорова стремлении развивать те научные направления, которые, наряду с их большой общенаучной значимостью, способны дать максимальный вклад в дело строительства коммунизма. В этом же духе он воспитывает своих сотрудников, среди которых пользуется глубоким уважением и любовью.

Работы ученого-коммуниста А. М. Прохорова оказали существенное воздействие на развитие современной физики. Его труды по квантовой электронике являются крупным вкладом в мировую науку. Его научно-организаторская работа оказывает большое влияние на весь комплекс работ по квантовой радиофизике, проводимых в СССР.

Отмечая пятидесятилетний юбилей Александра Михайловича, советская научная общественность желает ему здоровья и дальнейших творческих успехов в его научной деятельности.

*А. И. Барчуков, Н. Г. Басов, Ф. В. Бункин,
В. Г. Веселаго, Н. А. Ирисова, Н. В. Карлов,
А. А. Маненков*