

**ВЫСТУПЛЕНИЕ Г. А. МЕСЯЦА  
НА III ВСЕРОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ  
ШКОЛЕ-СЕМИНАРЕ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
“ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОБЛЕМАМ  
ФИЗИКИ” 25–30 ОКТЯБРЯ 2009 ГОДА**

Г. А. Месяц

Дорогие коллеги!

Мы сегодня проводим третью Всероссийскую конференцию, которая посвящена инновационным аспектам фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики. В принципе, эта конференция ранее была направлена на обсуждение фундаментальных проблем. Но позднее, в связи с тем, что недавно появился новый закон N 217, позволяющий институтам государственных академий заниматься инновационной деятельностью, мы сочли целесообразным проведение конференции, где обсуждались бы одновременно инновационная деятельность и фундаментальные исследования, отражалась бы тесная связь между тем и другим. У нас получилась очень представительная конференция, общее количество участников около трехсот человек, приехали представители разных городов и разных стран.

В уставе РАН написано, что Академия наук должна заниматься фундаментальными и прикладными исследованиями. Прикладные исследования – это и есть начальный этап инноваций. Как правило, результатом этих исследований является создание новой технологии, прибора или действующего макета. 217-й закон и предполагает, что если в результате фундаментальных исследований появляются возможности их практического использования, то это можно делать в коммерческих целях на законных основаниях. Для этого при институте могут быть созданы соответствующие подразделения. Механизм реализации этого закона пока не совсем ясен, поскольку существует много проблем и подводных камней. Главными для Академии наук остаются фундаментальные исследования. С принятием этого закона возникает опасность превращения академического института в контору по производству неких приборов. Этого нельзя допустить и важную роль здесь играет позиция Ученого совета Института.

Мой доклад называли “технологии будущего”. Очень сложно говорить сейчас о технологиях будущего, но мне кажется, чтобы понять механизмы создания технологий будущего, было бы полезно привести ряд примеров из прошлого, когда одни фундаментальные исследования приводили к прикладным разработкам, а затем на их базе появлялись новые фундаментальные работы.

В 1958 году я, будучи студентом, занимался разработкой генераторов высоковольтных импульсов наносекундной длительности для исследования физики электрического разряда в диэлектриках, в частности, нашей задачей было измерение скорости развития разряда в прозрачных диэлектриках типа NaCl. В то время это была очень модная тема. Отцом этих исследований был академик А. Ф. Иоффе, а технологической задачей было дальнейшее развитие электроэнергетики в СССР. Для получения наносекундной коммутации в этих генераторах импульсов требовались высокие давления, вплоть до десятков атмосфер, что существенно усложняло конструкцию генераторов. Хотелось посмотреть, нельзя ли получить такие же времена коммутации, но с использованием вакуумного промежутка. С этого начались наши исследования электрического разряда в вакууме.

Эти исследования были проведены, однако времена коммутации получились значительно больше, чем в газонаполненной диоде высокого давления. Однако мы показали, что если между электродами вставить диэлектрик с диэлектрической проницаемостью меньше 10, то можно получить короткие времена, вплоть до  $10^{-10}$  сек. При исследовании пробоя вакуумного промежутка нами было зарегистрировано рентгеновское излучение при протекании, как потом выяснилось, электронного тока в диоде. То есть, фактически, был получен мощный импульсный источник электронов.

В 70-х годах, по-моему, к нам приезжают двое ученых из ФИАНа: Александр Насибов и Олег Богданкевич с просьбой о создании наносекундного сильноточного ускорителя для возбуждения активной среды полупроводниковых лазеров. Такой ускоритель на 500 кэВ с током 5 кА довольно быстро был сделан. При этом была использована обычная, в то время, ускорительная трубка с накаливаемым катодом. КПД этой установки был чрезвычайно низкий, поскольку длительность импульса была всего 10–15 нс, а основные затраты энергии шли на нагрев катода. И тогда возникла идея – а нельзя ли ток эмиссии электронов, полученный нами в вакуумном разряде, использовать для создания импульсных ускорителей электронов, т.е. заменить накаливаемый катод на холодный.

Стали исследовать механизм эмиссии электронов при вакуумном пробое. В то время считалось, что это автоэлектронная эмиссия (АЭЭ), возникающая при усилении электрического поля на кончиках эмиттирующих острий. Но оказалось, что это не так. Зарегистрированный ток эмиссии электронов в диоде был значительно больше, чем автоэмиссионный. На одной из конференций у нас была большая дискуссия по этому поводу с профессором Цуккерманом из Арзамаса. Нами был создан ускоритель электронов с использованием многоострийного катода. Исследование эмиттирующих острий в электронном микроскопе после нескольких разрядов показало, что они были деформированы, чего не должно быть при АЭЭ. Для детального анализа физических процессов на катоде в динамике нужна была высокоскоростная съемка с использованием электронно-оптических преобразователей. Такая методика была разработана в ИЯФ СО РАН в Новосибирске. С помощью высокоскоростной съемки пробоя вакуумного промежутка с экспозицией в 3 наносекунды было обнаружено свечение на катоде и в прикатодной области, которое не могло быть следствием только АЭЭ. Мы пришли к выводу, что это появление этих светящихся объектов связано с эмиссией, которая возникает при взрыве катодных микроскопических выступов вследствие их интенсивного разогрева протекающим током АЭЭ. Мы назвали это явление взрывной эмиссией. Цуккерман признал нашу правоту.

Взрывная электронная эмиссия оказалась действительно фундаментальным явлением. При помощи взрывной электронной эмиссии удалось решить две очень крупные задачи. Одна – это объяснить целый ряд физических явлений в электрических разрядах, которые были непонятны. К ним относятся псевдоискровые разряды, отклонения от кривой Пашена в газах, катодное пятно вакуумной дуги, открытое русским академиком Петровым, физику процессов в котором никто не мог понять в течение двухсот лет. В частности, появление “аномальных” ионов, движущихся против электрического поля, источником которых является катодное пятно. Их возникновение удалось объяснить на основе явления взрывной электронной эмиссии. Было также показано, что электроны при функционировании катодного пятна вакуумной дуги эмиттируются не непрерывным потоком, а отдельными порциями. Эти отдельные порции мы назвали “эктонами”. Результаты этих исследований отражены в недавно вышедшей монографии “Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга”.

И вторая задача – создание импульсных ускорителей электронов на основе взрывной электронной эмиссии с токами вплоть до миллионов ампер для различных приложений. Возникла идея использования мощных импульсных электронных пучков для получе-

ния инерциального термоядерного синтеза (ИТС). В частности, для этого была сделана установка “Ангара” в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. Развитием этой концепции стало использование ионных пучков для ИТС. Одним из перспективных направлений ИТС является обжатие термоядерной мишени мягким рентгеновским излучением. Сейчас для этого используется либо интенсивное лазерное излучение, либо мощные разряды с взрывом проводников – так называемые,  $Z$ -пинчи. Ускорительная техника на основе взрывной электронной эмиссии послужила основой для создания нового физического направления – релятивистской СВЧ-электроники, стимулировала развитие коллективных методов ускорения ионов, импульсной радиационной физики и т.д.

Эта история показывает тесную взаимосвязь между фундаментальной и прикладной наукой. Прикладные работы приводят к важным фундаментальным результатам, которые, в свою очередь, дают новые прикладные разработки. Есть ученые, которые вообще считают, что нет понятий “прикладные”, “фундаментальные”. У академика Александра Михайловича Прохорова была знаменитая фраза: “Я занимаюсь фундаментальными делами для решения конкретных прикладных задач”. Он во многом очень был прав, говоря это. Когда в 2003 году я получил Демидовскую премию, то свою лекцию в университете в Екатеринбурге назвал “Изумруды, найденные в мусоре”. Дело в том, что явления, о которых я говорил – вакуумный разряд, автоэлектронная эмиссия, газовый разряд – считались полностью изученными еще в 30-х годах прошлого века, и их исследование считалось бесперспективным.

И в заключение я хочу сказать вот что. Мой опыт показывает, что, занимаясь фундаментальными делами, нельзя проходить мимо каких-то непонятных вещей. Вот как, например, делается открытие с точки зрения простого человека? Идет человек, лежит камень: он его пинает и идет дальше. Идет второй – снова пинает, идет третий – пинает: ему больно ногу. Он говорит: “Как это такой маленький камень может так больно делать?” Он его раскалывает – там кусок золота, понимаете? Вот мне кажется, примерно такого сорта инновационные идеи могут возникать при проведении фундаментальных исследований и, наоборот, при проведении инновационных исследований при каких-то разработках возникают новые идеи для фундаментальных дел. Ведь если вы возьмете перечень работ, удостоенных Нобелевских премий, то обратите внимание, что там очень много прикладных разработок, которые потом привели ко многим фундаментальным открытиям, – это томограф, лазер, рентгеновский аппарат и т.д. Поэтому мне очень хотелось бы, чтобы вы, начиная заниматься наукой, не делили исследования на при-

кладные и фундаментальные, понимали, что они дополняют друг друга, т.к., вообще говоря, сразу не совсем понятно, где можно достичь большего успеха и славы.

Я хочу пожелать вам успехов на нашей конференции и выразить уверенность, что она тоже даст какие-то новые толчки, пищу для размышлений и новые идеи для вашей научной работы.

Всего вам хорошего.

*По материалам 3 Всероссийской молодежной школы-семинара “Инновационные аспекты фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики”, Москва, ФИАН, октябрь 2009 г.*

Поступила в редакцию 7 декабря 2009 г.