

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПО УПРАВЛЯЕМЫМ ТЕРМОЯДЕРНЫМ РЕАКЦИЯМ,  
ПОЛУЧЕННЫХ В СССР

(Незаконченный текст лекции, которую И. В. Курчатов намечал прочесть в Саклэ в марте 1960 года при посещении Франции в составе делегации во главе с Н. С. Хрущевым)

**И. В. Курчатов**

Сегодня в первой части лекции я расскажу об исследованиях плазмы, выполненных за последнее полугодие под руководством И. Н. Головина группой научных сотрудников Института атомной энергии АН СССР на установке Огра.

Магнитная ловушка Огра (рис. 1) представляет собой прямую трубу с продольным постоянным во времени магнитным полем, резко усиленным в участках, близких к концам трубы, — в «пробках» ловушки.

Магнитное поле создается обмоткой, состоящей из отдельных секций, которые позволяют создавать поля различной конфигурации. Расстояние между центрами «пробок» может быть доведено до 12 метров, поле в «пробках» — до 8000 эрстед, в центре ловушки — до 5000 эрстед. Труба, сделанная из нержавеющей стали, имеет диаметр 1,4 метра, откачивается четырьмя диффузионными ртутными насосами до давления  $10^{-6}$  мм рт. ст. Дальнейшая откачка производится четырьмя ионно-сорбционными насосами и прямым напылением титана на поверхность камеры с помощью двух специальных распылителей, расположенных на расстоянии 2 метров за центрами «пробок». На камеру надет нагреватель из нержавеющей стали. После прогрева трубы в течение 72 часов при температуре  $420^{\circ}\text{C}$  и применении всех перечисленных выше средств откачки удастся получить в установке после остывания стенок камеры вакуум  $2 \cdot 10^{-8}$  мм рт. ст.

В камеру Огры обычно инжектируются молекулярные ионы водорода  $\text{H}_2^+$ , которые получают в источнике (рис. 2), отстоящем от ловушки на 8 метров. После отделения ионов  $\text{H}_2^+$  от ионов  $\text{H}_1^+$ ,  $\text{H}_3^+$ , тяжелых ионов и нейтральных атомов, они вводятся через магнитный канал в ловушку. Все управление осуществляется с общего пульта, расположенного на балконе зала, где установлена Огра (рис. 3). Захват частиц в ловушку происходит из-за уменьшения радиуса траектории частиц при развале молекулярных ионов на атомные при столкновениях с молекулами остаточного газа и ранее захваченными быстрыми ионами.

Размер ловушки по оси должен быть большим, с тем чтобы была обеспечена диссоциация заметной доли молекулярных ионов до их гибели при попадании на стенку магнитного канала. С этой же целью должен быть

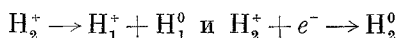
осуществлен азимутальный дрейф траекторий магнитных ионов внутри ловушки.

В начале прошлого года были найдены условия, при которых в Огре получается нужный азимутальный дрейф. Результаты этой работы доложены И. Н. Головиным в Лондоне на Конференции британских инженеров-электриков в конце апреля 1959 года.

Длина свободного пути молекулярных ионов до их гибели на стенках магнитного канала  $\mathcal{L}$  тогда определена еще не была.

Как показал Д. А. Панов, если бы  $\mathcal{L}$  было много меньше 1000 метров, пришлось бы оставить способ развала молекулярных ионов на остаточном газе. При заметно меньшем  $\mathcal{L}$  для того, чтобы можно было получить достаточно плотную, полностью ионизованную плазму, потребовался бы такой большой ток инжектируемых ионов, который было бы трудно реализовать на опыте.

При столкновении иона  $\text{H}_2^+$  с молекулой того или иного газа наряду с другими происходят с большой вероятностью два процесса:



—с образованием быстрого нейтрального атома водорода  $\text{H}_1^0$  или молекулы водорода  $\text{H}_2^0$ .

Длина  $\mathcal{L}$  в Огре была определена несколькими способами. В декабре 1959 года Г. Ф. Богданов, Д. А. Панов и Н. Н. Семашко измерили ее по скорости уменьшения со временем потока быстрых нейтральных частиц на боковую стенку камеры после выключения тока инжектируемых молекулярных ионов. Это возможно потому, что все опыты производятся при очень малых давлениях и уменьшение тока молекулярных ионов происходит главным образом из-за их гибели при попадании на магнитный канал. Поток быстрых нейтральных атомов измерялся при помощи кольцевого пояса специальных электродов, похожих на те, которые были использованы М. С. Иоффе в Институте атомной энергии в исследованиях с ионным магнетроном.

На рис. 4 представлена осциллограмма уменьшения во времени потока нейтральных частиц после выключения тока инжектируемых ионов  $\text{H}_2^+$  с энергией в 100 кэв. Напряженность магнитного продольного поля на оси Огры в этих опытах представлена на рис. 5. На осциллограмме ясно видны две области  $OA$  и  $AB$ . Во второй из них скорость спадаения значительно меньше, чем в первой. Область  $OA$  характеризуется спадом потока от молекулярных ионов. Область  $AB$  не относится к молекулярным ионам, она связана с регистрацией измерительной системой быстрых атомов водорода, появляющихся в результате нейтрализации заряда захваченных в ловушку протонов при их столкновениях с молекулами газа.

В дальнейшем мы подробнее рассмотрим эту область.

Обработка показаний осциллограммы в области  $OA$  показывает, что скорость спадаения потока нейтральных частиц почти не зависит от давления в интервале от  $5 \cdot 10^{-8}$  до  $10^{-6}$  мм рт. ст. и рода газа (опыты производились с гелием и аргоном). Кривая спадаения может быть аппроксимирована экспонентой

$$I = I_0 e^{-t/\tau_1}$$

с характеристическим временем  $\tau_1$ , равным приблизительно 260—270 мксек. Скорость молекулярных ионов с энергией в 100 кэв составляет  $3 \cdot 10^8$  см/сек, и следовательно, эффективное  $\mathcal{L}$  будет равно 800 метрам. Это приемлемо для метода развала ионов на остаточном газе.

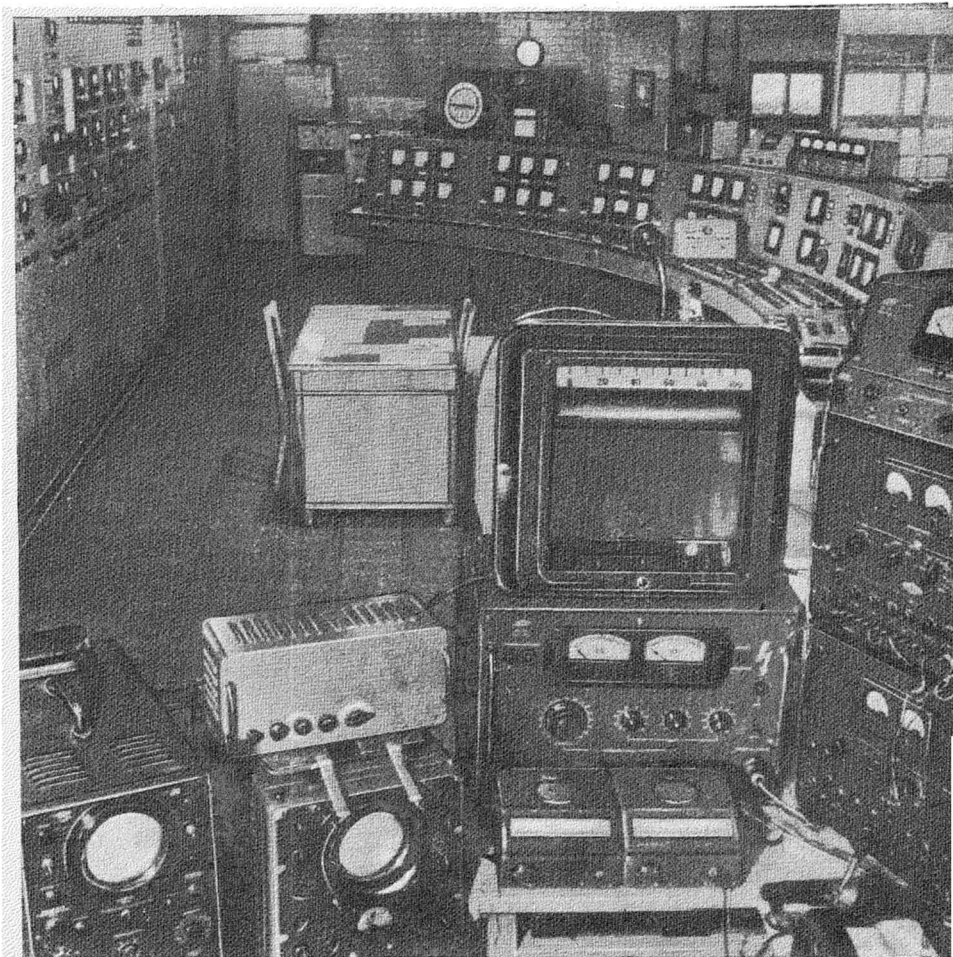


Рис. 3. Пульт управления.

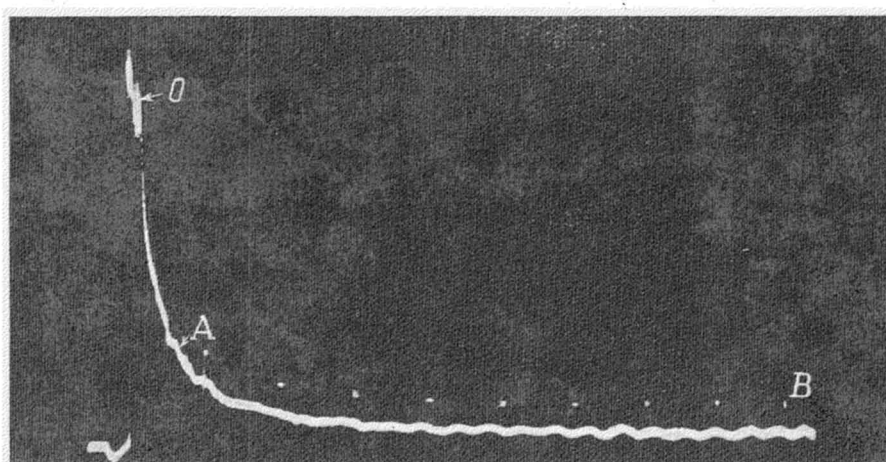


Рис. 4. Осциллограмма спадания потока нейтральных атомов во времени.

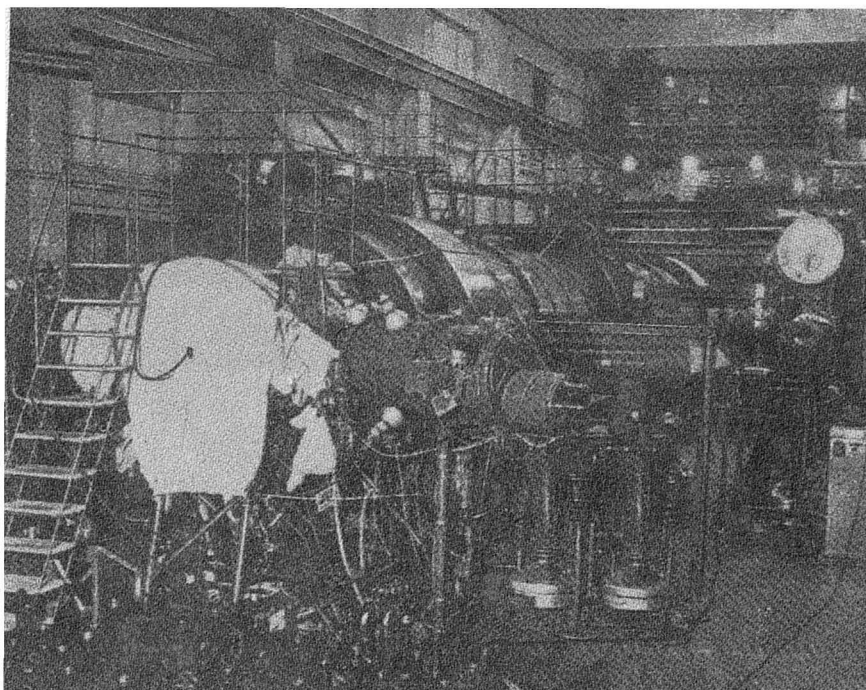


Рис. 1. Общий вид установки Огра.

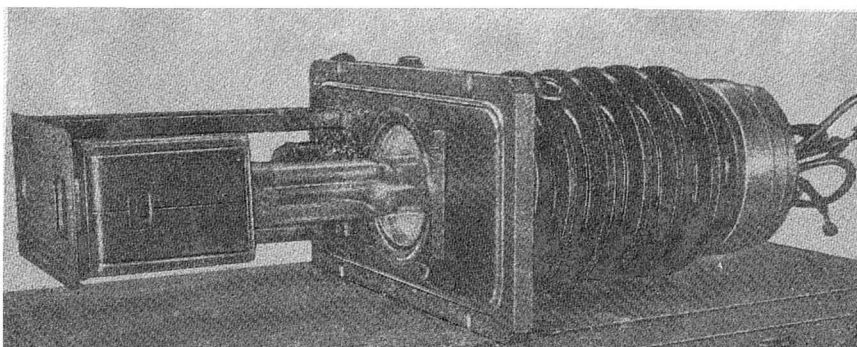


Рис. 2. Источник ионов.

Вероятно, можно еще несколько увеличить  $\mathcal{L}$ , улучшив конструкцию магнитного канала, через который ионы вводятся в ловушку Огры.

Следует заметить, что для  $\mathcal{L}$ , определенного другими методами, были получены примерно те же значения\*).

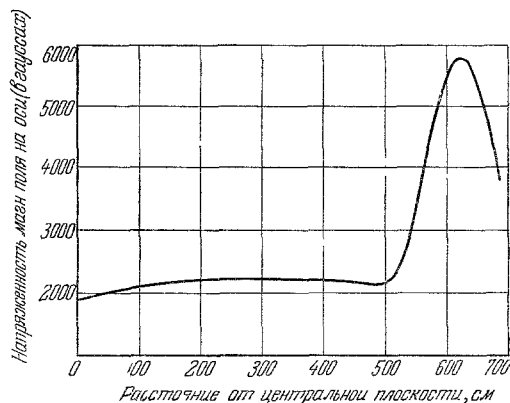


Рис 5. Напряженность магнитного поля на оси Огры

Вернемся теперь к области АВ. Как видно из диаграммы (рис. 6), на которой представлены данные большого числа осциллограмм, спада-

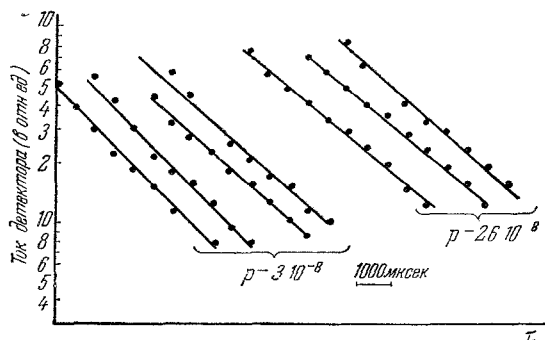


Рис 6 Зависимость потока нейтральных атомов от времени в полулогарифмическом масштабе

При  $p=3 \cdot 10^{-8}$  мм рт. ст.  $\tau_2=2700$  мксек  
при  $p=2,6 \cdot 10^{-8}$  мм рт. ст.  $\tau_2=3000$  мксек

ние потока нейтральных атомов во времени может быть представлено экспонентой с характеристическим временем  $\tau_2$ .

В отличие от области ОА время жизни  $\tau_2$  заметно зависит от давления газа  $p$ , меняясь от значения в 3,5 миллисекунды при  $p=3 \cdot 10^{-8}$  мм рт. ст. до значений в доли миллисекунды при давлениях  $p > 1 \cdot 10^{-6}$  мм рт. ст.,  $\tau_2$  зависит и от рода газа. На диаграмме (рис. 7) представлена зависимость  $1/\tau_2$  от давления для гелия и аргона. Как мы видим, эта зависимость хорошо может быть представлена прямыми, не проходящими через начало координат.

\*) Геометрическую длину пробега молекулярных ионов до гибели их на магнитном канале следует вычислять с учетом гибели ионов на остаточном газе. В описываемом в тексте режиме она равна приблизительно  $1,5 \cdot 10^5$  см.

Такого же типа зависимость, кстати сказать, была получена М. С. Иоффе для времени жизни частиц в ионном магнетроне, о чем он доложил в Упсале на конференции по газовому разряду в августе 1959 года.

Полученный результат для Огры совершенно не соответствует тому, чего следовало бы ожидать, исходя из элементарной теории адиабатической магнитной ловушки.

Согласно этой теории магнитный момент частицы  $\frac{mv_{\perp}^2}{H}$  сохраняется при малых изменениях магнитного поля на ларморовом радиусе частицы. Уход частиц из ловушки по этой теории при небольших плотностях

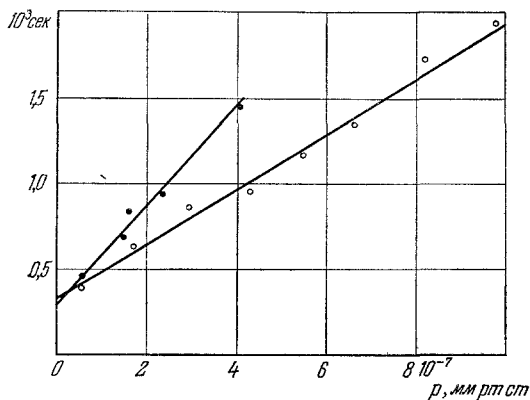


Рис. 7. Зависимость времени жизни быстрых атомных ионов от давления гелия и аргона; о — гелий, ● — аргон. По оси ординат  $1/\tau_2^*$ .

плазмы, при которых производились опыты, ничтожно мал. Частица должна сделать более миллиона отражений от пробок, прежде чем выйти из ловушки, на что уйдут многие секунды. Таким образом, уход протонов из ловушки может быть обусловлен единственным процессом — их перезарядкой, и это, очевидно, должно привести к строгой линейности между  $1/\tau_2$  и  $p$ .

Спрашивается, насколько достоверна представленная на диаграмме картина и не может ли она быть обусловлена ошибками измерения или какими-либо неучтенными обстоятельствами при обработке результатов опыта. Это представляется нам маловероятным. В области малых давлений газа можно сильно ошибаться в измерении абсолютного значения этой величины. Не похоже, однако, чтобы это имело место в данном случае: величина сечения перезарядки протонов в аргоне и гелии, по данным рассматриваемых опытов, близка к тем, которые были получены Федоренко, Барнетом и Стедефордом.

Сечения перезарядки протонов в аргоне и гелии при энергии протонов 50 кэв

Автор	Газ	
	He	Ar
Настоящая работа . . . . .	$1,4 \cdot 10^{-16}$	$3,9 \cdot 10^{-16}$
Р. Барнет (Phys. Rev. 103, 896 (1956) . . . . .	—	$3,1 \cdot 10^{-16}$
Дж. Стедефорд (Proc. Roy. Soc. A227, 466 (1955) . . . . .	$1,15 \cdot 10^{-16}$	—
Н. В. Федоренко (частное сообщение) . . . . .	—	$4,3 \cdot 10^{-16}$

См. также стр. 610 (Прим. ред.)

Неправильные выводы могли быть сделаны из диаграммы потому, что состав газа меняется вдоль оси абсцисс и особенно заметно в области малых давлений. В первой точке у начала координат диаграммы давление обусловлено остаточным газом, и все аномалии можно было бы объяснить, допустив очень большое сечение перезарядки протонов на его молекулах.

Сделать этого, однако, нельзя, так как ни одна из компонент остаточного газа (рис. 8) (водорода 46%, метана 12%, азота 21%, аргона 16%\*) не имеет очень большого сечения перезарядки.

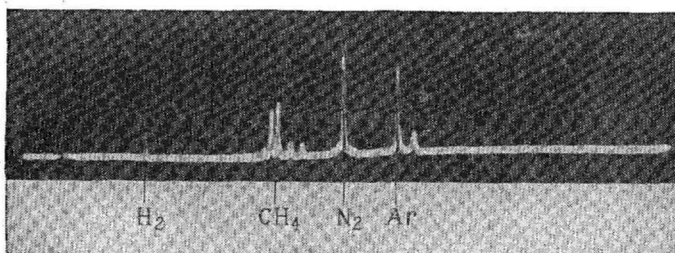


Рис. 8. Компонентный состав остаточного газа (по хронотрону).

Можно, таким образом, думать, что в Огре имеют место какие-то неучитываемые обычной теорией потери протонов через пробки или на стенках камеры.

В первую очередь надо выяснить, не происходят ли эти потери из-за того, что условия в Огре весьма далеки от тех, которые требуются теорией адиабатических ловушек.

Ларморов радиус протонов с энергией в 50 кэв, с которыми производились опыты, равен 14 см, а на этом радиусе имеют место заметные изменения напряженности магнитного поля. В настоящее время группой математиков Московского университета под руководством члена-корреспондента АН СССР А. Н. Тихонова с помощью электронных вычислительных машин проводятся расчеты, целью которых является задача — выяснить, не могут ли отступления от адиабатичности вызвать те дополнительные потери, которые наблюдаются на опыте.

Второй причиной этих потерь могут быть возмущения магнитного поля ловушки каналом, через который вводятся в Огру молекулярные ионы.

В нашем Институте на установке Огренок, являющейся моделью Огры, были установлены такие потери Н. Н. Бревновым и М. К. Романовским, но должны быть проведены еще специальные опыты, которые покажут, насколько могут эти возмущения поля количественно объяснить наблюдаемые явления.

Третьей причиной дополнительных потерь могут быть неизвестные пока особенности поведения плазмы. Для выяснения этого сейчас начаты опыты с инъекцией в Огру более быстрых молекулярных ионов водорода с энергией в 200 кэв и проводятся исследования однородности структуры плазмы в ловушке.

Перехожу ко второй части доклада... *(На этом обрываются записи И. В. Курчатова.)*

\*) Определено хронотроном.

\* \* \*

В марте 1960 г. намечалась поездка И. В. Курчатова во Францию. И. В. Курчатов имел в виду сделать в Сакле доклад с обзором работ по получению управляемых термоядерных реакций, ведущихся в СССР. Часть этого доклада, посвященная работам на установке Огре, и публикуется в настоящем номере. И. В. Курчатов лично принимал деятельное участие в проведении описанных экспериментов.

И. В. Курчатов писал свой доклад в конце января 1960 года. Важнейшим был в то время вопрос о времени жизни протонов в ловушке. В докладе обсуждаются результаты первых измерений времени жизни быстрых ионов. Возможные причины дополнительных потерь, отмеченные И. В. Курчатовым, за истекшее с тех пор время в значительной части установлены. Последующие измерения показали, что действительно, как подозревал И. В. Курчатов, в описанных опытах не так просто получить правильные сведения о давлении в камере. Давление аргона и гелия измерялось тогда удовлетворительно, в то время как давление остаточных газов определялось неточно. Давление регистрировалось манометрами, расположенными на концах камеры вблизи сорбирующих поверхностей титана. Скорость откачки аргона и гелия ничтожна, и поэтому их давление одинаково во всей камере, скорость же откачки водорода и воздуха велика, и в камере между центром и концами существовал измеренный позже перепад давления в  $1,0-1,5 \cdot 10^{-7}$  мм рт. ст., так что среднее давление остаточных газов в области, занятой плазмой, никогда не опускалось ниже  $1 \cdot 10^{-7}$  мм рт. ст. Из-за этого на рис. 7 необходимо сместить нуль на оси абсцисс влево на  $1,0-1,5 \cdot 10^{-7}$  мм рт. ст., не меняя наклона прямых. Экстраполируя прямые влево, мы в пределах погрешностей опытов уже можем провести их через начало координат. Таким образом, дополнительные потери, во всяком случае, не так велики, как следует из рис. 7.

Несмотря на это, вопрос о «неадиабатических» потерях не отпал и до сих пор. Более чувствительная методика измерения потерь показала, что в режимах, о которых идет речь в докладе И. В. Курчатова, действительно не выполняются условия теории адиабатических ловушек и ионы, проведя некоторое время в ловушке, не только погибают в процессе перезарядки, но и уходят сквозь пробки. Это сейчас подтверждено как работой группы математиков под руководством А. Н. Тихонова, так и опытами на электронной модели Огры. Найдены другие режимы, в которых «неадиабатический» уход сквозь пробки существенно уменьшается.

Вторая названная И. В. Курчатовым причина — влияние канала — еще не изучена подробно, но уже ясно, что в Огре влияние канала значительно меньше, чем в Огренке, и потери, вызываемые им, несравненно меньше потерь, о которых идет речь в докладе.

Выяснение третьей отмеченной И. В. Курчатовым причины возможных дополнительных потерь составляет основу программы ведущихся исследований на Огре. Работа в этом направлении еще не завершена.

РЕДАКЦИЯ



УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

## И. В. КУРЧАТОВ—ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИКОВ

**А. Ф. Иоффе**

Из Крымского университета совсем еще молодым, в возрасте 23 лет, явился Игорь Васильевич в Ленинградский физико-технический институт. А Институту было в то время семь лет от роду и молодость сотрудников была привычным делом. Институт поддразнивали даже, называя «детским садом». И Курчатов пришелся как нельзя лучше к этой среде не только своей молодостью, но и своим энтузиазмом, своим стремлением и умением работать в коллективе, способностью заражаться его интересами. В то время это были: диэлектрики, механизм электрического пробоя, загадочная еще высоковольтная поляризация.

Участвуя в общей работе, Курчатов внимательно изучал литературу не только своего вопроса, но и всего, что связано было с физикой твердого тела. Он обращал внимание на явления, противоречащие его представлениям, его удивили результаты экспериментов по прохождению электронов сквозь тонкие слои металлов. Не ограничиваясь критическими замечаниями, он заподозрил, что источником ошибок автора работы было нарушение сплошности слоя, и тут же доказал это на опыте. Так, первой его печатной работой в лаборатории диэлектриков оказалось исследование прохождения медленных электронов сквозь тонкие металлические пленки. Наблюдавшиеся ранее аномалии были устранены и вопрос выяснен.

Работа была выполнена, как позже и некоторые другие, совместно с Кириллом Дмитриевичем Синельниковым, с которым Курчатов был связан неизменной дружбой, а потом и свойством до последних дней своей жизни.

Уже в этой первой задаче проявилась одна из типичных черт Игоря Васильевича — подмечать противоречия и аномалии и выяснять их прямыми опытами. Это сказывалось в течение всего многолетнего исследования, в котором он участвовал. Это же свойство привело его к открытию сегнетоэлектричества, к поискам механизма выпрямления тока, к изучению нелинейности токов в карборундовых предохранителях, к изучению предпробойных токов в стеклах и смолах, униполярности токов в солях, а позже к открытиям в области атомного ядра.

Основной проблемой лаборатории, в состав которой вошел Игорь Васильевич, было поведение диэлектриков в сильных электрических полях и наступающий затем пробой. В то время как в слабых полях наблюдался закон Ома, внешне осложнявшийся высоковольтной поляризацией, начиная с некоторой силы поля удельная электропроводность быстро возрастала. Механизм тока в пределах закона Ома удовлетворительно объяснялся как электролиз в твердой среде. Но можно ли распространить эти представления и на токи, экспоненциально растущие с напряжением? Увеличивается ли подвижность ионов, растет ли их концентрация или вступают новые носители тока — электроны?

Эту задачу взялся разрешить Курчатов, его соратником и другом стал другой энтузиаст, химик по образованию, Павел Павлович Кобеко. Курчатову принадлежало открытие того, что Кобеко был химиком. Кобеко поступил к нему в качестве служителя, который варил олифу и убирал помещения. Но вскоре Курчатов заметил аномалии в поведении своего служителя — тот слишком хорошо все понимал и признался, что имеет диплом высшей сельскохозяйственной школы.

Одни ли ионы являются носителями тока за пределами закона Ома? Точное соответствие закону Фарадея, которое установили Курчатов и Кобеко, дало положительный ответ. Задача была нелегкой: стекло — почти изолятор и продукты электролиза можно едва заметить, а нужно было точно измерить их количество. Они точно определили не только выделение вещества на катоде, но измерили и количество выделяющегося на аноде кислорода.

Впоследствии оказалось, что в некоторых кристаллах, например в слюде, отступления от закона Ома в сильных полях обязаны электронам, но в стеклах электронов не оказалось, и это обстоятельство надолго наложило свой отпечаток на идеи, развивавшиеся в лаборатории.

Большое участие принимал Курчатов совместно с К. Д. Синельниковым в изучении высоковольтной поляризации — накопления объемных зарядов вблизи электродов в результате прохождения электрического тока. Тщательными измерениями удалось определить распределение объемного заряда вдоль толщины заряженного слоя, измеряемой долями микрона.

Наряду со стеклами Игорь Васильевич тщательно изучал механизм токов и электрического пробоя в смолах и в особенности в олифе, которая считалась перспективным материалом для новой высококачественной изоляции. Эти надежды обосновывались тем, что, устраняя ряд пороков, свойственных в то время измерениям пробивных напряжений, Курчатову удалось получить результаты, далеко превосходящие все, что было известно: вместо немногих сотен тысяч вольт на сантиметр — несколько миллионов. Правда, позже А. П. Александров выяснил, что в измерения того времени вкрался источник ошибок, растущий с уменьшением толщины слоя. Однако в опубликованных в 1928 г. исследованиях Курчатова, Кобеко и Синельникова по механизму электрического пробоя твердых диэлектриков имеется большой материал, не потерявший своей ценности и до настоящего времени.

Механизм теплового пробоя был полностью выяснен опытами Н. Н. Семенова и теорией В. А. Фока.

По собственной инициативе Игорь Васильевич предпринял в 1928—1929 гг. изучение аномалий тока в некоторых солях и, прежде всего, их униполярной проводимости. Подробно изучалось влияние геометрии электродов острия, с одной стороны, и пластины, с другой, а также вторичных процессов электролиза. При ближайшем участии своих друзей — Кобеко и Синельникова — Курчатову удалось дать полное объяснение многим наблюдаемым фактам. Сделана была попытка распространить эти результаты и на такие случаи выпрямления тока, как закип меди, для которой наличие электролиза не было установлено.

Как и в случае электрического пробоя, так и при выпрямлении последовательно были развиты представления, вытекавшие из гипотезы об электрической природе токов. Они не оправдались для электронных полупроводников, но остаются справедливыми для твердых электролитов. В те годы, когда производил свои исследования Игорь Васильевич, не существовало предпосылок для развития электронных процессов в твердых средах, не было квантовой теории электронных токов, зонной структуры энергетических уровней, идеи дырок. Поэтому изучение полупро-

водников могло сводиться тогда лишь к накоплению фактов, а путь аналогии с ионами устранился квантовой природой электронных процессов.

Во всей своей силе талант Игоря Васильевича проявился в открытии и изучении сегнетоэлектричества. Ряд аномалий в диэлектрических свойствах сегнетовой соли был описан до него. Курчатов интуитивно заподозрил в этих аномалиях проявление новых сторон в поведении диэлектриков. Вместе с Кобеко он вскоре установил далеко идущие аналогии с магнитными свойствами ферромагнетиков и назвал их сегнетоэлектриками. Это название удержалось у советских авторов; за границей их называют ферроэлектричеством, что еще больше подчеркивает аналогию с ферромагнетизмом.

Об исследованиях Курчатова мне пришлось докладывать на международном электротехническом конгрессе в Париже и в лаборатории Резерфорда в Кембридже. Опыты были произведены исключительно четко, а система кривых, изображавших зависимости эффекта от силы поля, от температуры, с такой убедительностью демонстрировали открытие, что к ним почти не требовалось пояснений. Мой доклад мог быть прочитан на международном языке диаграмм.

Курчатов исследовал зависимость эффекта от кристаллографического направления, от длительности воздействия электрического поля, от предистории. Установлена точка Кюри и открыты нижняя точка Кюри, спонтанная ориентация кристалла и свойства сегнетовой соли за пределами точек Кюри.

От чистой сегнетовой соли Курчатов и его сотрудники перешли к твердым растворам и сложным соединениям с сегнетоэлектрическими свойствами. В этих исследованиях, помимо Кобеко, участвовал и брат Игоря Васильевича — Борис Васильевич Курчатов.

Только спустя 10 лет Б. М. Вулу удалось сделать следующий существенный шаг вперед открытием сегнетоэлектрических явлений в титанате бария, а еще 10 лет спустя Г. А. Смоленский еще дальше расширил область сегнетоэлектриков.

Что касается теории открытых им явлений, то Игорь Васильевич сразу понял значение идей, выдвинутых Львом Давидовичем Ландау, и на их основе строил все свои представления, из них делал выводы для развития своих опытов.

Сегнетоэлектричеству Игорь Васильевич посвятил в 1933 г. монографию размером более ста страниц.

Своеобразными диэлектрическими свойствами, хотя и по другим причинам, чем в сегнетоэлектриках, обладают при низких температурах кристаллы хлористого водорода. Вместе со Щепкиным Курчатов исследовал их и дал ясное физическое толкование наблюдаемым фактам.

Загадочными представлялись электрические свойства применявшихся в высоковольтной технике карборундовых предохранителей. Вместе со своими учениками Курчатов принялся за новую загадку. Обширное экспериментальное исследование привело к определенной гипотезе о механизме контакта между зернами карборунда, успешно объяснившей совокупность всех накопленных наблюдений. Теорию их развил Я. И. Френкель. Это была последняя дань, которую отдал Игорь Васильевич проблеме диэлектриков, перешедшей уже, впрочем, в проблему электронных полупроводников. Его интересы и несокрушимая энергия были перенесены в область атомного ядра, которая так многим ему обязана.

Хотя в перспективе сегодняшнего дня участие Игоря Васильевича Курчатова в проблеме диэлектриков представляется сравнительно скромным этапом, но нельзя забывать, что самый выдающийся результат в учении о диэлектриках — это сегнетоэлектрики Курчатова и Кобеко.

Игорь Васильевич был беспредельно предан науке, жил ею. Почти систематически приходилось в полночь удалять его из лаборатории. Каждому молодому физiku представлялась заманчивой посылка его в лучшие заграничные лаборатории, где можно познакомиться и с новыми людьми, и с новыми методами научной работы. Двадцать научных сотрудников Физико-технического института удалось направить за границу на сроки от полугода до двух лет. В течение нескольких лет такая возможность имелаась и у Курчатова. Но он все дальше откладывал ее осуществление: каждый раз, когда надо было выезжать, у него шел интересный эксперимент, который он предпочитал поездке. Он попал в Англию только много позже, когда был включен в делегацию, сопровождавшую Никиту Сергеевича Хрущева.

Вспоминая предшествовавший атомному ядру период деятельности Игоря Васильевича, нельзя забыть его постоянного стремления сочетать физику с техникой, искать практические пути использования сегнетоэлектриков (в этом участвовал В. П. Вологдин), карборунда, новых видов изоляции.

С поразительной силой эта тенденция проявилась с первого же дня Отечественной войны. И циклотрон и нейтроны, которыми жил Курчатов, в мгновение ока заменились защитой кораблей Военно-Морского Флота, для чего он пошел в помощь А. П. Александрову. Самоотверженной своей работой в этой области в Севастополе он снискал неограниченное доверие наших моряков. Адмирал Галлер говорил, что по указанию Курчатова они без опасений выходили в море и только ему вверяли свою жизнь.

Когда погиб руководитель лаборатории танковой брони Владимир Лаврентьевич Куприенко, во главе лаборатории стал Игорь Васильевич Курчатов, изменивший затем ее тематику.

Корабли и броня были кратковременными прослойками между диэлектриками, которым посвящены были первые восемь лет научной деятельности Игоря Васильевича, и ядром, которому отданы были восемь предвоенных лет и вся его последующая жизнь — 15 лет после Отечественной войны.

Как сильно ни различаются физические проблемы и условия работы по диэлектрикам и ядру, в обеих областях это был тот же неповторимый ученый, целиком преданный своему делу, талантливый исследователь природы, безграничный патриот своей родины, отдавший ей всего себя. Железный в своих требованиях к себе и своему делу, Игорь Васильевич был верным другом, трогательно заботившимся о своих товарищах и сотрудниках. Его неизменная доброта и дружеский юмор в жизненных переделках многим облегчили жизнь. Игоря Васильевича Курчатова никогда не забудут народы Советского Союза, а для тех, кто его знал, память о нем окружена ореолом личного обаяния.

---