

**Михаил Сапожников**

**Жизнь и идеи Бруно Понтекорво**

## Предисловие

История жизни Бруно Понтекорво ждет своего кинорежиссера. Он может снять биографический фильм о великом ученом, идеи которого получили признание в виде шести Нобелевских премий. Может снять большую семейную сагу о судьбе состоятельной семьи текстильных фабрикантов из Пизы в эпоху Муссолини. Детектив о побеге Бруно вместе со всей своей семьей в СССР. Драму настоящего коммуниста, теряющего свои идеалы в эпоху гласности и перестройки.

Мне интересен Бруно как большой ученый и замечательный человек. В мою жизнь он вошел статьей в журнале «Юность», которую я прочел в восьмом классе. Четко осталось в памяти: таинственный город счастья – Дубна, где живут небожители-физики и загадочный Понтекорво. Эта статья во многом определила мою жизнь. Мне сильно повезло – детские мечты стали реальностью. Через десять лет на доске объявлений физического факультета МГУ я увидел, что академик Понтекорво приглашает студентов на свою кафедру и устраивает лекцию о физике нейтрино. На этой встрече я впервые увидел Бруно и был просто очарован. И тем, что он рассказывал, и тем, как он выглядел.

Конечно, я выбрал для диплома работу на его кафедре, попал в Дубну – фантастика продолжалась. Моя научная судьба была во многом связана с проверкой идеи Бруно. Горжусь, что вместе с Л. А. Кондратюком ввели в научный обиход термин «реакции Понтекорво» – особый класс реакций аннигиляции антипротонов с ядрами.

Отдельным большим проектом моей жизни стало участие в издании научных трудов Бруно Максимовича. Сначала сборник избранных статей был опубликован с помощью Итальянского физического общества на английском. Затем в издательстве «Физматлит» был выпущен двухтомный сборник, в котором первый том содержал научные статьи, а второй том – воспоминания о Бруно [1]. По материалам книги был создан сайт <http://pontecorvo.jinr.ru>, на котором размещена также многочисленная коллекция фотографий.

В 2003 г. я написал сценарий фильма о Бруно [2]. В ходе съемок нам удалось взять интервью у брата Бруно, известного кинорежиссера Джилло Понтекорво, а также у разных людей, знавших Бруно еще во время его жизни в Пизе.

В 1998 г. мы провели в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне первую международную школу для молодых ученых, посвященную Понтекорво. Во время проведения школы были записаны несколько видеointервью с коллегами, хорошо знавшими и работавшими вместе с Бруно: С. М. Биленьким, С. С. Герштейном, Дж. Фидекарро, Р. Риччи. Была открыта большая выставка фотографий Бруно, сделанная замечательным фотографом Ю. А. Тумановым, которая до сих пор украшает холл одной из лабораторий ОИЯИ [3].

Вполне логично было оформить все накопленные материалы в виде книги. Однако триггером для меня стал труд Ф. Клоуза «Полураспад: разделенная жизнь Бруно Понтекорво, физика или шпиона» [4]. Фрэнк Клоуз – известный специалист в области физики элементарных частиц, известный популяризатор науки – провел большую работу в архивах, взял много интервью с людьми, знавшими Бруно. Получилось очень интересное исследование. Но притянутое к простой версии: шпион. Основное доказательство – написанная латиницей русская матерная фраза, приписываемая Бруно. Это возмутило меня настолько, что работа над этой книгой стала каждодневным занятием.

К сожалению, Клоуз не одинок в своем стремлении представить судьбу Бруно в стиле эпопеи Джеймса Бонда. Такой же точки зрения придерживается и Симон Туркетти, автор другой книги о судьбе Понтекорво [5]. Конечно, для продаваемости книги вкус сенсации необходим, и шпионская версия наиболее выгодна. Но трудно представить себе Джеймса Бонда, совершающего побег с женой и тремя детьми.

Отдельное место в литературе о Бруно занимает замечательная книга известной итальянской журналистки Мириам Мафай [6]. Она написана на основе серии интервью с Бруно и, можно сказать, является авторизованной биографией. Но и сам Бруно написал ряд автобиографических статей и достаточно подробно рассказал о различных эпизодах своей жизни. Они составили отдельный раздел во втором томе сборника его избранных трудов (ИТ) [1]. Однако далеко не все материалы из архива Бруно вошли в ИТ. Одно время мы хотели собрать его выступления на различных конференциях в отдельную книгу, но не получилось набрать солидный объем. Некоторые из этих материалов будут впервые приведены в этой книге.

В дополнение к электронной версии я завел два телеграм-канала:

[https://t.me/bruno\\_pontecorvo](https://t.me/bruno_pontecorvo) – здесь размещены видеointервью и различные материалы, использованные в книге;

[https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo) – это коллекция фотографий, на которые есть ссылки в книге.

Бруно Понтекорво – великий физик. И мне хотелось в первую очередь рассказать именно об оригинальности и глубине его физических идей. Поэтому в книге будут формулы и графики, без которых красоту эксперимента или теоретического предложения трудно объяснить.

Судьба же Бруно говорит сама за себя.

## 1. Семья Понтекорво

Когда я первый раз попал в Пизу, мне захотелось найти дом, где жило семейство Понтекорво. Джиль Понтекорво, сын Бруно Максимовича, точного адреса не помнил, но снабдил меня наводящей информацией: дом стоит рядом с пьядца деи Мираколи (площадью Чудес) – главной площадью Пизы, где находится великолепный собор, баптистерий и знаменитая падающая башня.

Я прошел площадь Чудес, вышел на соседнюю улицу и обратился к первому попавшемуся карабинеру с вопросом, не знает ли он, где находится дом Понтекорво. Он направил меня в информационное агентство для туристов. Девушка в агентстве пожала плечами и послала в ближайший отель. Портье развел руками: не слышал. Тогда я увидел двух стариков, которые пили кофе на террасе отеля и спросил у них: «Не знаете ли, где здесь дом Понтекорво?». «Режиссера?» – спросил один. «Физика?» – спросил другой.

Получился невольный сощпрос: именно кинорежиссер Джилло Понтекорво и физик Бруно Понтекорво лучше всех славных представителей семьи Понтекорво зафиксированы в массовом сознании итальянцев (по крайней мере, посетителей местного кафе).

В итоге, чтобы найти дом Понтекорво, потребовалось 10 минут. Он стоит на улице Бонанно Пизано, 111, в нем сейчас находится отель «Рома» (Рис. 1-1).

Однако в Пизе есть и другие места, связанные с семейством Понтекорво. Например, улица Пеллегрини Понтекорво – дедушки Бруно. Его чтят как выдающегося предпринимателя, который создал в Пизе несколько текстильных фабрик. В 1915 году в компании Понтекорво было около 2000 рабочих, 1250 ткацких станков, 3000 вращающихся веретен и два цеха по окраске хлопка-сырца [7].

Сейчас в одном из зданий фабрики Понтекорво находится физический факультет Пизанского университета. В фойе этого здания стоит бюст Пеллегрини Понтекорво, я сфотографировал рядом с ним Джилу Понтекорво – правнука Пеллегрини (Рис. 1-2).

У нас в Дубне есть улица Бруно Понтекорво. Это стимулировало идею просить городские власти Пизы назвать одну из улиц его именем. От Объединенного института ядерных исследований в Дубне, где Бруно проработал всю свою жизнь в России, было направлено в мэрию Пизы письмо с этим предложением. Получили очень теплый ответ, инициатива была поддержана.



Рис. 1-1. Дом семьи Понтекорво (фото автора).



**Рис. 1-2.** Сын Бруно, Джиль Понтекорво, рядом с бюстом своего прадедушки Пеллегрини Понтекорво (фото автора).

Именем Бруно назвали небольшую площадь около здания физического факультета (Рис. 1-3).

Бруно родился 22 августа 1913 г. в курортном городке Марина-ди-Пиза, где семья держала виллу для летнего отдыха. Его мать Мария Марони ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/2](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/2)) была дочерью известного миланского врача, директора госпиталя. Бруно запомнилось, что мать рассказывала ему не только про миланскую светскую жизнь, великолепные магазины, спектакли в Ла Скала, но и про постановку «Трех сестер» Чехова.

Отец – Массимо Понтекорво ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/3](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/3)) – один из десяти детей Пеллегрини Понтекорво – продолжал семейный текстильный бизнес вместе с братом Аттилио. Их дома на улице Боннано Пизано стояли напротив друг друга.

Мириам Мафай записала [6] впечатления Бруно о том, как его маленького пугали толпы молодых рабочих, которые шли по улице и пели веселые революционные песни:

«Вот придет Ленин, вот придет Ленин, заставит всех работать, а хлеба не даст! И Понтекорво тоже будут работать без еды!».



**Рис. 1-3.** Митинг, посвященный открытию площади имени Бруно Понтекорво в Пизе (фото автора).

Страхи кончились, когда Бруно услышал, что отец тоже напевает эту песню, отбивая ритм по столу.

Отец Бруно очень хорошо относился к своим рабочим. Когда к власти пришел Муссолини, Массимо отказался вступить в фашистскую партию, а фашистского лидера Пизы Буффарини-Гвиди даже вызвал на дуэль, когда тот посмел прийти к нему с предложением назвать имена рабочих – организаторов забастовки. Буффарини-Гвиди сделал впоследствии карьеру и стал министром внутренних дел в правительстве Муссолини.

Бруно не раз подчеркивал, что именно отцовское стремление к справедливости сыграло ключевую роль в его судьбе.

У Бруно было четверо братьев – Гвидо (1907–1999), Паоло (1909–2004), Джилло (1919–2006), Джованни (1926–2006) и три сестры – Джулиана (1911–1994), Лаура (1921–2011), Анна (1924–1986).

Наибольшую известность в массовом итальянском сознании, как мы видели из моего опроса в Пизе, имел младший брат Бруно – кинорежиссер Джилло Понтекорво. Очень советую посмотреть его замечательный фильм «Битва за Алжир», удостоенный премии «Золотой лев» Венецианского кинофестиваля. Снятый в 1966 г., он до сих пор поражает современностью постановки проблемы восприятия терроризма. Джилло долгое время

был директором Венецианского кинофестиваля.

Большую известность, правда, в не столь широких кругах, имел и старший брат Бруно – Гвидо. Он работал в Эдинбургском университете, занимался генетикой, был членом английского Королевского общества.

Брат Паоло выбрал инженерную специальность, в 1938 г. переехал в США, участвовал в разработке радара. Джованни жил в Англии, занимался мелким бизнесом. Сестра Джулиана, в замужестве Табет, стала журналисткой. Они с мужем играли видную роль в Итальянской компартии. Анна эмигрировала в Англию и работала учительницей. Лаура стала медсестрой.

В детстве Бруно пришлось пережить неприятное переживание, которое он даже счел нужным упомянуть в самом начале своей автобиографии [8]:

«Родители, люди консервативные, были достаточно требовательными и имели о каждом из нас определенное мнение, которое не выражали. Мы были знакомы с этим мнением, являясь вольными или невольными слушателями их разговоров. Вот оно: Гвидо – самый умный из братьев, Паоло – самый серьезный, Джулиана – самая образованная, Бруно – самый добрый, но самый ограниченный (об этом свидетельствовали его глаза – добрые, но не умные). Этому мнению я обязан за свою застенчивость и комплекс неполноценности, которые висели надо мной почти всю жизнь».

Только вдумайтесь: к моменту написания автобиографии Бруно был успешным, уважаемым человеком, академиком, лауреатом, отцом трех детей. И вот уже во втором абзаце рассказа о своей жизни он пишет о мнении родителей, сделавшем его застенчивым и неуверенным! Это вдвойне удивительно: для людей, которые знали Бруно по жизни, он всегда был ярким, веселым, обаятельным, легким человеком. Если представить себе эту картину – ребенка, невольно услышавшего от родителей их суждения о собственном характере и получившего потом комплекс на всю жизнь – хочется пожелать никому не повторять ошибки родителей Бруно.

В семье любили музыку. Устраивали семейные концерты. Бруно в 8 лет стал учиться играть на скрипке, и это ему очень нравилось. Джилло Понтекорво рассказывал [9], что когда Бруно было 10 лет, родители спросили, какой инструмент ему купить – пианино или скрипку, он немедленно ответил – скрипку.

Но больше всего он любил теннис. Его тетя Клара Колони имела свой теннисный корт, на котором происходили ожесточенные баталии. По свидетельству Джилло Понтекорво [9], Бруно выиграл чемпионат Италии в паре во втором дивизионе. В 16 лет он был приглашен в юношескую сборную Италии по теннису и должен был поехать на сборы во Францию, но родители не пустили. Даже много лет спустя Бруно рассказывал об этом эпизоде с большой горечью.

Бруно закончил лицей R. Ginnasio Galilei. Его классный журнал 1920 г. до сих пор хранится в лицее. Когда мы снимали его для фильма о Бруно [2], директор лицея очень просила, чтобы в кадре остались только отметки Бруно. Ведь нельзя же показывать личную информацию других учеников без их согласия. Вдруг потомки учеников лицея узнают, что в 1920 г. их предки имели тройку по итальянскому!

Бруно блестяще учился в школе. За один год он перепрыгнул три класса. Но это создало и очевидные проблемы, с которыми сталкиваются все молодые вундеркинды. Джилло Понтекорво рассказывал нам [9], что когда 12 летний Бруно очутился на экзамене вместе с подростками 16–17 лет, он почувствовал себя в такой компании очень неуютно и стал сильно волноваться. Он хорошо знал одну тему. И надо же, именно эта тема выпала ему на экзамене! Казалось бы, надо только радоваться. Но нервное напряжение было так велико, он так волновался, что от неожиданного счастья – заплакал. Суровый экзаменатор посмотрел на плачущего мальчика и строго сказал: «Ну что за сантименты! Здесь у нас нет нянечек!».

Джилло Понтекорво говорил, что в детстве Бруно был необыкновенно скромным:

«Мы никогда не слышали от него “Я”. Такое впечатление, что это местоимение отсутствовало в его словаре. Полная скромность сопровождалась у него живым интересом к другим людям» [9].

## 2. В группе Ферми

Однажды друг Гвидо, студент-физик Франко Разетти, привел в дом Понтекорво своего однокурсника, некоего Энрико Ферми. Разетти утверждал, что его товарищ – настоящий гений. Бруно тогда было 10 лет, но ему запомнилась реакция родителей и братьев: «Не преувеличивает ли Разетти? Кто может поверить, что такой застенчивый и молчаливый юноша – гений!» [10].

Прошло 8 лет, и следующая встреча Бруно произошла уже с профессором Э. Ферми. Дело в том, что в 16 лет Бруно поступил на инженерный факультет университета Пизы, где проучился два года. Однако ему не нравилось черчение, и он захотел заняться изучением физики. Естественно, когда Гвидо узнал об этом желании брата, то сразу посоветовал ему переехать в Рим, к своему другу Франко Разетти, который тогда уже работал в группе физиков под руководством профессора Энрико Ферми.

Это был без преувеличения судьбоносный выбор, который не только определил дальнейшую профессиональную жизнь Бруно, но и дал ему уникальную возможность работать вместе с большим ученым и участвовать в совершении эпохального открытия.

В одном из своих интервью [11] Бруно говорил, что встреча с Ферми – это чистое счастье, поскольку в то время он ничем, кроме тенниса, не интересовался. Ферми стал для него образцом ученого. В рабочем кабинете Бруно в Дубне висели два портрета – Ферми и Жолио-Кюри.

Лаборатория Ферми, как вспоминал Бруно, была

«первоклассной, но довольно маленькой. В ней работало не больше десяти научных сотрудников и техников. Физический факультет в то время оканчивали 1-2 студента. Средства для экспериментальных исследований были буквально ничтожны. Я помню, например, как однажды, чтобы сэкономить средства для научных исследований, Ферми решил изготавливать обычные электрические вилки в своей лаборатории» [12].

Разетти и Ферми устроили молодому юноше вступительный экзамен. Бруно рассказывал [10], как по итогам собеседования Ферми резюмировал:

«К сожалению, сегодня физики делятся на две категории: теоретики и экспериментаторы. Требования к теоретикам очень высоки. Если физик-теоретик не находится на очень высоком уровне, его работа бессмысленна. В этом отношении есть аналогия, скажем, между профессией физика-теоретика и профессией ученого-египтолога. Если египтолог не оказался исключительно ярким ученым, это означает, что он просто ошибся в выборе профессии. Что же касается физиков-экспериментаторов, то здесь и для человека средних способностей всегда есть возможность быть полезным. Экспериментатор может, скажем, измерять плотность разных веществ. Это будет очень нужная работа, хотя для этого не требуется большого ума».

Бруно определили в экспериментаторы. Вероятно, на экзамене он выглядел «не на очень высоком уровне». Тем не менее он поступил на третий курс физического факультета университета в Риме и сумел блестяще защитить диплом, получив 110 баллов из 110 возможных, в возрасте 20 лет [13, 14]. Тогда это было редким исключением, да и в наше время мало кто успешно заканчивает университетское образование в 20 лет. Руководителем дипломной работы был Франко Разетти. У него был редкий в то время прибор – электронный микроскоп. На защите Бруно он сказал, что главное достоинство дипломанта состоит в том, что он благополучно выжил, не пострадав от высокого напряжения электронного микроскопа [11].

Первая работа Бруно была посвящена оптической спектроскопии, он закончил ее летом 1934 г. После летних каникул Бруно отрядили в помощь к другому сотруднику из группы Ферми – Эдоардо Амальди – заниматься новой перспективной темой: исследованиями искусственной радиоактивности.

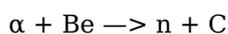
### 3. Замедление нейтронов

В 1934 г. Ферми и его группа активно изучали недавно открытый интересный феномен – искусственную радиоактивность. Естественная радиоактивность состоит в том, что некоторые элементы могут самопроизвольно, без какого-либо внешнего воздействия, испускать ядра гелия ( $\alpha$ -распад), электроны ( $\beta$ -распад), позитроны ( $\beta$ -распад) или гамма-кванты. Типичным примером радиоактивного элемента является уран. Однако вопрос о том, можно ли заставить излучать обычное вещество, например, алюминий, оставался без ответа до опытов, которые в 1933 г. выполнили Фредерик Жолио и Ирен Кюри. Они облучали легкие элементы (бор, бериллий, алюминий) ядрами гелия ( $\alpha$ -частицами) и обнаружили, что после этого воздействия образцы стали излучать позитроны.

Ферми решил повторить опыты Жолио и Кюри, но облучать образцы нейтронами. Логика была простая: положительно заряженным  $\alpha$ -частицам для взаимодействия с ядром надо преодолеть кулоновское отталкивание положительно заряженных протонов ядра. Тогда как нейтрон не имеет электрического заряда и должен легко вступать в ядерные реакции.

Опыты тоже были довольно простые: ампулу с радон-бериллиевым источником нейтронов подносили к образцу. Облучали его определенное время, а потом образец перемещали к счетчику Гейгера и смотрели, возникла ли в нем какая-то наведенная активность, излучает ли он, и если да, то какова интенсивность излучения.

Однако были детали: радон – это радиоактивный газ, который выделяется из радия и имеет период полураспада  $T = 3,82$  дней. То есть для многодневных опытов необходимо иметь постоянный источник радона, что далеко не просто. К счастью, уже в то время медики использовали радон как средство борьбы с раковыми опухолями. В подвале Института Ферми находилась лаборатория медицинского института, в которой ее директор Джулио Трабакки устроил газовый стенд для наполнения радоном небольших (порядка 10 мм) стеклянных ампул. Радон – мощный источник альфа-частиц, если в ампулу с газом поместить бериллиевую пудру, то за счет реакции



получится источник нейтронов. Правда, источники Трабакки излучали не только нейтроны, но и гамма-кванты. Поэтому в комнате, где облучался образец, измерять его было нельзя. Экспериментатор брал образец и бегом нес его в измерительную лабораторию, находившуюся в конце длинного коридора. Естественно, эту важную часть опытов поручали самому молодому сотруднику – то есть Бруно. Он потом не раз вспоминал, сколько километров пришлось набегать по коридорам здания на виа Панисперна, 10, где находился Институт физики Ферми.

К 1934 году группа Ферми облучила более 60 элементов, и у 40 нашли наведенную искусственную активность. Но никакого точного измерения активности не проводилось. Все делалось чисто качественно, просто фиксировалось: большая, средняя или малая активности. Нужен был какой-то эталон, мера активности. Чтобы добиться количественных результатов, образцам была придана форма маленьких полых цилиндров одинаковой величины, внутри которых можно было поместить стеклянную ампулу с источником нейтронов. Поскольку нейтроны из ампулы летели во все стороны, такая геометрия опыта позволяла облучить цилиндр как можно лучше. Кроме того, счетчик Гейгера был тоже цилиндрической формы, и цилиндр облученного вещества просто надевался на счетчик.

Однако возникали странные проблемы. Например, в сентябре 1934 Эдоардо Амальди обнаружил новый радиоизотоп алюминия с периодом полураспада 2,3 минуты. Но когда через несколько дней опыт повторили, никакой активности обнаружено не было. Положение усугубилось тем, что Ферми успел рассказать об этом эффекте на международной конференции. Получилась очень неприятная ситуация. Ферми решил всерьез изучить эту проблему и дал задание Амальди и молодому Понтекорво разобраться с возникшими странностями.

В качестве эталонного образца для облучения Амальди и Понтекорво выбрали небольшой серебряный цилиндр. Стали проводить первые опыты. Измерения шли хорошо, однако выявился досадный нюанс. Степень наведенной активности образца серебра странным образом зависела от стола (!), на котором проводился опыт. Серебро, облученное на деревянном столе, показывало несколько большую активность, нежели при облучении на мраморном столе. Такие мелкие нестыковки постоянно возникают в ходе экспериментальных работ. Что-то где-то ведет себя не так, как предполагает экспериментатор, и зачастую вопрос о происхождении этих нестыковок замечается под ковер и серьезно не изучается. Однако Ферми дал указание детально разобраться, есть ли вообще такой эффект и в чем его причина.

Амальди и Понтекорво поступили классически: чтобы отделаться от непонятных эффектов окружающей среды, надо ее изолировать, свести ее влияние к минимуму. Для этого сделали свинцовый домик со стенками 5 см толщиной – ласково названный «castelletto» (маленький замок) – и стали облучать образец внутри домика. Причем отделили источник нейтронов от облучаемого серебряного цилиндрика и измеряли наведенную в нем активность в зависимости от расстояния. Ожидалось, что она должна падать как квадрат расстояния  $R$  между источником и образцом. Именно такую картину давали опыты без «кастеллетто», когда источник и образец размещались на обычном столе. Однако записные книжки Э. Амальди зафиксировали 18 октября 1934 г. удивительный результат: цилиндр внутри «кастеллетто» обретал одну и ту же активность, независимо от расстояния до источника [10, 13]. Если на открытом столе относили цилиндр на 20 см, то его активность сильно падала, практически исчезала. В «кастеллетто» этого не происходило. Казалось, в свинцовом боксе закон  $1/R$  переставал работать!

Разетти в этот результат просто не поверил, Ферми особого интереса не проявил, но велел продолжить эксперименты [15].

Сейчас мы понимаем, что причина была в том, что перерасеяния нейтронов внутри свинцового домика создавали практически однородное нейтронное поле. Но тогда общая мысль была проста: раз что-то случается в свинцовом домике, наверное, это что-то связано со свинцом. Естественное желание – изучить, как свинец влияет на активацию.

Для этого решили сделать свинцовый клин толщиной 5 см, поставить его между источником и серебром и посмотреть, что будет. Интуиция подсказывала, что наведенная активность должна упасть. Все-таки свинцовый клин – какое-то препятствие, нейтроны должны в нем поглощаться.

Измерения должны были сделать утром 22 октября 1934 г. Однако, когда Ферми пришел в лабораторию, оказалось, что почти все сотрудники были заняты приемом экзаменов у студентов и только Энрико Персико стал единственным свидетелем произошедшего открытия. Как потом рассказывал Ферми [16], он долго обрабатывал заготовку свинца на токарном станке, чего обычно не делал. Почему-то ему совсем перестала нравиться идея поставить свинцовую преграду, и он всячески оттягивал начало проведения опыта. В какой-то момент он окончательно понял, что не хочет ставить свинец, и поставил в качестве экрана кусок парафина толщиной в 4 см. Сделал он это совершенно импульсивно, без какого-то обоснования или предварительного размышления.

На удивление оказалось, что парафин не уменьшал наведенную активность, а увеличивал! Увеличение было не очень большим, на фактор 1,8–1,9, но вполне отчетливым. Ферми с Персико сделали ряд повторных измерений – эффект четко наблюдался. Тут были вызваны все сотрудники группы Ферми, стали оживленно обсуждаться различные варианты, что теперь можно попробовать. Но Ферми пресек дискуссию знаменитой фразой: «Andiamo mangiare!» (говорят, так же Ферми реагировал при запуске первого ядерного реактора в 1942 г.).

Этот перерыв, который, как вспоминает Амальди [13], длился два часа, весьма интересен как пример того, что надо делать для совершения эпохальных открытий: меньше активности, больше мысли. Как важно подчас удержаться от немедленного действия и задуматься над происходящим! Выбрать кажущееся ничегонеделание вместо активного, но хаотичного действия.

Когда все вернулись в лабораторию, Ферми четко изложил возможное объяснение: нейтроны, проходя через парафин, в котором много ядер водорода, эффективно замедлялись за счет упругого рассеяния на ядрах водорода. Сечение взаимодействия нейтронов с веществом резко растет по мере уменьшения их энергии. Поэтому нейтроны, замедленные в парафине, наводили гораздо большую активность в серебряном цилиндре, чем быстрые нейтроны, облучавшие образец без парафиновой прослойки. Важно, что замедление лучше всего происходит именно на легких ядрах, когда масса ядра-мишени сравнима с массой нейтрона. Если бы Ферми поставил свинцовый клин, то никакого эффекта он бы не заметил.

Если все это верно, то простейшим способом проверки являлось бы погружение источника и образца в воду. Что и было немедленно сделано. На территории Института был бассейн, где находчивые экспериментаторы и произвели *experimentum crucis*. Активность возросла в сотни раз!

Уже вечером 22 октября вся группа собралась в доме Амальди и за один вечер написала историческую работу [17]. Как вспоминает Э. Сегре [18]: «Ферми диктовал, я записывал, а Понтекорво, Амальди и Разетти разгуливали по комнате и комментировали написанное, причем все говорили одновременно. Стоял такой шум и неразбериха, что потом горничная спросила у хозяйки дома, скромнейшей и тишайшей Джинестры Амальди, не навеселе ли были гости? Джинестра работала в редакции *Ricerca Scientifica*, поэтому наша статья была доставлена в редакцию журнала уже на следующее утро».

Так обычно описывают эти события в учебниках и биографиях. О них даже снят художественный фильм *Ragazzi di via Panisperna*. Там есть хороший кадр, когда радиоактивный источник и образец опускают в бассейн, слышен бешеный стук счетчика Гейгера, а мимо беззаботно проплывает золотая рыбка.

Создается обманчивое впечатление необычайной легкости: утром случайно взяли правильный клин, потом подвернулся бассейн с золотыми рыбками – и вот оно, открытие века! Однако если внимательно посмотреть на фото экспериментального журнала (опубликованного, например, в [19]), то видно, что Ферми делал свои записи еще 20 октября. Сама историческая статья [17] посвящена не только обнаружению факта увеличения наведенной активности при облучении в парафине. В статье описаны и результаты целого ряда контрольных опытов. Было выяснено, что:

- Радиевый источник без бериллия эффекта не дает. То есть эффект вызывают именно нейтроны, а не гамма-кванты, которые испускает чисто радиевый источник. Это очень важно для правильной интерпретации явления.
- Вода НО создает такой же эффект, как и парафин, но это происходит за счет наличия в воде водорода, а не кислорода. Для доказательства заменили водород на натрий, но опыт с  $\text{NaNO}$  увеличения активности не дал.
- Кроме серебра, эффект наблюдается для меди и йода. Хотя в кремнии, цинке и фосфоре заметного увеличения активности не наблюдается.

Вряд ли это все было сделано за полдня 22 октября. Вполне может быть, что для опытов использовали обычное ведро с водой. Хотя бассейн с золотыми рыбками, никто не спорит, намного эффективнее.

Обидно другое: при описании исторических открытий, как правило, не замечают черновую работу экспериментатора по постановке контрольных опытов и отсечению других возможных объяснений. Но именно в этом и состоял фирменный стиль группы Ферми, который Бруно пронесет через всю жизнь. Много раз его сотрудники будут удивляться, как в случае кажущегося открытия, когда все вокруг требовали начать писать статью и почивать на лаврах, Бруно настаивал на проведении контрольных опытов, которые порой приводили к исчезновению эффекта.

Интересно вспоминает об этом открытии сам Бруно [20]:

«Когда мы спросили Ферми, почему он поставил парафиновый, а не свинцовый клин, он улыбнулся и насмешливо произнес: “C.I.F. – Con Intuito Fenomenale!”... Было бы неправильно, если у читателя вследствие этой бравады создалось впечатление, что Ферми нескромен... Когда после обеда в тот знаменательный день он возвратился в институт и объяснил нам этот эффект парафина, введя понятие о замедлении нейтронов, то совершенно искренне сказал: “Как глупо, что мы открыли явление случайно и не сумели его предсказать”».

Известный итальянский физик Антонио Зикикки как-то сказал про Этторе Майорана – выдающегося теоретика, который тоже был членом группы Ферми [21]:

«Майорана принадлежал к разряду типичных сицилианцев, которые, когда в чем-то разбираются, вместо того чтобы радоваться, начинают огорчаться тому, что они не смогли додуматься до этого три часа назад, или три дня назад, или три месяца назад».

Видно, что хотя Ферми был родом из Рима, «типичные сицилианские настроения» у него тоже возникали.

Тайминг открытия замедления нейтронов выглядит совершенно фантастическим:

- 20 октября – Ферми меняет свинцовый клин на парафиновый.
- 21 октября – проводят дополнительные опыты.
- 22 октября – пишут статью.
- 23 октября – выходит журнал со статьей.
- 26 октября – подается заявка на итальянский патент № 324 458.

Можно все что угодно говорить про веселый смех и гульбу в доме Амальди, но все действия группы Ферми выполнены настолько четко и профессионально, что являются образцом для подражания.

История открытия замедления нейтронов преподавала еще один важный урок: это открытие стало одним из первых примеров практического применения ядерной физики. Дело в том, что когда Ферми рассказал директору Института Физики Орсо Марио Корбино о новом эффекте, тот предложил немедленно его запатентовать. Бруно пишет [20]: «И сейчас не могу забыть искреннего, сердечного, детского смеха Ферми при намеке Корбино на то, что работы, о которых шла речь, могли иметь практическое значение».

Однако прав оказался именно директор Корбино, а не гениальный физик Ферми. Замедление нейтронов, которое усиливало наведенную радиоактивность в сотни раз, имело огромное значение для практических применений. Именно этот эффект сейчас работает в ядерных реакторах для получения электричества, используется в приборах нейтронного каротажа для поиска нефти, играет ключевую роль для ядерных вооружений. Простенькие настольные эксперименты физиков в прямом смысле изменили историю человечества, поскольку эффект, открытый в этих опытах, позволил через несколько лет создать атомную бомбу.

Бруно в своих статьях потом не раз приводил открытие замедления нейтронов как пример того, что фундаментальные исследования обязательно дадут важные практические применения.

Необходимо подчеркнуть, что Бруно не просто обнаружил эффект «кастеллетто», но и принял самое активное участие в изучении феномена замедления нейтронов. За 1934–1935 г. он стал соавтором семи статей по этой теме. Дотошные историки обратили внимание, что если в ключевой работе [17] первым автором значится Ферми, в последующих авторы идут по алфавиту, то потом появляется статья, где есть только один автор – Б. Понтекорво [22]. Это очень любопытное свидетельство о нравах внутри научного коллектива тех лет. Считается, что коллектив Ферми был прообразом современной экспериментальной группы. То есть впервые люди разных профессий и склонностей – химики, физики-экспериментаторы и физики-теоретики – объединились для решения одной научной проблемы. Обычно каждая статья подписывается всеми участниками коллаборации. В группе Ферми было два полных профессора, а Бруно тогда имел статус временного ассистента (что-то вроде современного лаборанта), и в группе его звали Il Cucciolo, что в мягком переводе означает – Малыш, в жестком – Щенок. Часто вам приходилось сталкиваться с тем, чтобы профессора давали лаборанту («щенку») единолично публиковать работу, выполненную по их теме и на их оборудовании?

Вообще, опыты по искусственной радиоактивности и их результаты были неожиданны не только для

физической общественности, но и для самого Ферми. Понтекорво в своих лекциях вспоминал, что в 1934 г. Ферми считал, что физика закончена, ничего интересного открыто больше не будет и осталось только сделать несколько скучных расчетов [23]. Тема «конца физики» или «конца экспериментальной физики высоких энергий» время от времени возникает, и поэтому интересно, как к этому относился Бруно:

«Даже сейчас есть люди, которые говорят что-то подобное, говорят о какой-то пустыне области высоких энергий, где ничего нового произойти не может. Но я не верю в это. Я не верю в то, что исчезнут физические проблемы. И не поверю, даже если увижу»[23].

Итак, вместо ожидавшегося «конца физики», в 1934 г. были сделаны неожиданные открытия, которые дали человечеству ядерную энергию, а Ферми в 1938 г. получил Нобелевскую премию.

Любопытно, что экспериментаторы группы Ферми могли сделать еще одно выдающееся открытие – увидеть деление урана. В 1935 г. они облучали медленными нейтронами уран с парафином и без него. Хотели проверить, вызывает ли такое облучение испускание альфа-частиц с высокой энергией. Поскольку уран сам по себе излучает альфа-частицы с небольшой энергией, чтобы убрать этот фон, перед счетчиком ставили алюминиевую фольгу. Она должна была давить фон, но в результате подавила новый физический эффект: осколки деления не могли пройти через эту фольгу. Если бы ее не было, то ядра-осколки давали бы сильные импульсы ионизации. Четыре года спустя Отто Ган и Фриц Штрассман заявили об обнаружении деления урана, точно так же облучая уран медленными нейтронами. Бруно, вспоминая об этом эпизоде, пишет [10]:

«Не раз в 1939 г. и позже сотрудники Ферми обсуждали случай со “зловредной” алюминиевой фольгой и задумывались над вопросом: “Допустим, что мы в 1935 г. наблюдали большие импульсы ионизации от урана: сумел бы Ферми понять явление, т. е. открыть деление?”».

Сейчас на виа Панисперна, 10 находится некоторое полицейское учреждение ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/4](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/4)), вход с улицы преграждает решетка, и посмотреть знаменитый фонтан, где был выполнен эксперимент Ферми, не удастся.

Когда мы снимали фильм о Бруно Понтекорво и приехали на улицу Панисперна, то долго не могли найти этот дом. Тогда стали спрашивать у нескольких владельцев местных магазинчиков и кафе, где находится Институт Ферми. К нашему удивлению, все они знали, кто такой Ферми, и четко направляли нас в правильное место.

#### 4. Работа с Жолио-Кюри

Работая с Жолио, невозможно было не быть его другом...

За свои исследования с нейтронами Бруно получил грант от Министерства образования для проведения исследований за рубежом и 29 февраля 1936 г. приехал в Париж для работы в Институте радия. Он остановился на площади Пантеона в уютном отеле с симпатичным названием Des Grands Hommes. Этот отель был знаменит тем, что в нем Андре Бретон и Филипп Супо в 1919 г. обнародовали манифест сюрреалистов с интересным названием «Магнитные поля».



**Рис. 4-1.** Отель Des Grands Hommes (фото автора).

Институт радия, в котором предстояло работать Бруно, располагался совсем рядом с отелем. Руководили им Фредерик Жолио и его жена Ирен Кюри. Знакомство с Жолио сыграло очень большую роль в жизни Бруно. Он считал Жолио своим вторым учителем, после Ферми.

В архиве Бруно сохранился текст его выступления, посвященного 75-летию Жолио-Кюри [24]. Он выделяет два качества Жолио как ученого:

«...могучая научная фантазия и, как говорят итальянцы, *spreguicatezza* (беспринципность) – способность признавать возможным даже самый невероятный и странный факт. Именно благодаря этим качествам Фредерику Жолио в сотрудничестве с Ирен Кюри, критический ум которой иногда служил здоровым антиподом энтузиазму мужа, удалось открыть явление искусственной радиоактивности (отмеченное Нобелевской премией), несмотря на то, что в их распоряжении имелись менее значительные экспериментальные средства, чем те, которыми располагали ученые Америки и Англии. Можно даже сказать, что в Америке и Англии явление искусственной радиоактивности наверняка наблюдалось, но не было открыто из-за отсутствия этой способности, которой обладал Жолио, – считать возможным самое невероятное».

Я думаю, что Бруно не случайно выделяет эту важную особенность физика-экспериментатора – непредвзятость, способность считать возможным самое невероятное. И, как следствие, с уважением и вниманием относиться к любым экспериментальным результатам. Особенно если они не сходятся с твоими ожиданиями. История с зависимостью результата от стола, на котором проводились измерения, стала хорошим уроком для молодого ученого. Нобелевское открытие было сделано именно благодаря внимательному отношению и желанию разобраться в любых мелочах поведения экспериментальной установки. Общение с Жолио закрепило эту практику. В дальнейшем мы увидим много проявлений этого качества Бруно. И в истории с первым нейтринным экспериментом в СССР, и в ситуации с реакциями Понтекорво.

Что касается человеческих качеств, то Бруно отмечает: «Одной из самых замечательных черт Жолио был какой-то изумительный дар поднимать дух каждого, кто обращался к нему: даже самые обескураженные неудачами сотрудники после разговора с Жолио уходили от него уверенными и полными надежд. Жолио завоевывал сердце всех, кто работал с ним. Как-то я заболел оттого, что вдохнул пары ртути во время одного из опытов, проводимых в лаборатории. Жолио добился того, чтобы меня лечили в знаменитом институте Пастера, куда не так легко попасть» [24].

Жолио любил спорт, горные лыжи, рыбную ловлю, парусные гонки. Один из его сотрудников открыл школу джиу-джитсу. Чтобы помочь ему привлечь клиентов, Жолио стал тоже заниматься джиу-джитсу. Сразу же пошли рекламные статьи и фотографии, что лауреат Нобелевской премии не мог бы никогда чувствовать себя в

такой превосходной форме, если бы не занимался джиу-джитсу.

Очень любил теннис. «Играл он хорошо – на уровне примерно советских игроков первого разряда. Надо сказать, что и к этому виду спорта он относился весьма ревниво, и ему совсем не нравилось проигрывать...» [24] – Бруно тактично умалчивает, кому проигрывал Жолио.

«Семья Жолио-Кюри была необычайно простой, приветливой, исключительно дружной, хотя (а может быть, как раз потому что) Фредерик и Ирен были очень разные по характеру люди. Она – застенчивая, немногословная, он – мастер рассказывать разные истории, не прочь «послушать себя», типичный француз. Мне приходит на память такая сцена. На одном из семинаров в лаборатории Жолио его жена Ирен сидит рядом с ним, обеспокоенная здоровьем мужа, который непрерывно курит. Она несколько раз выхватывает у него изо рта сигарету и выбрасывает ее, а он как будто невозмутимо закуривает новую. Это продолжается до тех пор, пока Фредерик, полный гнева, не пересаживается на другое место» [24].

В 1990 году Бруно дал интервью итальянскому историку науки Р. Вергара Каффарелли, в котором он сравнивает Жолио-Кюри с Ферми [25].

«Жолио-Кюри сильно отличался от Ферми – но не пишете об этом – как физик он был значительно слабее, но это был человек, который заражал энтузиазмом молодежь, чем Ферми особо не занимался».

В этой маленькой ремарке – «но не пишете об этом» – тоже отражается характер Бруно. Он был исключительно тактичным и (почти забытое сейчас слово) благородным человеком. Однако Каффарелли все равно привел эту характеристику Жолио в полном объеме.

## 5. Изомерия

После того как в 1935 г. Жолио получил Нобелевскую премию по химии, он открыл кафедру ядерной химии в Коллеж де Франс. В новую лабораторию он набрал сотрудников из разных стран, включая австрийца Ханса фон Халбана, русского Льва (Лео) Коварского, а также французов Пьера Оже и Бертрана Голдшмидта. Эти коллеги Бруно в будущем сыграют большую роль в его жизни. С началом Второй мировой войны они разлучатся, судьба сведет их вместе через несколько лет по другую сторону Атлантического океана, в Канаде. Однако в 1936 г. они работают в одной лаборатории, но над разными проблемами: группа Жолио интенсивно занимается экспериментами для создания атомной бомбы, а Бруно получает от Жолио тему по ядерной изомерии – чисто фундаментальную задачу ядерной физики. Впоследствии Бруно не раз говорил журналистам, что он никогда не работал над атомной бомбой: ни на Западе, ни на Востоке, ни в Китае. И во Франции он действительно не занимался этой проблематикой. Это делали его коллеги.

Сейчас сочетание «радиоактивные изотопы» стало нам привычным, школа должна была нас научить, что изотопы – это ядра с одинаковым зарядом, то есть с одинаковым числом протонов, но с разным числом нейтронов. Массы изотопов – разные. А есть еще изомеры – ядра с одинаковой массой, у них одинаковое число и протонов, и нейтронов. Удивительно, что тем не менее ядерные системы с одинаковым числом протонов и нейтронов могут отличаться друг от друга. Например, иметь разные периоды радиоактивного распада или существенно разное время жизни.

Один из первых изомеров был открыт группой И. В. Курчатова в Ленинграде. Курчатов вслед за Жолио-Кюри и Ферми изучал искусственную радиоактивность, наводимую нейтронами в разных веществах. В 1935 г. он обнаружил, что при облучении Вг нейтронами образуется изотоп Вг, имеющий два периода полураспада 17,7 минуты и 4,4 часа, что соответствовало бета-распадам из основного и изомерного состояния. Но почему ядра с одинаковым набором протонов и нейтронов ведут себя по-разному – это оставалось загадкой.

Для объяснения феномена изомерии в 1936 г. К. Вайцзеккер предположил, что ядра-изомеры образуются в разных энергетических состояниях: одно – в основном, а другое – в возбужденном. Если угловые моменты основного и возбужденного состояния сильно отличаются (на несколько единиц), то переход из возбужденного состояния в основное путем излучения  $\gamma$ -квантов оказывается сильно подавленным. Поэтому радиоактивный бета-распад происходит либо из основного состояния с одной вероятностью, либо из возбужденного состояния – с другой вероятностью. Поэтому мы видим испускание электронов с двумя различными временами полураспада.

Для подтверждения этой гипотезы не хватало одного: надо было бы напрямую обнаружить переходы из возбужденного состояния в основное. То есть увидеть  $\gamma$ -кванты с фиксированной энергией перехода. Основная трудность состояла в том, что вероятность таких переходов была достаточно мала.

Как бы стал решать эту задачу среднестатистический экспериментатор? Вероятность гамма-перехода мала – значит, надо взять больше гамма-детекторов, увеличить время набора статистики и т. д. Бруно же решил эту задачу парадоксально: не надо смотреть за гамма-квантами! Надо искать электроны внутренней конверсии.

Дело в том, что переход ядра из возбужденного состояния в основное может осуществляться не только за счет испускания  $\gamma$ -кванта. Энергия перехода может передаваться непосредственно электрону атомной оболочки. В результате этого явления испускается не  $\gamma$ -квант, а так называемый конверсионный электрон, кинетическая энергия которого равна разности между энергией ядерного возбужденного состояния перехода и энергией связи электрона на той оболочке, с которой он был испущен.

Понтекорво предположил, что при сравнительно малых энергиях перехода вероятнее будет испускание не  $\gamma$ -кванта, а электронов внутренней конверсии. Если это так, то должны наблюдаться электроны с четко фиксированной энергией. Обычный бета-распад – это испускание электрона с некоторым непрерывным спектром. Бруно же предсказал, что в энергетическом спектре электронов от изомеров должны наблюдаться узкие линии. Он сделал это в своем выступлении на Международном конгрессе, организованном Жолио в 1937 г. в Palais de la Decouverte в Париже [26]. Интересно, что независимо от Понтекорво к такой же идее пришел и И. В. Курчатов.

Для экспериментальной проверки своей гипотезы Бруно выбрал изотоп родия Rh. Причина, как писал Бруно [27], состояла в том, что с образцом родия он набегал более 100 километров по коридорам на виа Панисперна и хорошо знал, что при облучении медленными нейтронами у родия появляются две активности с периодами полураспада в 44 секунды и 4,2 минуты. В группе Ферми активность родия с периодом полураспада в 44 секунды использовали как индикатор активности, наведенной за счет облучения медленными нейтронами. Бруно верил, что появление двух активностей – это признак изомерии. Эксперименты, сделанные на простой аппаратуре – радон-бериллиевый источник нейтронов, тонкая родиевая мишень и тонкостенный счетчик Гейгера – Мюллера – подтвердили это предположение.

Примечательно, что счетчики Бруно делал сам. Об этом в своих воспоминаниях пишет З. В. Ершова, которую в 1935 г. советское правительство послало в лабораторию Кюри на стажировку [28]. Она вспоминает, как встретила там Понтекорво и он подарил ей счетчик Гейгера – Мюллера собственного изготовления.

Другое замечательное открытие Бруно – существование ядер-изомеров, стабильных относительно бета-распада. В обычном бета-распаде из ядра вылетает электрон, а в распадах таких изомеров испускаются не электроны, а гамма-кванты. Жолио назвал это явление «ядерной фосфоресценцией». Обычная фосфоресценция состоит в том, что некоторые вещества после облучения их светом начинают светиться. Происходит это из-за того, что световое облучение переводит электроны атома на высшие энергетические уровни, а снятие возбуждения идет через различные метастабильные состояния с большим временем жизни. То есть высвечивание может длиться

довольно долго. Ровно такой же эффект возникает у изомеров после облучения нейтронами или гамма-квантами, у них снятие возбуждения может происходить через попадание в метастабильное состояние с большим временем жизни. Вещество начинает после возбуждения светиться в диапазоне жестких гамма-квантов, причем такое высвечивание может тоже длиться долго и по ядерным, и по обычным временам. Бруно увидел это явление облучая  $\text{In}$  рентгеновскими квантами с энергией 3 МэВ. Типичное время жизни ядерного возбуждения составляет 10–100 секунд, а в индии период полураспада возбужденного состояния оказался 4,5 часа!

Такой красивый эффект понравился Ферми. Он прислал поздравление с интересным результатом, чему Бруно очень обрадовался. До этого у него было подозрение, что он интересен Ферми только как партнер по теннису [8].

Важное замечание сделал биограф Бруно Дж. Фидекаро [29]. Он говорил, что в Риме Бруно был учеником, а работа в Париже сделала его настоящим ученым. Конечно, роль Бруно в открытии эффекта замедления нейтронов значительна. Но все-таки тогда он был начинающим физиком, который хорошо справился с порученной задачей, – увидел необычный инструментальный эффект и не прошел мимо. Однако работы по изомерии – это проверка своих собственных физических идей. Можно сказать, что как самостоятельный ученый Понтекорво начался именно с работ по изомерии. Причем тут сразу проявилась особенность его таланта: он не только выдвигал идеи, но и проверял их экспериментально.

Впоследствии в своей автобиографии [8] Бруно с гордостью писал:

«Я предсказал существование стабильных (относительно бета-радиоактивности) ядерных изомеров и экспериментально нашел (1938 г.) первый пример: кадмий, возбужденный быстрыми нейтронами. Я предсказал, что переходы между изомерами в общем должны иметь очень большие коэффициенты внутренней конверсии, и независимо, но несколько раньше Г. Сиборга и Э. Сегре занялся поиском и нашел (1938 г.) на примере родия, а также в других случаях радиоактивные ядра нового типа, в том смысле, что они распадаются, испуская монохроматическую линию электронов вместо обычного непрерывного бета-спектра. Наконец, совместно с А. Лазардом мне удалось получить (1939 г) бета-стабильные изомеры (Ини другие) путем облучения стабильных ядер непрерывным спектром рентгеновского излучения высокой энергии (3 МэВ)».

Чувствуется, как в этих строках сквозит законная гордость выполненной работой.

Надо сказать, что, как и в случае открытия замедления нейтронов, Бруно повезло стоять у истоков целого научного направления. Он обнаружил только несколько самых первых изомеров, сейчас число таких ядер исчисляется десятками тысяч. Обнаружены изомеры, чей возраст даже превышает возраст Вселенной!

Как мы увидим при дальнейшем рассказе о научной биографии Понтекорво, штамп «повезло стоять у истоков» придется употреблять много раз. Где-то, действительно, был элемент случайности (история с замедлением нейтронов), но, в основном, это следствие оригинальности мышления Бруно как физика.

Несколько слов про источник рентгеновского излучения 3 МэВ. Бруно работал в лаборатории, которая находилась в пригороде Парижа Иври. Жолио трансформировал ее из заброшенной фабрики. Там был собран передовой для своего времени ускоритель – импульсный генератор Ван де Граафа. В отличие от лабораторных опытов на столе в Риме, Бруно впервые столкнулся с аппаратурой, на которой, как он писал [27], можно было даже отрабатывать альпинистские навыки. Бруно говорил, что вся обстановка в Иври сильно напоминала декорации фантастического фильма. От генератора летели двухметровые молнии, и каждый импульс сопровождался жутким грохотом [27]. Видно, что с техникой безопасности у Жолио были явные проблемы.

За работы по ядерным изомерам Бруно получил премию Кюри – Карнеги, и это позволило ему оставаться в лаборатории Жолио до 1940 г.

## 6. Антисемитские законы Муссолини

Официально с 1934 г. Понтекорво числился ассистентом в Институте физики Королевского университета в Риме. Это была временная позиция, которая каждый год возобновлялась. В мае 1937 г. ее решено было перевести в разряд постоянных позиций, и был объявлен конкурс на замещение должности [14]. У Бруно возник реальный шанс получить постоянное место работы. Но для этого ему надо было вернуться в Италию Муссолини. В самый разгар торжества фашизма. Наверное, это был его первый сложный жизненный выбор, который он сделал, сообразуясь со своими политическими убеждениями, – Бруно не стал участвовать в конкурсе, не поехал в Рим и остался с временным контрактом, но в свободном Париже. Жизнь показала, что он поступил правильно.

14 июля 1938 г. правительством Муссолини был принят расистский антисемитский закон. Он запрещал евреям занимать любые государственные должности, например, преподавать в школах или в университетах. Запрещались смешанные браки. Евреям нельзя было иметь компании, в которых больше 100 сотрудников.

В свидетельстве о рождении Бруно появляется позорный штамп «Razza ebraica» ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/6](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/6)).

Эти антисемитские законы привели к сильнейшим последствиям для семьи Понтекорво. Все взрослые дети Массимо эмигрировали. Гвидо уехал в Эдинбург заниматься биологией. Вместе с ним в Англию эмигрировали Джованни, Лаура и Анна. Паоло уехал в США заниматься инженерной деятельностью. Джулиана вместе со своим мужем Дуччио Табетом эмигрировала в Швейцарию. Поскольку государственные заказы перестали поступать, отец Бруно вынужден был продать фабрику венецианскому негодяю Марзотто. Родители Бруно переехали в Милан.

Для Бруно стало ясно, что его выбор в 1937 г. был правильным. Возврат в Италию не дал бы ему никаких перспектив, тем более что Ферми тоже эмигрировал в США. Бруно остался в Париже, где позже к нему присоединился брат Джилло.

## 7. Коммунистические идеи

На фоне фашистских режимов окружающих стран Франция 30-х годов была землей обетованной для всех демократических сил. В июне 1936 г. впервые в истории Франции премьер-министром был избран социалист Леон Блюм. Был создан Народный фронт – коалиция левых политических партий, включающая социалистов и коммунистов. Министром науки и исследований назначена Ирен Кюри. Она стала первой женщиной во Франции, которая получила министерский пост.

В своих воспоминаниях Бруно отмечает, что именно в Париже он впервые познакомился с рабочим движением и коммунистическими идеями. Если в Пизе рабочие появлялись в доме Понтекорво только в исключительных случаях, в Риме физика поглощала все и Бруно не пересекался с этими слоями общества, то в Париже студенты, профессора и рабочие сидели в одних и тех же бистро бок о бок.

В Институте радия тоже было все совсем по-другому, нежели в группе Ферми, который жил под девизом «я физик, я вне политики». Большинство сотрудников и сам Жолио придерживались левых взглядов и активно их пропагандировали. Как писал Бруно [31]:

«В это время во Франции физическая общественность, как я понял через несколько месяцев, была разделена на два довольно антагонистических лагеря: “левая” физика с якобинскими традициями, ассоциировавшаяся с именами Перрена, Кюри, Ланжевена, Жолио, Оже, и “правая” физика, ассоциировавшаяся с именами князя Мориса де Бройля, Луи де Бройля, Лепренса-Ренге. Поскольку я работал у Жолио, я автоматически попал в общество физиков первого лагеря. По вторникам, в 18 часов, физики первого лагеря собирались на “чай у Перрена”, в Лаборатории химии и физики, директором которой был старейшина физиков, лауреат Нобелевской премии Жан Перрен».

Интересно рассказывает об этом времени Джилло Понтекорво [32]:

«Для меня это (приезд в Париж) был важный опыт, поворотный момент в моей жизни. Я приехал из Италии, где в каждом баре висел плакат “Здесь не говорят о политике или о высоких материях”. Я понятия не имел о том, что такое демократия. Мне повезло, что было много эмигрантов и Бруно, от которых я многому научился.

Я увидел, что мир может быть намного более увлекательным и красивым, чем мы знали его в Италии. И, возможно, нам не хотелось знать что-то другое, поскольку сила фашизма заключалась в том, чтобы держать людей в полном невежестве, поэтому вы даже не хотели понимать других вещей. Во Франции мне было очень важно общение с молодыми учеными, которые вели активную культурную деятельность. Фактически они дискутировали каждый день до поздней ночи. У них также было повальное увлечение кино. Они часто посещали кинозал, в котором демонстрировались фильмы артхаус, и часами обсуждали эти фильмы».

Как это совпадает с тем, что пишет об этом времени в Париже знаменитый шансонье Шарль Азнавур [33]:

«В 1936 г. коммунистическая партия организовывала пикники, на которых Вальдек Роше всякий раз выступал с небольшой речью. В моде были русские фильмы. Их по два сеанса показывали каждое воскресенье в театре “Пигаль”. Мы приносили с собой плетеные корзинки, полные провизии и напитков, и смотрели фильмы “Максим”, “Юность Максима”, “Броненосец Потемкин”, “Ленин в Октябре”, “Стачка” и другие, без сомнения, агитационного характера. Но мы не задумывались над этим, нас больше всего интересовала игра актеров. То были времена веры в советский рай, дававший надежду на новую жизнь, где все пели революционные песни...»

В Париже Понтекорво интенсивно общается со своим кузеном Эмилио Серени. Этот очень интересный человек сыграл в жизни Бруно немаловажную роль. Туркетти утверждает [5], что именно Эмилио Серени убедил Бруно переехать в Советский Союз. Эмилио Серени был двоюродным братом Бруно. Его мать Альфонсина приходилась сестрой отцу Бруно Массимо. Все детство Эмилио и Бруно провели вместе в Пизе. Затем их дороги на время разошлись. Бруно уехал в Рим. Эмилио увлеклась политическая деятельность. В 1929 г. он основал подпольную коммунистическую организацию, за что в 1930 г. был арестован и осужден на 15 лет тюрьмы. В 1935 г. был амнистирован и эмигрировал в Париж вместе с женой Ксенией, дочерью известного русского террориста Льва Зильберберга. Лев Зильберберг – участник боевой организации эсеров, был повешен в Петропавловской крепости в 1907 г за убийство петербургского градоначальника. Его жена Ксения Панфилова тоже состояла в боевой организации эсеров. После казни мужа эмигрировала с дочерью в Италию.

Эмилио Серени был очень нетривиальным человеком. Знал 11 языков, его библиография насчитывает 1071 работу. Бывший партизан и политзаключенный, стал министром в послевоенном правительстве Италии, а позже был избран сенатором.

Бруно признается Мафай [6], что до встречи с Эмилио в Париже у него на уме были только физика и теннис. Однако после бесед с Эмилио: «Я начал видеть то, что я раньше не замечал, и, прежде всего, приобрел убеждение, что каждый из нас должен что-то сделать, чтобы изменить мир. Я начал с интересом и энтузиазмом следить за тем, что происходит в СССР, где пролетариат находился у власти и шло строительство нового человека».

Итак, интерес к коммунистическим идеям возник у него как вполне естественное для молодого человека желание изменить мир к лучшему. Ключевые слова – «строительство нового человека». Об этом же говорил и Джилло Понтекорво в своем интервью для фильма о Бруно [9]:

«Бруно стал коммунистом потому, что верил в то, что коммунизм может создать Нового Человека. Лучшего, чем были люди ранее, и лучшего, чем те, что существуют сейчас. И многие итальянские интеллектуалы тоже в это верили. Например, я тоже был коммунистом. Мы думали, что общество, не разделенное на классы, может

создать Нового Человека. Это был основной элемент, который привел его к коммунизму, так же как и многих других итальянских интеллектуалов».

Джилло рассказал нам одну важную деталь, которая многое объясняет из того, что случилось потом в жизни Бруно. В 30-е годы передачи московского радио начинались с боя кремлевских колоколов. Бруно постоянно слушал эти передачи, и они так ему нравились, что порой он специально включал радио, чтобы только послушать бой кремлевских курантов. Теперь представьте себе человека, которому становится хорошо просто от звона кремлевских колоколов. Наверное, он будет совсем не прочь увидеть кремлевские башни вживую.

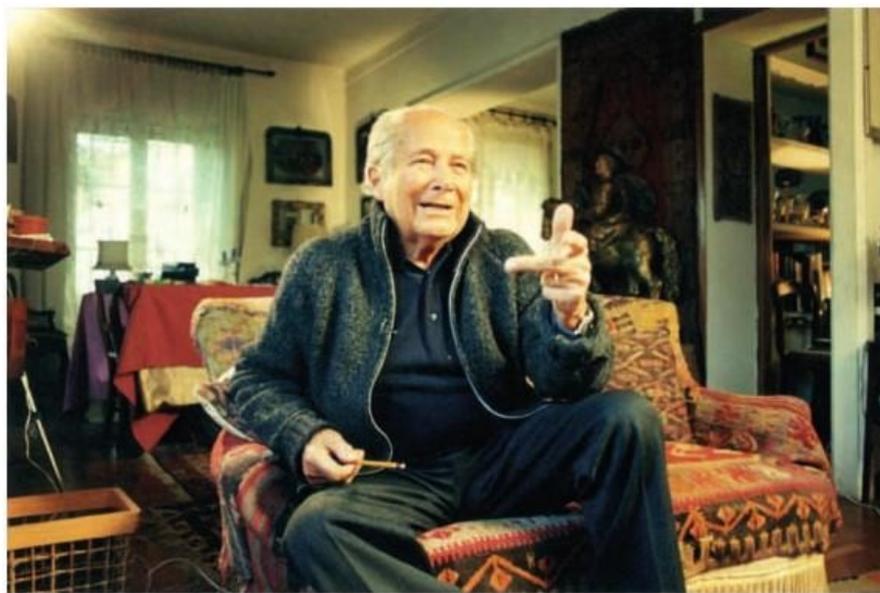
Стойкое положительное отношение Бруно к Советскому Союзу сложилось еще и в связи с гражданской войной в Испании. Он прямо говорил [6], что именно тогда надо было решить, на чьей ты стороне, и он сделал этот выбор на всю свою жизнь.

Мириам Мафай [6] приводит воспоминания друзей Бруно, знавших его в Париже, которые отмечали, что вера Бруно в светлое будущее коммунистического СССР носила просто религиозный характер. И это несмотря на то, что уже в те времена было многое известно о сталинском режиме и сталинских процессах. Дочь Эмилио Серени, Клара, утверждает, что даже формальное заявление о вступлении в компартию Бруно подал в 1939 г., когда стало известно о подписании пакта Молотова - Риббентропа. Тогда многие коммунисты стали сомневаться и задумываться, но Бруно демонстративно подчеркнул свое полное согласие с генеральной линией партии. Однако, как отмечали его друзья, в отличие от многих коммунистов Бруно уважал чужое мнение и не относился враждебно к людям, имеющим другие взгляды. Что было редкостью для большинства коммунистов, которые и во Франции жили по принципу - кто не с нами, тот против нас.

В Париже Серени познакомил Бруно с видными итальянскими коммунистами: Антонио Грамши - основателем партии, Луиджи Лонго - руководителем партизанского движения в годы войны, Джузеппе Дозза - главой коммунистической организации Болоньи и другими. В своем поздравлении Л. Лонго по случаю его 80-летия [34] Бруно вспоминал о нем, как о человеке, «который встретил меня и еще трех товарищей на бульваре Сен-Мишель, чтобы дать нам совет о том, как в данный момент мы должны проводить пропаганду среди итальянских эмигрантов. Более всего, сказал он нам, мы должны избегать догматизма и не замыкаться в себе. Что и было главным содержанием VII Конгресса Коминтерна и результатом удивительного успеха политики Народного фронта во Франции».

Интересно, что через много лет сын Луиджи Лонго будет учиться в МГУ на кафедре физики элементарных частиц, которой руководил Бруно.

Представление об аргументах, ходивших тогда среди прокоммунистической интеллигенции может дать книга Э. Серени «Марксизм, наука и культура», выпущенная на русском языке в 1952 г. [35]. Первое, что отмечает автор, - это успехи советской власти в деле ликвидации неграмотности.



**Рис. 7-1.** Интервью с Джилло Понтекорво, 2001 г. (фото автора).

«В царской России накануне Первой мировой войны было всего 285 дошкольных учреждений. В 1941 г. число детских садов с СССР достигло 23 000... В царской России существовало всего лишь 91 высшее учебное заведение. В 1946 г. количество высших учебных заведений в СССР достигло 792, где обучалось 653 тыс. студентов, что превышает количество студентов во всей капиталистической Европе... В то время как в США на нужды просвещения и образования расходуется менее 1 % федерального бюджета, в Англии - всего около 3 %, в Советском Союзе на нужды просвещения и образования идет 13 % всего государственного бюджета страны».

Я помню, что и Бруно, когда его спрашивали о главных достижениях коммунистической системы, прежде всего говорил о ликвидации неграмотности, индустриализации и победе над фашизмом.

## 8. Марианна

В Париже произошло другое важнейшее событие в жизни Бруно: он встретил девушку, которая стала его женой. Хелен Марианна Нордблом родилась в Сандвикене, Швеция. В Париж она приехала как гувернантка в семье богатого шведа, ей было восемнадцать лет, она закончила курсы машинописи и стенографии. В книге Клоуза [4], на основе сохранившихся дневников Марианны, детально прослежены их довольно нетривиальные взаимоотношения с Бруно. В дневниках зафиксировано, что она прибыла в Париж 15 сентября 1936 г., познакомилась с Бруно 12 ноября 1936 на танцах в клубе «Богема» на Монпарнасе. 4 января 1938 г. переехала жить с Бруно в отель Des Grands Hommes. Молодые жили настолько бедно, что придумали свое ноу хау – как сэкономить на питании. По утрам вместе с кофе употребляли очень сладкий французский пирог, настолько сладкий, что аппетит отбивало на целый день [36]. 30 июля 1938 г у Бруно и Марианны родился первенец, которого назвали Джиль (Gil). Потом ему объясняли такое необычное имя тем, что семья собиралась жить в разных странах и родители хотели назвать ребенка таким именем, которое хорошо звучало бы на разных языках. На что повзрослевший Джиль бурчал, что получилось имя, которое одинаково плохо звучит на всех языках [36].

Формально Марианна не была замужем, и ее виза заканчивалась через 6 недель после рождения сына. Когда виза закончилась, пришлось возвращаться домой в Сандвикен. Сына она взять не посмела, сдала в ясли. Бруно с ней съездил, познакомился с родителями и вернулся в Париж. В начале 1939 г. он опять попытался приехать в Швецию к Марианне, но не получил визу (!). В результате Бруно остался с годовалым ребенком на руках. Марианна вернулась в Париж 6 сентября 1939 г. Они поженились 9 января 1940 г. ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/7](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/7)).

Стоит задуматься, что переживала Марианна, когда должна была оставить шестинедельного ребенка и вернуться в свой маленький городок в статусе незамужней женщины. Многие потом отмечали ее замкнутость и стеснительность. Жена Ферми Лаура писала в своих воспоминаниях [37]: «Марианна была маленькая светловолосая женщина. Она выглядела необыкновенно молодо, просто не верилось, что у нее трое детей. Она сидела на краешке стула, и видно было, что она мучительно стесняется. Все мои попытки подружиться разбивались о ледяную скованность этой застенчивости. Она оттаяла только на одну минутку, когда я после обеда начала при ней складывать посуду в автоматическую посудомойку. Тут ее ясные голубые детские глаза загорелись интересом».

Конечно, в 1948 г., когда происходила эта встреча, у многих бы возникло удивление от посудомоечной машины.

## 9. Гонка за атомной бомбой

17 декабря 1938 г. Отто Ган и Фриц Штрассман обнаружили, что при облучении урана-238 медленными нейтронами появляются ядра бария, атомный номер которого 56. То есть уран можно разделить. Это ключевое открытие атомной эры означало появление целой серии новых возможностей.

Во-первых, процесс деления урана – одно из редких явлений в природе, при которых энергия не затрачивается, а наоборот, выделяется. Хорошо известный аналог такого явления – горение. Но если при горении освобождается энергия атомных электронов, то при делении урана выделяется энергия ядра, которая в миллионы раз больше.

Во-вторых, появилась возможность управлять процессом деления. В уране более 140 нейтронов, при делении часть из них соединяется в ядрах-осколках, но некоторые нейтроны просто освобождаются. Они могут взаимодействовать с другими ядрами урана, вызывая их деление. Перед исследователями в сороковых годах был очень важный вопрос: сколько возникает таких нейтронов? Если на каждый первичный нейтрон в акте деления возникнет 2 нейтрона, то в следующем поколении их станет 4, 16, 32 – процесс выделения энергии станет взрывом. Если же сделать коэффициент размножения нейтронов в районе 1, то процесс выделения энергии будет постоянным во времени – что и происходит на атомных электростанциях.

Группа Жолио-Кюри начала работу над исследованием эффектов деления сразу же после получения известия об открытии Гана – Штрассмана. Дело в том, что Ирен Кюри уже наблюдала появление каких-то легких ядер при облучении урана, но сочла это за ошибку эксперимента. Сейчас же исследования развернулись с удвоенной силой. В марте 1939 г. группа Жолио опубликовала в ведущем научном журнале Nature статью «Высвобождение нейтронов при ядерном взрыве урана», в которой обсуждали возможность возникновения цепной реакции.

В апреле 1939 сотрудники Жолио Х. фон Халбан и Л. Коварский показали, что при делении урана освобождается больше одного нейтрона. В мае 1939 г. Жолио-Кюри подал три патента на использование цепной реакции и на создание атомной бомбы. Сразу же пошли переговоры по закупке урана из тогдашней колонии Бельгии Конго.

Для увеличения вероятности взаимодействия нейтронов с ядром предложено было использовать ключевое открытие группы Ферми: при замедлении нейтронов вероятность их взаимодействия с веществом увеличивается. То есть уран надо было окружить каким-то замедлителем. В качестве замедлителя сначала выбрали обычную воду. Но быстро убедились, что она не годится, поскольку не только замедляла, но и поглощала нейтроны. Тяжелая вода – D<sub>2</sub>O, в которой водород замещен своим изотопом – дейтерием, была лишена этого недостатка.

В сентябре 1939 г. Нильс Бор публикует работу о том, что для осуществления цепной реакции лучше всего подходит уран-235.

В январе 1940 г. Жолио убеждает французское Министерство закупок, что необходимо выкупить весь дейтерий, который производила единственная в Европе компания Норск Гидро в Норвегии. В начале марта 1940 г. французские военные вывезли весь имеющийся запас тяжелой воды – 185 кг – в Париж. Жолио уже тогда сумел довести до правительственных кругов важность своих исследований и имел стопроцентную государственную поддержку. Однако разразилась война, стремительное наступление немцев смешало все планы. Жолио приказал фон Халбану и Коварскому перевезти тяжелую воду в Англию, а сам остался во Франции организовывать сопротивление. Бруно должен был поехать с фон Халбаном. Но английские власти не разрешили ему въезд. В книге Клоуза [4] приводится любопытная выписка из досье англичан на Бруно:

«Др. Понтекорво, сотрудник проф. Жолио, является не совсем благонадежным (“mildly” undesirable), может быть допущен до военных работ только в случае крайней необходимости, однако даже при этом должен находиться под наблюдением».

Тогда же в Англии беженцы из нацистской Германии Отто Фриш и Рудольф Пайерлс получают важнейший результат: для создания атомной бомбы достаточно нескольких килограммов урана. Энергия, выделяемая при делении такого количества урана, эквивалентна сотням тысячам тонн тринитротолуола.

В то же время в Советском Союзе расчет критической массы для урана-235 делают Ю. Харитон и Я. Зельдович. Они получают такой же результат, как и Фриш и Пайерлс.

Летом 1940 г. в Кембридже Эгон Бретчер и Норман Фезер опубликовали статью о том, что при бомбардировке урана нейтронами должны образовываться трансурановые элементы, в частности, плутоний, который должен делиться намного лучше, чем уран-238. Поэтому возникла идея нарабатывать плутоний в ядерном реакторе: поместить много урана в объем, заполненный замедлителем, например, тяжелой водой, и получать плутоний.

Практическое осуществление этой идеи стало проводиться англичанами в проекте Tube Alloys, в котором через несколько лет стал участвовать и Бруно. А пока он в Париже, на который стремительно надвигаются армии вермахта.

## 10. Бегство из Парижа

Так удачно сложилось для Бруно, что в мае 1940 г. его коллега по группе Ферми Эмилио Сегре, эмигрировавший в США, стал искать работу. Эрнест Лоуренс, руководитель Сегре в лаборатории Беркли, рекомендовал ему поискать работу в нефтяной компании в городе Талса. Сегре приехал в Талсу и встретился с основателями, как сейчас бы сказали, молодой инновационной компании Well Services Inc. (WSI). Ее создали Сергей Щербацкий, сын царского дипломата в Стамбуле, и Яков Нейфельд, эмигрировавший в США из Польши. Они разрабатывали ядерно-физические методы поиска нефти. Сначала пробовали использовать для поиска нефти рассеяние гамма-квантов в породе, потом захотели использовать нейтроны. Для этого они пригласили Эмилио Сегре как эксперта по нейтронной физике. Сегре была предложена хорошая зарплата, но он не захотел заниматься этой деятельностью. Тогда Щербацкий спросил его о другом эксперте по нейтронам – Бруно Понтекорво. Сегре с радостью дал такую рекомендацию [38]. Ферми послал об этом телеграмму Бруно буквально за несколько недель до того, как немцы вошли в Париж. Так совершенно неожиданно Бруно получил прекрасное предложение, которое давало ему четкую перспективу на случай немецкого вторжения. Когда оно действительно произошло, выбор Бруно стал однозначным: уезжаем в США.

С началом войны он отправил Марианну и Джилу в Тулузу к своей сестре Джулиане. 13 июня Бруно, Джилло, его подруга Генриетта, Эмилио Серени и их коллега Сальвадор Лурия на велосипедах отправились из Парижа в Тулузу. 14 июня в Париж вошли немецкие войска.

Дороги были запружены беженцами. Велосипедисты делали только по 50 км в день и добрались до Тулузы через 10 дней. Там Сальвадор Лурия расстался со своими друзьями, добрался до Марселя, эмигрировал в США и в 1969 г. получил Нобелевскую премию по медицине и физиологии. Джилло, Генриетта и Эмилио Серени остались на юге Франции. Бруно собрал визы для проезда семьи через Испанию и Португалию и двинулся в путь вместе с Джулианой и ее мужем Дуччио Табетом.

Получение виз – это отдельная история. Десятки тысяч беженцев осаждали тогда португальские консульства во Франции. Португальское правительство запретило своим консулам во Франции выдавать визы без предварительного разрешения Министерства иностранных дел. Известна история де Соуза Мендеша, португальского консула в Бордо, который нарушил приказ и вместе со своими помощниками за десять дней и ночей наштамповал визы на тридцать тысяч человек [39]. Его уволили с работы, но тридцать тысяч жизней были спасены.

Добравшись до Лиссабона, семейство Понтекорво, а также Джулиана с Дуччио Табетом немедленно приобрели билеты на лайнер Quanza, отправлявшийся в Нью-Йорк. Это португальское судно обычно ходило из Лиссабона в Анголу и Мозамбик. Его наняли беженцы из Европы, среди которых было много евреев.

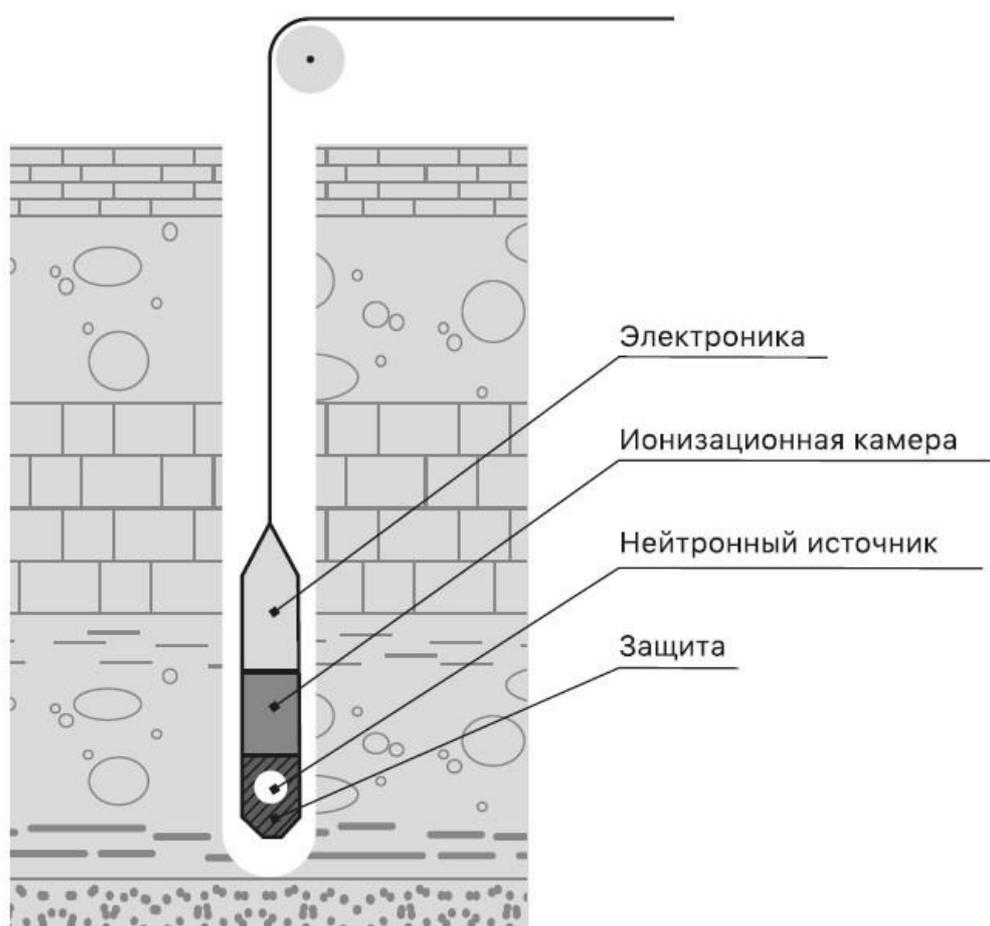
## 11. Нейтронный каротаж

20 августа 1940 г. лайнер Quanza вошел в порт Нью-Йорка. Тут группа итальянских беженцев из Парижа разделилась: оказалось, что визовые документы для Джулианы и ее мужа еще не пришли, и их поместили в карантин, тогда как Бруно с семьей отправился к своему новому месту работы в городе Талса, штат Оклахома. Им очень сильно повезло, поскольку американские власти не разрешили более 100 пассажирам сойти на берег под предлогом сомнительных визовых документов. Возвращать беженцев обратно в фашистскую Европу было бы бесчеловечно, но у бюрократии свои законы. Один из пассажиров выпрыгнул за борт и доплыл до желанного берега. Однако его задержали и вернули обратно на судно. Потребовалась большая активность еврейских организаций, которые дошли до президента Рузвельта, и только после указа президента несчастных пустили в США.

Сегодня Талса сравнительно небольшой город, который для российского человека известен как последнее место жизни поэта Евгения Евтушенко, но в 40-х годах он носил громкое звание «нефтяная столица мира». В городе размещалось множество компаний, занимающихся добычей нефти.

Основная идея основателей компании WSI состояла в том, чтобы использовать естественную радиоактивность горных пород для поиска нефти. Щербацкий с Нейфельдом использовали метод гамма-каротажа: в скважину опускался детектор, который измерял гамма-излучение от естественной радиоактивности породы. Естественная радиоактивность больше у гранитных пород и глины. У песчаника – меньше. Гамма-каротаж позволял измерять степень глинистости породы.

Бруно предложил опускать в скважину источник нейтронов. Тогда можно будет измерять активность, наведенную нейтронами в породе, окружающей скважину. Поскольку нейтроны хорошо замедляются водородосодержащими веществами, метод эффективен как к наличию нефти, так и воды.



**Рис. 11-1.** Схема каротажного прибора, предложенная Б. Понтекорво.

Технически в скважину опускался тонкий цилиндр, в котором находился мощный источник нейтронов, защита и детектор гамма-квантов (Рис. 11-1).

Источник облучал породу, окружающую скважину. Под действием нейтронов ядра вещества возбуждались и начинали «светиться» – только в отличие от обычных фотонов ядра испускали гамма-кванты с большой энергией порядка нескольких МэВ. Каждый химический элемент имеет характерный спектр гамма-квантов со своими типичными линиями. Они служат своеобразными «отпечатками пальцев», по которым можно обнаружить, какие элементы находятся в среде, окружающей скважину.

Для регистрации гамма-квантов использовалась ионизационная камера. Это газонаполненный детектор, подобный счетчику Гейгера – Мюллера, но работающий при меньших напряжениях электрического поля.

Нейтронный источник экранировался от ионизационной камеры так, чтобы камера меньше регистрировала прямые нейтроны и работала в основном от гамма-квантов окружающей среды. Статья, в которой описывался принцип действия нейтронного каротажа и приводились первые результаты обследования скважин, называлась просто и гордо: «Нейтронный каротаж. Новый геологический метод на основе ядерной физики» [40].

Для того чтобы откалибровать аппаратуру, Бруно построил искусственную скважину, то есть сделал «колодец», заполненный образцами типичных пород. В колодец опускали каротажный прибор и смотрели его отклик при прохождении различных сред.

За время работы в WSI Бруно написал 40 отчетов, две статьи и стал автором четырех патентов на изобретения. Интересно, что тексты патентов Бруно написаны в лучших традициях патентного дела: максимально широко [41]. То есть, хотя конкретное решение состояло в том, что использовался нейтронный источник и регистрировались гамма-кванты, патент был написан настолько общими словами, насколько возможно.

Например, формула изобретения звучала так:

«Метод геофизической разведки, включающий в себя облучение среды, окружающей скважину, радиоактивным излучением, измерения радиации от окружающей среды в разных точках от источника радиации и построения графической кривой, отражающей величину интенсивности излучения».

А в тексте указывалось, что под «радиоактивным излучением» понимается не только нейтроны, но и гамма-кванты, позитроны, электроны – в общем, все возможные виды радиации. Такое же широкое толкование придавалось термину «измерения радиации от окружающей среды» – под этим подразумевались не только гамма-кванты, но и нейтроны. Выражаясь современным языком, Бруно патентовал не только (n- $\gamma$ ) – каротаж, но и (n-n) – и ( $\gamma$ - $\gamma$ ) – каротаж.

Более того, первоначальная схема «нейтронный источник + ионизационная камера», которую иллюстрирует Рис. 11-1, была доработана для случая использования двух и более ионизационных камер, подвешенных на одном кабеле. Такой вариант тоже активно используется в современном нейтронном каротаже, поскольку дает возможность учесть изменение интенсивности нейтронного источника, зная отношение счетов в каждой камере.

Наконец, в патенте [41] есть упоминание о том, что этот метод можно использовать не только для поисков нефти, но и для обычного геофизического обследования. Сейчас из этой фразы выросла целая вселенная различных нейтронных анализаторов для нужд горно-обогатительного производства, металлургической и цементной промышленности.

Метод нейтронного каротажа, который придумал Понтекорво, активно используется и для поисков нефти. По сути, это важнейшее технологическое открытие, и его роль аналогична прорывам в фундаментальных науках, которые оцениваются Нобелевской премией. Если работы Бруно по физике нейтрино принесли другим людям шесть Нобелевских премий, то сложно рассчитать, сколько миллионов долларов принес, опять же другим людям, нейтронный каротаж. Сам Бруно не обогатился ни на цент, поскольку, по условиям контракта, все патенты на изобретения, которые он придумал, становились собственностью WSI.

Позже Бруно говорил, что американский период своей жизни он вспоминает с большим удовлетворением [6]. Хотя это не была научная работа, к которой он привык, но работа на нефтяных скважинах в Оклахоме ему нравилась. В 1942 г. он участвовал в тестировании нейтронного каротажа на 12 скважинах в Оклахоме, Техасе и Луизиане [5].

Однажды студенты кафедры Понтекорво в МГУ спросили, какая из его работ принесла ему наибольшее удовлетворение [42]. Ответ, на первый взгляд, был неожиданным – нейтронный каротаж. Сегодня мы бы думали, что Бруно скажет – нейтринные осцилляции. Но в то время осцилляции нейтрино не были экспериментально обнаружены. К сожалению, до конца своей жизни Бруно так и не узнал, осуществляется ли в природе его идея, или, как одно время считали, «осцилляции нейтрино – это из области научной фантастики». Основные провидческие идеи Бруно – хлор-аргоновый метод или отличие электронного и мюонного нейтрино – реализовали другие люди. А нейтронный каротаж, действительно, сам придумал, сам проверил. Плюс дополнительное удовлетворение от того, что фундаментальная наука в очередной раз принесла пользу людям.

В своем недавнем интервью [43] сын Бруно Джиль также подтверждает, что отец очень гордился своим изобретением нейтронного каротажа, поскольку это оказалось первым практическим применением явления замедления нейтронов, открытого группой Ферми, и сделано это было именно в мирных целях.

## 12. Enemy Alien

Когда США вступили в войну с Гитлером и его союзниками, все эмигранты немецкого и итальянского происхождения получили статус «enemy alien» – «вражеский иностранец». В Англии таких иностранцев направляли в концентрационные лагеря или высылали на остров Мэн. В США такого не было, но Бруно вспоминает [6], как вел грузовик с геофизической аппаратурой и совершил неправильный обгон. Сразу же был остановлен полицейскими, которые мгновенно поняли, что он не американец, а enemy alien и потребовали объяснить, кто он такой, что везет, куда направляется. Тут Бруно совершил еще одну ошибку – сунул руку в карман, чтобы достать документы, и чуть было не был застрелен на месте [44].

В сентябре 1942 г. дом Понтекорво посетили два агента ФБР. Проверка осуществлялась в рамках стандартной деятельности по надзору за enemy alien. Бруно дома не было, а Марианна, как видно из отчета агентов ФБР, приведенного в [5], притворилась даже не знающей слова «коммунист»:

«25 сентября 1942 г. был проведен обыск в доме 219 по South Florence Street, Tulsa, Oklahoma в связи со статусом его резидента enemy alien. Во время обыска было замечено, что хозяин имеет 25–30 книг и памфлетов, содержащих коммунистические идеи. Жена резидента была допрошена, и ей был задан вопрос, не является ли ее муж коммунистом, на что она ответила, что не знает, что такое коммунист, хотя она говорила по-английски хорошо и понимала все вопросы, которые ей задавались до этого».

Итак, во время пребывания в США коммунистические взгляды Бруно никуда не исчезли. Он не только продолжал читать коммунистическую литературу, но и второго сына, родившегося в 1944 г., назвал Тито Нильс ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/8](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/8)). Нильс – дань скандинавским корням Марианны, а Тито – в честь лидера партизанского движения в Югославии Иосипа Броз Тито. Что еще может лучше характеризовать его политические предпочтения? Практически всю свою сознательную жизнь Бруно был убежденным коммунистом. Поэтому для него выбор СССР в качестве места для работы не был чем-то запредельно чуждым.

Обыск в доме Понтекорво, несмотря на свой внешне невинный характер, имел далеко идущие последствия. С бюрократической точки зрения, в досье ФБР на Бруно появилась новая бумага. Теперь всякая проверка для получения работы на ядерных объектах должна была учитывать эту информацию. Ф. Клоуз, как мы увидим, из существования этого документа, построит целую версию о причастности известного советского разведчика Кима Филби к делу Понтекорво.

### 13. Чок-ривер

С. М. Биленький вспоминает [45], что Бруно был недоволен контрактом с WSI, по которому вся интеллектуальная собственность, созданная в рамках контракта, считалась собственностью WSI. Бруно получал много предложений от нефтяных компаний, поскольку считался первоклассным специалистом по новым методам поисков нефти. Даже после войны к нему обращались и итальянские, и французские нефтедобывающие компании [5]. В Советском Союзе тоже были известны работы Понтекорво, их развитию способствовал Г. Н. Флеров. Если бы Бруно продолжил заниматься нейтронным каротажем, то наверняка стал бы богатым человеком. Однако жизнь сложилась иначе.

В своих каротажных приборах Бруно использовал радий-бериллиевый источник, который давал быстрые нейтроны с энергиями порядка 2–6 МэВ. Он захотел использовать для каротажа медленные нейтроны, у которых сечение взаимодействия с веществом намного больше, и стал искать радиоактивные элементы, которые бы давали нейтроны с меньшими энергиями. Эти поиски привели его в физические лаборатории Нью-Йорка, Чикаго, Филадельфии, где он встретил старых парижских друзей Георга Плачека и Ханса фон Халбана, а также своего учителя – Энрико Ферми.

Бруно пишет о встречах с Ферми в статье, посвященной годовщине его смерти [46]. Бруно рассказал о своем новом занятии и был удивлен, что друзья заинтересовались его данными по взаимодействию нейтронов с кальцием и калием.

Их интерес объяснялся очень просто: именно в это время Ферми работал в Чикаго над созданием ядерного реактора в американском атомном проекте, а Плачек, Коварский и фон Халбан занимались тем же самым в английском атомном проекте. Как мы помним, после немецкого вторжения во Францию, сотрудники группы Жолио вместе с запасом дейтерия бежали к англичанам. Там они продолжили работу над проектом под скромным названием Tube Alloys («Трубные сплавы»). Целью проекта было создание ядерного реактора для наработки плутония – горючего для атомной бомбы. Работы решили вести в Канаде, чтобы избежать риска потери драгоценных материалов в случае, если бы нацисты высадись в Англии. В проекте работали в основном эмигранты из Европы. Основной костяк составляли сотрудники лаборатории Жолио. Единственным англичанином был некто Алан Нанн Мэй. Научным руководителем проекта был Ханс фон Халбан.

В ядерном реакторе должна была поддерживаться цепная ядерная реакция. В природе, на урановых месторождениях деление ядер урана происходит постоянно, однако никакой цепной реакции не возникает. Освобождается слишком мало нейтронов деления. Чтобы повысить выход нейтронов, надо было воспользоваться открытием группы Ферми – замедлить нейтроны в какой-то водородосодержащей среде. Тогда взаимодействие нейтронов с веществом усиливается, и коэффициент размножения нейтронов становится больше единицы. При создании реактора необходимо учитывать взаимодействие нейтронов с самыми разными веществами, поэтому данные Бруно по сечениям реакций нейтронов с порообразующими элементами были очень интересны его друзьям.

В результате, в 1943 г. Бруно получил предложение работать в англо-канадском проекте Tube Alloys. Руководитель проекта был против приглашения Понтекорво, но Ханс фон Халбан убедил его, что физика уровня Бруно, с богатым опытом работы с нейтронами, в Америке не найти. Тем более, что Бруно не только участвовал в исторических опытах Ферми, работал с Жолио, но и существенно повысил свою квалификацию в деятельности по нейтронному каротажу, где задачу взаимодействия нейтронов с различными водородосодержащими элементами ему приходилось решать каждый день. Понтекорво был проверен британской секретной службой и получил одобрение на участие в проекте.

Место строительства реактора было выбрано в 130 милях западнее города Оттавы на реке Оттава, вблизи деревушки Чок-Ривер. Там решили строить ядерный реактор на основе тяжелой воды, который, естественно, назвали X (Nuclear Reactor X), сокращенно NRX. Руководитель физического отдела Алан Нанн Мэй предложил для начала построить прототип реактора ZEEP (Zero Energy Experimental Pile), чтобы без лишних технических проблем, связанных со строительством массивной защиты от нейтронов, проверить различные конструкторские решения. Руководителем проекта стал другой сотрудник группы Жолио – Лев Коварский.

Чем занимался Понтекорво в Чок-Ривер? Первое его изыскание относилось к выбору формы реактора: делать его в виде однородного (гомогенного) материала или гетерогенного, когда сборка из металлических урановых стержней погружается в бассейн с тяжелой водой. Бруно показал, что в гомогенном реакторе не будет цепной реакции, поэтому была выбрана конструкция в виде гетерогенного реактора.

Бруно в составе группы теоретиков рассчитывал параметры решетки реактора. Он интенсивно обсуждал эти расчеты с Ферми. В течение 1944 г. он шесть раз ездил в Чикаго [5]. Американские службы безопасности как могли препятствовали передаче любой информации. Но физики как могли сопротивлялись, поскольку по ходу строительства реакторов столкнулись с одними и теми же практическими проблемами. Хотя общая физическая идея была ясна, надо было решить целый ряд более прозаических, но тем не менее критически важных проблем. Например, какую тактику избрать для охлаждения реактора? Как лучше расположить урановые стержни? Для решения этих технических проблем в первую очередь нужно было знать, как нейтроны взаимодействуют с различными веществами.

Бруно делал важные расчеты защиты реактора, в ходе которых он проводил конкретные эксперименты. Тут еще раз проявилась уникальная способность Бруно – не только заниматься экспериментальной деятельностью, но и решать различные теоретические задачи. В течение 1943–1945 гг. Понтекорво написал 25 отчетов по разным вопросам конструкции реактора.

В 1945–1946 гг. Бруно работал над созданием нейтронных счетчиков с BF, которые должны были

зафиксировать начало работы реактора. Именно поэтому он был одним из четырех физиков, которым доверили присутствовать на пульте управления во время пуска реактора NRX 21-22 июля 1947 г. [47]. Несколько лет реактор NRX был самым мощным источником нейтронов в западном мире.

В 1944 году Бруно принял участие в интересном проекте по поиску месторождений урана на севере Канады. Еще во время работ по нейтронному каротажу он заметил, что ионизационные камеры могут быть использованы не только для регистрации наведенной радиации, вызванной облучением нейтронами, но и для регистрации естественной радиации, которая присуща ряду горных пород, например, залежам урановой руды. Уже тогда, вместе с С. Щербацким, были проведены первые эксперименты, доказавшие возможности новой методики.

Как-то раз Бруно рассказал об этой технике Гилберту Лабину – директору компании «Эльдорадо», которая добывала уран. С началом работ над атомным проектом уран стал важным стратегическим материалом, имеющихся его запасов стало катастрофически не хватать. Поиск месторождений урана стал важной задачей. Лабин сильно заинтересовался открывающимися перспективами, специально съездил в Талсу и договорился с С. Щербацким сконструировать портативную ионизационную камеру, которую можно было бы использовать в полевых условиях для поиска урана.

В результате с 9 по 14 сентября 1944 была предпринята объединенная экспедиция WSI и Tube Alloys в район Большого Медвежьего озера на севере Канады. Экспедиция была оснащена счетчиками Гейгера и ионизационными камерами. Они оказались одинаково успешны при детектировании открытых минералов, однако ионизационные камеры – техника, в которой Бруно хорошо разбирался, – работали намного лучше, когда уран и его минералы залежали на небольшой глубине (до 30 см) под поверхностью.

31 октября 1944 г. в Вашингтоне прошло совещание 16 экспертов, представлявших все учреждения, имеющие отношение к поиску месторождений урана. Целью совещания было обсуждение вопросов, связанных с поиском месторождений, в том числе аппаратуры для поиска. Бруно был направлен на это совещание от Tube Alloys. Надо отметить, что работа по любым детекторам радиоактивного излучения, которые могли бы быть использованы для поисков урана, была в то время засекречена. Главный секрет, которым обладал Бруно, состоял именно в опыте работы с детекторами для поиска урана [5].

В Канаде семья Бруно существенно увеличилась: в 1944 г. родился второй сын, которого назвали Тито ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/8](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/8)), а в 1945 г. – третий сын, Антонио.

Жили в небольшой деревушке Дип-Ривер, с населением около 4000 человек, расположенной неподалеку от объекта. Вокруг была прекрасная, почти нетронутая природа – хороший сосновый лес, жители промышляли охотой на оленей, по ночам выли волки. В центре городка стояла гора льда, присыпанного землей. Из этого хранилища каждый день развозили по домам лед для холодильников. На одном из близлежащих холмов сын Бруно Джиль первый раз встал на горные лыжи. Дом Понтекорво сохранился до наших дней, в чем Джиль убедился, приехав недавно в Дип-Ривер по приглашению своего канадского друга детства [36].

Бруно блистал в местном теннисном мире. Он стал первым победителем локального теннисного турнира, который продолжает разыгрываться до сих пор. Веселый и общительный красавец получил прозвище Рамон Новарро – в честь популярного тогда киноактера – символа жгучего латино. Что стоит одно описание Лауры Ферми [37]:

«Бруно был необычайно красив. Быть может, в нем привлекала удивительная пропорциональность его фигуры. Все у него было как раз в меру, ничего не следовало бы прибавлять или убавлять ни в ширине плеч и груди, ни в длине ног или рук. Может быть, он научился так ловко и складно держаться на теннисных площадках, где он рано стал чемпионом. А хорошие манеры были у него природным даром».

Бруно приехал в Монреаль 7 февраля 1943 г. А уже 29 июля 1943 г. в Кремле знали об этом из справки начальника 3 отдела 1-го Управления НКГБ СССР, полковника Г. В. Овакимяна «О работах по новому источнику энергии – урану» [48]. Там четко написано:

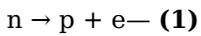
«Работа по быстрым нейтронам сосредоточена в Ливерпуле (проф. Чедвик, Фриш, Ротблат), по медленным нейтронам – в Кембридже (Халбан, Коварский, Мэй), и работы по разделению изотопов – в Оксфорде (проф. Саймон, Пайерлс). Халбан вместе с большей частью своей бригады уехал в Монреаль, Канада, где к ним присоединились проф. Оже, Плачек и Понтекорво».

Итак, кто такой Понтекорво и чем он занимается, КГБ знал еще в 1943 г.

## 14. Хлор-аргонный метод

Реакторы создавались для наработки материалов для атомной бомбы. Но Понтекорво привлек другой аспект реакторной физики – испускание нейтрино. Ядерные реакции, протекающие в реакторе, сопровождаются испусканием значительного числа нейтрино. И Бруно задумался над тем, как можно зарегистрировать эти замечательные частицы.

Существование нейтрино было введено Вольфгангом Паули для того, чтобы объяснить простую, но загадочную вещь. Энергетический спектр электронов в реакции бета-распада нейтрона был непрерывным. Почему это удивительно? Что наблюдал экспериментатор – нейтрон разваливался на протон и электрон (Рис. 14-1):



Масса нейтрона известна, масса протона – тоже известна, она чуть меньше, чем масса нейтрона, электрон должен вылетать со строго одинаковой энергией. Его энергетический спектр должен представлять собой просто одну линию. Вместо этого приборы регистрировали, что электроны имеют непрерывный энергетический спектр, то есть могут иметь разные энергии. Чтобы объяснить это явление, Паули предположил: «Непрерывность бета-спектра станет понятной, если предположить, что при бета-распаде с каждым электроном испускается такой “нейтрон”, что сумма энергии “нейтрона” и электрона постоянна...»

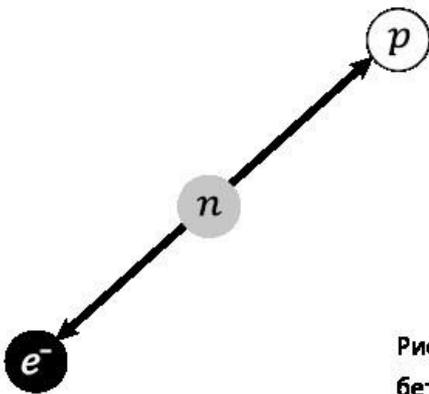
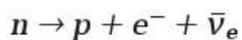


Рис. 14-1. Видимая схема бета-распада нейтрона.

Рис. 14-1. Видимая схема бета-распада нейтрона.

Паули имел в виду, что в реакции (1) на самом деле в конечном состоянии образуются три частицы (Рис. 14-2):



из которых мы регистрируем только электрон, а нейтрино, которое Паули называл нейтроном, не оставляет следов в наших обычных детекторах. Постоянной должна оставаться сумма энергий электрона и нейтрино, и энергия электрона может меняться в зависимости от того, сколько энергии унесет нейтрино.

Довольно быстро была оценена проникающая способность нейтрино. Она оказалась колоссальной. Длина поглощения нейтрино с энергией 1 МэВ в воде составляет 35 световых лет. Нейтрино легко проходят не только через Землю, но и спокойно выходят из внутренних областей звезд.

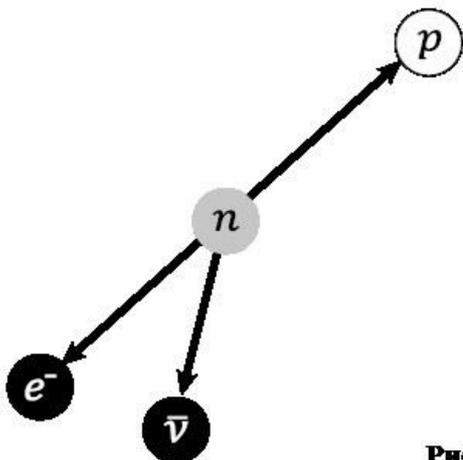


Рис. 14-2. Бета-распад нейтрона.

## Рис. 14-2. Бета-распад нейтрона.

Вообразить препятствие толщиной в 35 световых лет довольно трудно. Так же как и представить себе частицу, способную пройти через весь земной шар без какого-либо взаимодействия. Известного американского писателя Джона Апдайка такие свойства нейтрино настолько задели, что он назвал стихотворение, посвященное им, «Космическая наглость».

Оно хорошо демонстрирует, насколько бедны наши эпитеты и наивны сравнения:

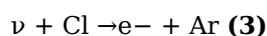
mass	Neutrinos, they are very small.	They have no charge and have no	To them,
through which they simply pass,	And do not interact at all.	The earth is just a silly ball	Or photons through a
sheet of glass.	Like dustmaids down a drafty hall		
массы,	Нейтрино, они очень маленькие,	Они не имеют заряда и не имеют	
шар,	И они не взаимодействуют совсем.	Земля для них просто глупый	
сквозняке	Через который они легко проходят,	Как пылинки на	
	Или фотоны сквозь стекло.		

Как «фотоны, сквозь стекло»?! Какая чудовищная недооценка!

Но если частица свободно проходит через земной шар, то как ее можно зарегистрировать? Недаром Паули сокрушался: «Я сделал ужасную вещь: я изобрел частицу, которую невозможно будет зарегистрировать».

Однако он недооценил мощь разума и изобретательность своих коллег-экспериментаторов. Первое предложение реального эксперимента по регистрации нейтрино было сделано Бруно Понтекорво в 1946 г. [49]. Его не испугала колоссальная проникающая способность нейтрино. Исключительно красивая идея Бруно родилась из его опыта исследований радиоактивных веществ и работы на ядерном реакторе, который является источником огромного потока нейтрино (а точнее – антинейтрино).

В реакторе при делении урана-235 возникают ядра-осколки с избыточным числом нейтронов. Запускается цепочка реакций бета-распада (2), при которых избыточные нейтроны превращаются в протоны. В среднем при делении одного ядра урана испускается шесть нейтрино. В этом смысле каждый ядерный реактор – даровой источник нейтрино. Для детектирования нейтрино Бруно предложил поставить рядом с реактором контейнер с хлор-содержащей жидкостью. При взаимодействии с нейтрино хлор переходит в радиоактивный аргон-37.



Аргон-37 радиоактивен, период полураспада  $T = 35,04$  дня. Признаком аргона-37 являлось бы испускание электрона с энергией 2,82 кэВ. Аргон – инертный газ, выделяется из хлор-содержащей жидкости простым кипячением. Далее он пропускается через детектор, в качестве которого Бруно предполагал использовать пропорциональный счетчик. Обычный аргон-40 никаких сигналов в пропорциональном счетчике давать не будет, а если газ, выделенный из облученной жидкости, дает срабатывания от электронов с известной энергией – это доказывает образование аргона-37 и, следовательно, взаимодействие нейтрино с веществом детектора.

В качестве вещества детектора Бруно предложил использовать тетрахлорэтилен  $\text{CCl}_2$  – это вещество стандартно используют в химчистке. Бруно даже обсуждал с коллегами, как можно провести опыт: загнать цистерну с  $\text{CCl}_2$  в горный туннель, чтобы снизить фон от космических лучей. Сквозь толщу горы должны были проникать только нейтрино.

В реальности цистерны было бы маловато. Когда этот опыт был проделан Раймондом Дэвисом в середине 60-х годов, он использовал 615 тонн тетрахлорэтилена. В этой массе порядка 10 атомов, а после облучения солнечными нейтрино в установке образовывалось 10 (!) атомов аргона-37 в месяц [50]. Сам факт того, что можно выделить 10 атомов радиоактивного аргона на фоне 10 атомов обычного вещества, демонстрирует колоссальную чувствительность хлор-аргонового метода, предложенного Бруно. Привычная нам фраза для обозначения чего-то редкого – поиск иголки в стоге сена – просто ни о чем в сравнении с чувствительностью хлор-аргоновой установки.

Хотелось бы еще раз обратить внимание на красоту и оригинальность предложения Бруно. Он не просто нашел какую-то реакцию с суперогромным сечением взаимодействия нейтрино. Нет, был найден процесс с аномально низким уровнем фона и четкой экспериментальной сигнатурой.

В конце жизни Бруно давал интервью Мириам Мафай, которая спросила его [6]: «Как вы думаете, каково ваше главное качество?» Бруно отвечал: «Как у физика, у меня есть немного фантазии».

Хлор-аргоновый метод – прекрасная иллюстрация проявления фантазии, оригинального мышления Бруно. В дальнейшем мы неоднократно будем сталкиваться с примерами его красивых решений различных физических проблем.

Надо подчеркнуть, что в исторической работе [49] Бруно не только предложил способ детектирования нейтрино, но и выдвинул еще одну важную идею – использовать Солнце как источник нейтрино. Это дало начало новой области физики – нейтринной астрономии, привело к опытам, в которых был обнаружен недостаток солнечных нейтрино и, в конечном счете, осцилляции нейтрино.

В сюжете о хлор-аргоновом методе есть несколько нюансов. Во-первых, в реакции бета-распада (2) вместе с электроном испускается антинейтрино. То, что нейтрино и антинейтрино – разные частицы, тогда никто не знал. Поэтому, если действительно разместить емкость с хлором рядом с реактором, ничего не произойдет – радиоактивный аргон-37 не образуется. Солнце же испускает именно нейтрино, поэтому детектор с хлором надо облучать солнечными нейтрино. Тем не менее работа Бруно [49] была засекречена до 1949 г., чтобы враги не смогли узнать о характеристиках ядерного реактора, измеряя поток его антинейтрино.

Однако идея мониторить работу ядерного реактора, детектируя антинейтрино другими методами, вполне разумна и недавно была реализована.

Интересно, как отнеслись к предложению Бруно его коллеги. Вот что он пишет [52]:

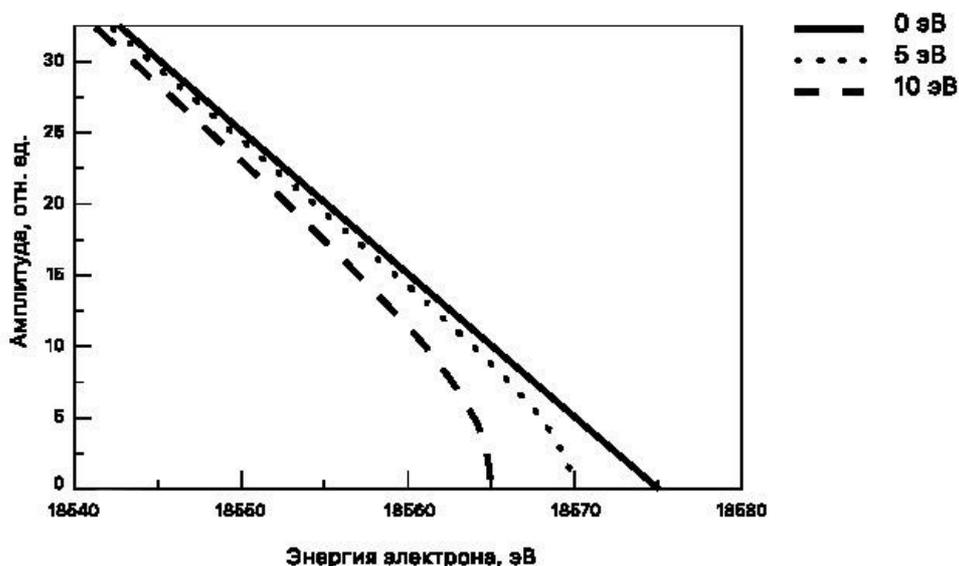
«В 1946 г. мне стало ясно, что создание ядерных реакторов коренным образом меняет положение о поисках нейтрино. В то время сцинтилляционные счетчики еще не были изобретены, и я предложил радиохимический метод регистрации нейтрино, который в настоящее время используется для регистрации солнечных нейтрино. Теперь я хотел бы заметить, что долго еще после моего предложения отношение общественного научного мнения к возможному детектированию нейтрино не изменялось (даже после того, как я сконструировал крайне низкофоновый счетчик с большим коэффициентом усиления для регистрации редких событий распада Ar). Отчетливо помню, что, когда я в 1949 г. говорил с Энрико Ферми, он очень интересовался рассматриваемыми мною как побочный результат попытки создания нейтринного детектора методическими аспектами счетчиков и исследованиями на них L-захвата Ar и спектра трития, но оставался довольно равнодушным к проблеме нейтринного детектора».

То есть для Ферми задача на Нобелевскую премию – обнаружить нейтрино, интереса не представляла, настолько он считал ее невыполнимой. Вот низкофоновые счетчики, которые сделал Бруно, – это совсем другое дело. Эмилио Сегре очень точно охарактеризовал эту черту Ферми, сказав, что Дон-Кихот никогда не был его героем.

## 15. Пропорциональные счетчики

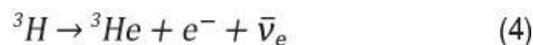
В ходе работы над будущими детекторами для радиоактивного Ar Бруно сделал важное экспериментальное открытие – обнаружил новый режим работы пропорционального счетчика. Тогда одним из главных инструментов экспериментатора был счетчик Гейгера. Кино и телевидение создало зловещий, но правильный образ счетчика Гейгера – нечто шелкающее. Действительно, счетчик Гейгера работает при больших напряжениях на электроде и от факта прохождения частицы остается только шелчок, порождаемый большим импульсом тока. Было известно, что при малых напряжениях на электродах счетчика наступает так называемый пропорциональный режим: при прохождении ионизирующей частицы число электронов, достигающих анода, становится пропорциональным числу первоначально возникших ионов. То есть по величине импульса на аноде можно судить об ионизирующей способности частицы. Причем считалось, что первичный сигнал нельзя усилить более чем в 100 раз. Однако Бруно вместе со своими коллегами Г. Ханной и Д. Кирквудом показали, что если первоначальных ионов мало – а именно так должно быть при детектировании нейтрино, где образуется буквально несколько атомов Ar, то коэффициент усиления пропорционального счетчика может достигать 1 000 000 [53]. Этот результат был не только очень важен для радиохимического метода, но и вообще положил начало широкому использованию таких детекторов, которые в наше время превратились в пропорциональные камеры, ставшие одними из основных трековых приборов в экспериментах по физике элементарных частиц.

С помощью пропорциональных счетчиков Бруно с Г. Ханной провели классический опыт по измерению массы нейтрино в распаде трития:



**Рис. 15-1.** Расчетный спектр электронов в распаде трития для разных значений массы нейтрино [54].

**Рис. 15-1.** Расчетный спектр электронов в распаде трития для разных значений массы нейтрино [54].



Идея опыта проста: надо измерить энергетический спектр электрона при как можно более высоких значениях. Это соответствует ситуациям, когда импульс нейтрино мал и предельное значение энергии электрона определяется разностью между энергией, выделяющейся в распаде (4), и массой нейтрино. Если масса нейтрино отлична от нуля, то энергетический спектр электронов будет оканчиваться при меньших значениях энергии, как показано на Рис. 15-1.

Понтекорво и Ханна измерили энергетический спектр электронов в распаде трития и получили первое ограничение на массу нейтрино – меньше 500 эВ [55]. С тех пор этот опыт повторяли много раз, каждый раз на новом уровне техники. Сегодня распад трития изучают в огромной установке KATRIN, где диаметр спектрометра достигает 10 метров. Набор статистики еще не закончен, последнее достижение – масса нейтрино меньше 1,1 эВ [56]. Это самое жесткое ограничение на массу нейтрино, полученное в прямых измерениях. То есть оказалось, что Понтекорво и Ханна в 1949 г. предложили лучший экспериментальный способ для прямого измерения массы нейтрино.

## 16. Универсальность слабого взаимодействия

В конце сороковых единственным известным процессом слабого взаимодействия был бета-распад нейтрона (2). Правда, в космических лучах уже был открыт мюон с массой 105 МэВ, но в первое время думали, что эта частица является переносчиком сильного взаимодействия. Называли ее «мезотроном». Существование мезотронов предсказывал японский физик Х. Юкава. Согласно теории Юкавы, атомное ядро стабильно за счет постоянного обмена мезотронами между протонами и нейтронами. То есть мезотрон – частица, склеивающая протоны и нейтроны в ядре.

Но в 1947 г. М. Конверси, Э. Панчини и О. Пиччиони установили, что мезотрон не является сильновзаимодействующей частицей. Они увидели, что положительные и отрицательные мюоны с одинаковой вероятностью проходят через графит. Отрицательно заряженные мюоны, подобно электронам, должны были замедляться, захватываться в атомы, а затем поглощаться ядром. Но раз этого не происходило, то вероятность захвата должна быть меньше вероятности распада мюона. Казалось бы, что тут такого? Но вероятность распада мюона была известна экспериментально, а вероятность захвата можно было оценить из теории Юкавы. Оказалось, что если мезотрон – частица Юкавы, то расчеты не сходятся с экспериментом в 10 раз!

Сейчас, когда открытие означает тонкий эффект превышения сигнала над фоном на уровне пяти статистических ошибок, трудно представить, что было такое счастливое время, когда экспериментаторы находили явления, не сходящиеся с теорией в 10 раз!

Луис Альварес в своей Нобелевской речи в 1968 г. говорил, что современная физика частиц началась именно с опыта Конверси – Панчини – Пиччиони.

На Бруно этот опыт также оказал сильнейшее влияние: просто изменил всю жизнь, поскольку привлек внимание к проблемам физики частиц и космических лучей [29]. Сам Бруно рассказывал о своих впечатлениях следующее [57]:

«Как только я прочел статью Конверси и др., я был буквально пленен частицей, которую мы теперь называем мюоном. Это была действительно интригующая частица: “заказанная” Юкавой и открытая Андерсоном, она, как обнаружили Конверси и др., в действительности не имела ничего общего с частицей Юкавы!

Я почувствовал себя подхваченным антидогматическим ветром и начал задавать массу вопросов типа:

- Почему спин мюона должен быть целым?
- Кто сказал, что мюон должен распадаться на электрон и нейтрино, а не на электрон и два нейтрино или электрон и фотон?
- Является ли заряженная частица, вылетающая при распаде мюона, электроном?
- Испускаются ли при распаде мюона другие частицы, кроме электрона и нейтрино?
- В какой форме высвобождается энергия при захвате мюона ядром?»

Я хорошо помню огромное впечатление, которое на меня произвело это перечисление, когда Бруно рассказывал о нем в одном из своих выступлений на сессии Ученого совета ОИЯИ. Меня поразила глубина и многогранность анализа. Бруно рассматривал не один, хоть и выдающийся, экспериментальный факт, а все стороны и все вопросы, которые возникают при изучении этого явления. Глубина и системность анализа – ключевые отличия научного таланта Бруно – очень хорошо проявляются в этом перечислении.

Обдумывая причины аномального взаимодействия мюона с веществом, Бруно пришел к фундаментальной идее: а что если взаимодействие мюона с веществом – это такое же слабое взаимодействие, как и бета-распад нейтрона?

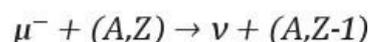
Эту идею Бруно изложил в 1947 г. в классической статье в *Physical Review*, которая занимает меньше странички текста [58].

Суть статьи в одном предложении:

«We notice that the probability (about 10 s) of capture of a bound negative meson is of the order of the probability of ordinary K-capture processes...».

В нем Бруно обращает внимание на то, что скорость захвата отрицательного мюона ядрами, после поправок на фазовый объем, сравнима со скоростью захвата электрона с нижней К-орбиты атома.

В современных обозначениях речь идет о том, что измеренная вероятность захвата мюона ядром



оказалась близка к вероятности процесса захвата электрона

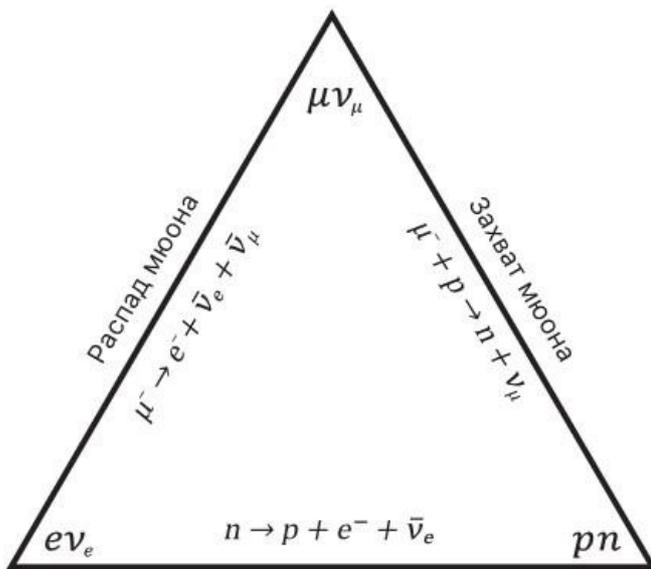
$$e^- + (A,Z) \rightarrow \nu + (A,Z-1)$$

Все, в статье нет ни единой формулы, нет никаких четких цифр. Обсуждение идет по порядку величины. Есть только чистая идея – одно предложение, приведенное выше, а весь остальной текст посвящен тому, что если это предположение верно, то как можно его проверить экспериментально. Здесь как раз и приводится тот список вопросов, о которых Бруно потом неоднократно рассказывал, в том числе и на сессии Ученого совета ОИЯИ.

Однако основная ценность статьи не в составлении списка вопросов, которые затем вылились в целую программу экспериментов. В ней впервые была высказана мысль о том, что слабое взаимодействие может быть одинаковым как для электрона, так и для мюона. То есть бета-распад, распад мюона и захват мюона в ядрах – проявление одного и того же взаимодействия.

Позднее эту идею красиво представил Джампьеро Пуппи, который в 1948 г. предположил, что все процессы слабого взаимодействия имеют одинаковую силу и визуализировал это утверждение в виде треугольника (Рис. 16-1), у которого длина стороны соответствует величине константы связи соответствующего процесса.

Это сейчас, когда универсальность слабого взаимодействия надежно установлена, Бруно и другим ученым, позднее высказавшим аналогичную идею, воздается должное. Но в конце 40-х многое было непонятно, и вопрос об универсальности слабого взаимодействия долгое время был совершенно открыт. Для гравитационного взаимодействия ситуация четкая: его универсальность проявляется в одинаковости силы гравитации или точнее – константы гравитационного взаимодействия между любыми частицами. В случае же слабого взаимодействия эксперименты показали, что константы взаимодействия электрона с нуклоном или мюона с нуклоном похожи, но не совсем одинаковы. Треугольник Пуппи не совсем равносторонний. Потребовалась довольно нетривиальная модификация теории и многочисленные эксперименты, чтобы прийти к заключению, что все лептоны действительно взаимодействуют с одинаковой силой.



**Рис. 16-1.** Треугольник Пуппи.

Сейчас это одно из основных положений современной Стандартной модели физики элементарных частиц, но в 1947 никакой пророк не мог этого предвидеть. Но почувствовать!

Мы уже говорили, что сам Бруно считал, что как физика его выделяет наличие «немного фантазии». Пример с универсальностью слабого взаимодействия очень хорошо показывает другое качество таланта Бруно – умение предугадывать важность проблемы еще до того, как многие в ней разобрались. Г. В. Мицельмахер назвал это качество Бруно «прекрасный вкус в физике» [59]. Обычно мы говорим, что у человека прекрасный вкус, когда он славится умением выбирать правильную книгу, спектакль или вино. Так и Бруно всегда выбирал «вкусную», оригинальную физическую проблему – изомерия, нейтронный каротаж, метод детектирования нейтрино, универсальность слабого взаимодействия и, конечно, осцилляции нейтрино.

Судьба этой статьи Понтекорво – интересный феномен для историков науки. Несмотря на то, что она была опубликована в одном из самых главных физических журналов, несмотря на фундаментальность ее основной идеи, реакция на статью была нулевая. Даже Ферми не обратил никакого внимания на эту истинно пророческую работу Бруно и никогда о ней не говорил.

Нобелевский лауреат Джек Стейнбергер в это время работал в Чикаго в группе Ферми. Тогда он выполнил один из первых экспериментов, подтвердивших идею универсальности Бруно, которую он называет «enormously imaginative suggestion». Стейнбергер пишет [60], что в то время никто не мог и близко вообразить, что есть нечто общее между мюоном и электроном. Гениальная догадка Бруно была сделана слишком рано, чтобы в нее

могли поверить. Особенно удивляет Стейнбергера, что даже Ферми, создатель первой теории бета-распада, которого идея универсальности слабого взаимодействия должна была интересовать больше всего, тем не менее никогда не обсуждал ее. Поскольку поток физических статей в то время был существенно мал, а работа Бруно опубликована в очень известном журнале, нельзя предполагать, что Ферми ее не читал. Значит, не верил – делает вывод Стейнбергер.

В научной судьбе Бруно обдумывание идеи универсальности сыграло важнейшую роль. Он стал методично выполнять именно те эксперименты, о которых написал в основополагающей статье [58].

## 17. Распады мюона

Первым подверглось проверке предположение о спине мюона. Мезон Юкавы должен был иметь спин 0. Поскольку свойства мюона сильно отличались от ожидаемых для мезона Юкавы, логично было бы предположить, что и спин у него не ноль, а  $\frac{1}{2}$ . Тогда был бы возможен распад

$$\mu \rightarrow e + \gamma \quad (5)$$

Характерная подпись этой реакции – образование в конечном состоянии двух частиц с энергиями в районе 50 МэВ, которые разлетаются друг против друга.

В принципе, нейтральной частицей, образующейся вместе с электроном, мог быть не гамма-квант, а какой-нибудь нейтральный мезон.

$$\mu \rightarrow e + N(6)$$

В конце 40-х такую частицу называли «нейтретто» и думали, что масса ее на 25–30 МэВ меньше, чем масса мюона. Тогда энергетический спектр электронов должен был обрываться на значениях, меньших 50 МэВ. Из величины граничной энергии электронов можно было бы наложить ограничения на массу нейтретто.

Далее логически был возможен распад мюона на нейтретто и нейтрино:

$$\mu \rightarrow e + N^0 + \nu \quad (7)$$

И, наконец, мюон мог распадаться на электрон и два нейтрино:

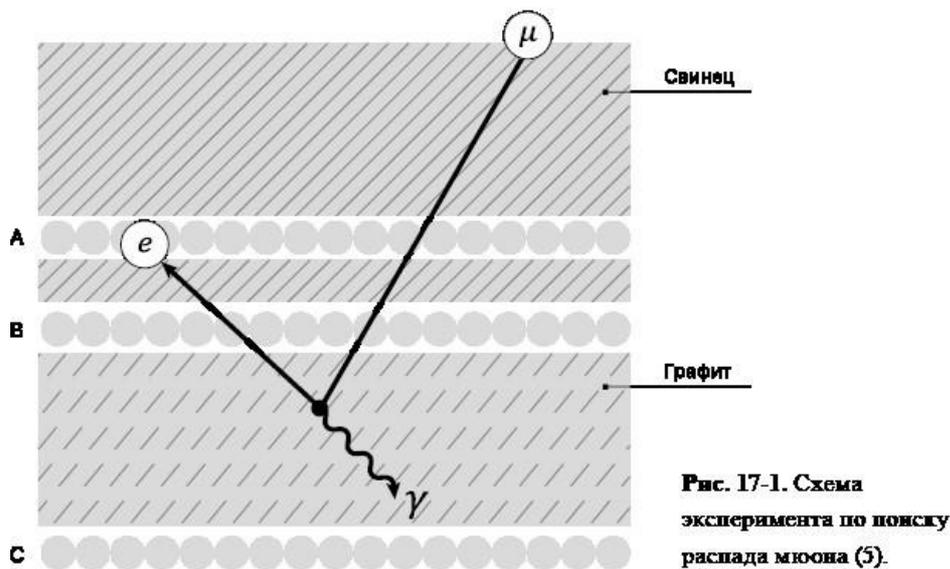
$$\mu \rightarrow e + \nu' + \nu'' \quad (8)$$

Все эти возможности были исследованы Бруно в серии опытов, которые он провел с Тэдом Хинксом в 1948–1949 гг. Они собрали довольно сложную для того времени установку и провели долгие сеансы набора статистики, изучая распады мюонов из космических лучей. Никаких других возможностей получать мюоны в то время не было.

Схема установки [61] для поиска распада (5) показана на Рис. 17-1.

Установка состояла из свинцового фильтра толщиной 15 см, который отсекал мягкую компоненту космических лучей и пропускал преимущественно мюоны. Они попадали в первый ковер А, состоящий из 8 гейгеровских счетчиков, за которым располагался графитовый замедлитель. В нем мюоны распадались, а продукты распада должны были регистрироваться коврами счетчиков В и С. В каждой сборке В и С было по 8 гейгеровских счетчиков длиной 15 дюймов и толщиной 1 дюйм.

Если бы происходила реакция (5), то сначала срабатывал счетчик в ковре А, потом через некоторое время (2,2 микросекунды), которое требовалось мюону для распада, одновременно срабатывали бы счетчики В и С. Одновременно – на практике означает, что сигналы от В и С приходят внутри некоторого окна совпадений, отстоящего на 2,2 микросекунды от сигнала А.



**Рис. 17-1. Схема эксперимента по поиску распада мюона (5).**

**Рис. 17-1.** Схема эксперимента по поиску распада мюона (5).

Однако в реальной жизни всегда есть вероятность, что сигналы в B и C могут совпасть случайным образом. Чтобы измерить эффект случайных совпадений, экспериментаторы половину времени работали с установкой, где графитовый поглотитель был убран.

В результате оказалось, что никаких сигналов распада мюона в реакции (5) не видно: наличие или отсутствие графитового поглотителя никак не сказывалось на частоте срабатываний B и C внутри окна совпадений. Она практически не отличалась от частоты случайных совпадений.

Мы говорили, что Бруно был первым в цепочке экспериментаторов, которые хотели найти массу нейтрино в распаде трития. Такая же ситуация сложилась с экспериментами по поиску распада  $\mu \rightarrow e + \gamma$ . Бруно и Хинкс были первыми, кто не увидел этот процесс. С тех пор поиск этой классической реакции был повторен много раз. По сути каждая новая экспериментальная техника проходила испытание в попытке увидеть распад (5). В настоящее время его не видят на уровне вероятностей  $4,2 \times 10^{-10}$ .

После отрицательного результата по поиску распада  $\mu \rightarrow e + \gamma$  Бруно и Хинкс модернизировали установку, чтобы провести дальнейшее исследование распадов мюона и понять, какая из возможностей (6) – (8) наиболее предпочтительна. Для этого они модифицировали установку, добавили еще один годоскоп с 17 счетчиками Гейгера, добавили еще один графитовый блок, в котором мюоны останавливались, а свойства заряженной частицы определяли по ее поглощению в разных веществах. Пространная статья на 19 страницах в Physical Review [62] заканчивалась четкими выводами:

- спин мюона  $\frac{1}{2}$ , он не является мезоном Юкавы;
- заряженная частица в распаде мюона – электрон;
- наиболее вероятно, что мюон распадается на электрон и два нейтрино.

$\mu \rightarrow e + \nu' + \nu''$  (17-1)

Однако теперь возник следующий вопрос – какова природа нейтральных частиц  $\nu'$  и  $\nu''$ ? Ответ на него придет почти через двадцать лет и принесет исследователям Нобелевскую премию.

Интересно отметить, что, как вспоминал С. С. Герштейн [44], Бруно всегда называл две нейтральные частицы, рождающиеся в распаде мюона, как  $\nu'$  и  $\nu''$ . Он всегда думал о них как о разных частицах. Как объясняет Герштейн, связано это было с присущим Бруно стремлением к строгости в суждениях. В самом деле, в реакции рождаются две нейтральные частицы. Откуда вы знаете, что они одинаковы? Такое отношение и привело Бруно к его знаменитой гипотезе о том, что нейтрино, рождаемое с электроном, может отличаться от нейтрино, участвующего в процессах с мюоном.

Зачем я так подробно рассказываю детали этих опытов? Да просто одна из любимых тем спекуляций вокруг Бруно – какие секреты он похитил в Канаде, США, Англии и передал Советам. Естественно предположить, что по крайней мере часть этих секретов связана с тем, чем этот человек занимался на своей основной работе. Вот и надо фиксировать, что, работая в проекте Tube Alloys, целью которого было создание реактора для накопления горючего для атомной бомбы, Бруно последние годы в Канаде занимался исследованием распадов мюонов, обдумывал интересную задачу – как зарегистрировать частицу с длиной поглощения в 35 световых лет, а также делал опыт по определению массы нейтрино.

Эксперименты по физике элементарных частиц настолько поглотили Бруно, что он испытывал неловкость перед начальством за то, что в рабочее время занимается явно не тем, что должен делать сотрудник ядерного

реактора.

«Мы работали в реакторной лаборатории и поэтому испытывали некоторое чувство вины, занимаясь космическими лучами. Правда, наш глава Б. Сарджент благожелательно относился к нашей деятельности. И все же я не могу забыть, как неохотно мы с Тедом тратили лабораторные средства и как были счастливы, когда Тед изобрел “пороговый усилитель”, который сэкономил много счетчиков, позволив существенно увеличить эффективность регистрации фотонов» [57].

Надо понимать, что опыты по распаду мюона являлись отнюдь не факультативными занятиями, которые проводятся на игрушечной аппаратуре в свободное от основной работы время. Масштаб исследований можно оценить по тому, что описание экспериментального оборудования и результаты опытов по распаду мюона были представлены в семи статьях в *Physical Review*. Набор статистики только для поиска распада (5) продолжался полгода. В реальности последние два года в Чок-Ривер Бруно был полностью поглощен изучением мюонов из космических лучей.

## 18. Алан Нанн Мэй

В 1945 г. произошло предательство Игоря Гузенко - шифровальщика советского посольства в Канаде. Он признался канадским властям, что был частью разведывательной сети, по которой ученые из Tube Alloys передавали атомные секреты в СССР. Коллега Бруно Алан Нанн Мэй был арестован по обвинению в передаче в СССР ядерных секретов, включая передачу образцов радиоактивных материалов. Будучи в Чикаго, он получил от Герберта Андерсона, работавшего на первом ядерном реакторе, образец урана-233. Думали, что уран-233 сможет заменить плутоний. Андерсон дал образец Мэю по дружбе, без всяких официальных разрешений. Мэй сразу же отнес образец в советское посольство.

В связи с делом Алана Мэя секретные службы Канады и Англии провели проверку всех сотрудников Tube Alloys. Бруно прошел эти проверки без каких-либо замечаний. Было установлено, что никто из сотрудников Tube Alloys, кроме Алана Мэя и фон Халбана, не был замечен в каких-либо действиях, нарушающих требования секретности. Халбана обвинили в том, что когда он был на конференции в Париже, то рассказал Жолио-Кюри новости про деление урана.

После испытания атомной бомбы требования секретности и в США, и в Канаде многократно усилились. Теперь же, после дела Мэя, выезд за границу для всех не-британцев, работающих в проекте, был и вовсе запрещен. Бруно не разрешили в 1945 г поехать в Италию, навестить родственников. Его это очень раздражало. После очередного отказа на выезд он твердо решил уйти из Чок-Ривер и стал искать подходящий контракт.

## 19. Харуэлл

В 1948 г. Бруно получил несколько предложений по работе. Иерусалимский университет приглашал его возглавить кафедру экспериментальной физики, Корнельский университет предлагал место доцента кафедры с окладом 7000 \$ в год [6]. Но самое привлекательное предложение Бруно получил от хорошо знавшего его Дж. Кокрофта, директора только что образованной ядерной лаборатории в Харуэлле (Англия). Там началось сооружение реактора, аналогичного тому, что работал в Чок-Ривер. Помимо привычной работы со многими уже знакомыми людьми, Бруно получал бы возможность встретиться со своими родственниками. В Англии в то время жили его братья Гвидо и Джованни, сестры Анна и Лаура.

В феврале 1949 г. семья Понтекорво переехала в Англию и поселилась в небольшом городке Абингдон вблизи Харуэлла. Жили в стандартном двухэтажном коттедже без центрального отопления, зимой по утрам было довольно холодно. Соседями была семья физика Г. Зелигмана, с которым Бруно работал в Канаде. Джиль частенько выполнял роль бэбиситтера с детьми Зелигманов [36].

В Харуэлле Понтекорво продолжал заниматься реакторной физикой, но главным в его жизни уже стала физика элементарных частиц. Бруно принял активное участие в проекте по исследованию космических лучей в лаборатории в Альпах, которую открыло французское научное ведомство CNR. В сентябре 1949 г. он побывал в Италии на международной конференции по космическим лучам в Комо, провел семинар в Базеле о работах по пропорциональным счетчикам. На этой конференции Бруно встретился со своим учителем Энрико Ферми, который впервые после своего отъезда в 1938 г. вернулся в Италию. Бруно вспоминал [20], что Ферми был в очень хорошем настроении, они вместе катались по Рейну в Базеле, в перерывах конференции играли в теннис.

Естественно, в этой поездке Бруно встретился с родственниками. Впоследствии эти встречи будут поставлены ему в вину на допросах.

Интересно, что Понтекорво отнюдь не рассматривал Харуэлл как обетованное место для постоянной работы. Он всерьез думал о возвращении в Италию. В то время были вакансии профессора на кафедрах экспериментальной физики в Риме и Пизе. Бруно оформил пакет соответствующих документов для конкурсов. Физики в Пизе до сих пор сожалеют, что бумаги Бруно пришли слишком поздно и он не был допущен к конкурсу.

В Харуэлле Бруно проработал чуть больше года – в его жизнь вмешалась политика.

## 20. Охота на ведьм

В 1946 г в Фултоне Черчилль известил о падении над Европой железного занавеса. Советский Союз из союзника в войне с фашизмом стал рассматриваться в качестве главного врага Западного мира. Под лозунгом борьбы с «красной угрозой» в США была принята в марте 1947 г. федеральная программа лояльности. Любой государственный служащий мог быть уволен по подозрению в сочувствии к тоталитаризму, фашизму, коммунизму или любой другой подрывной деятельности. Для увольнения стало достаточным всего лишь «разумных сомнений» (reasonable doubts) [5].

Эмилио Сегре в своей биографии [38] приводит интересные подробности о том, как в 1949 г. регенты Университета Калифорнии потребовали от своих подчиненных принести письменную клятву лояльности, в которой была декларация, что подписант не является членом коммунистической партии. Причем потребовали только от профессоров, а не от всех государственных служащих. Естественно, это возмутило часть профессуры. Совет регентов тем не менее настоял на своем и уволил тех, кто не подписал клятву лояльности. Среди них были такие известные физики как Джеффри Чу, Марвин Голдбергер и Джан Карло Вик. Никто из них не был коммунистом, но они отказались из принципа. Джек Стейнбергер, в то время молодой научный сотрудник, не подписал клятву, и будущий Нобелевский лауреат Луис Альварес прочел ему лекцию о вреде пятой колонны коммунистических предателей и не продлил контракт [63]. Начальник Радиационной лаборатории в Беркли, знаменитый ускорительщик Эрнест Лоуренс просто отобрал пропуск в лабораторию у Джан Карло Вика, когда узнал о том, что тот не подписал клятву.

Со временем Верховный суд штата Калифорнии признал действия регентов неправомочными, клятву верности – незаконной и постановил восстановить профессоров на работе или заплатить им ущерб. Пропуск Вику тоже вернули, но все эти эпизоды ясно показывают удушливую атмосферу того времени.

Интересно, как раскрывают характер Сегре его объяснения, почему он симпатизировал неподписантам, но сам клятву лояльности подписал [38]. Сегре подсчитал, что в своей жизни более 15 раз клялся в верности королю, Муссолини, партии, конституции и другим различным институциям. Причем вспомнил, что папа Пий XI в связи с фашистской клятвой сделал заявление, что в некоторых обстоятельствах можно принять такие клятвы, сделав внутри себя определенные оговорки, которые сделают клятву недействительной. Замечательно! Сделай «оговорку внутри себя» и можешь клясться о чем угодно.

Вот таким был человек, написавший, как мы увидим, донос на Бруно.

## 21. Доносы и допросы

2 февраля 1950 г. в Харуэлле был арестован Клаус Фукс. Бруно не верил, что Фукс шпион, и считал это очередной провокацией против коммунистов, следствием продолжения охоты на ведьм. Однако немецкий эмигрант Клаус Фукс во время работы в Манхэттенском проекте действительно передавал информацию из Лос-Аламоса советской разведке. После войны американцам удалось расшифровать эти донесения, и они передали информацию англичанам. Фукс тогда работал в Харуэлле. Начальник службы безопасности Харуэлла Генри Арнольд дал команду проверить эти данные. Во время допросов в ноябре 1949 г. и январе 1950 г. Фукс признал факт сотрудничества с СССР.

Случай с Фуксом стал началом новой кампании по выявлению коммунистических шпионов и обернулся многочисленными последствиями и в США, и в Англии. Через 6 дней после ареста Фукса, сенатор Маккарти выступил с речью, в которой утверждал, что у него есть список 205 коммунистов, работающих в Государственном департаменте [5]. В дальнейшем он заявил, что администрация президента-демократа инфильтривана советскими «кротами». ФБР начало активную охоту за шпионской сетью. В мае 1950 г. был арестован контакт Фукса в США Гарри Голд. За этим последовал арест Дэвида Грингласса, его двоюродной сестры Этель Розенберг и ее мужа Юлиуса. Им предъявили обвинение в шпионаже, и в 1953 г. Розенбергов казнили на электрическом стуле.

К октябрю 1950 г. более 90 иностранцев было задержано ФБР по подозрению в их неправильном политическом мышлении [4]. Чистки в Великобритании затронули до 200 иностранных и местных ученых [64]. Из-за этой атмосферы в сентябре 1950 г. Лайош Яноши, венгерский физик, занимавшийся исследованиями космических лучей в Университете Дублина, не вернулся в Ирландию после отпуска, а остался в Венгрии.

Как «охота на ведьм» протекала в случае Понтекорво, детально расписано в книгах Туркетти [5] и Клоуза [4]. Досье на Бруно было заведено в Англии еще в начале войны в связи с эпопеей о передаче тяжелой воды Халбаном и Коварским. Уже тогда Бруно был оценен спецслужбами как «mildly undesirable» (слегка нежелательный).

По Клоузу, ФБР получила на Понтекорво два сигнала, причем один донос был сделан близким другом Бруно – Эмилио Сегре. Они вместе работали в группе Ферми, именно Сегре помог получить Бруно работу в США, однако антикоммунистическая истерия плюс боязнь потерять роялти за патент по медленным нейтронам сделали свое дело. О перипетиях патентного дела мы расскажем чуть позже. Итак, 9 ноября 1949 г. Сегре сообщил сотруднику Комиссии по атомной энергии Роберту Торнтону свои подозрения о том, что несколько членов семьи Понтекорво были коммунистами и оказывали влияние на Бруно. А также выразил мнение, что переход Бруно на работу в Харуэлл был осуществлен с «дурными намерениями».

Кроме того, ФБР получило информацию от осведомителя «В» [4]:

«Информатор А, который доказал свою надежность в вопросах, связанных с коммунистами, подтверждает надежность информатора В, показавшего, что был знаком с тремя персонами в Париже, которые работали под руководством профессора Ланжевена и подвергались воздействию вируса коммунизма. Это были Бруно Понтекорво, Серхио де Бенедетто и Сальвадор Лурия. [В] сказал, что позже он встретил Бруно Понтекорво на корабле Quanza, а потом, с его помощью, встретился с Бенедетто и Лурия в Нью-Йорке. [В] сообщил, что у него сложилось впечатление, что в Париже эти трое были либо прокоммунистически настроенными, либо откровенными коммунистами. Он сказал, что разговоры с ними в США только подтвердили его убеждение. Последняя встреча с ними произошла в 1944 году. [В] сообщил, что все трое дружили с м-р Серени, коммунистом».

Я специально сохранил стиль этих доносов, чтобы было наглядно видно, что в те годы считалось преступлением и за что можно было лишиться работы. За «вирус коммунизма» и «впечатление», что ты его имеешь.

Эту информацию ФБР передало 15 декабря 1949 г. британской службе МИ-5. Торнтон же имел возможность рассказать о своих подозрениях непосредственно Кокрофту во время своего визита в Харуэлл в начале февраля 1950 г. Кокрофт велел главе безопасности Харуэлла Генри Арнольду разобраться. Оба были удивлены такими подозрениями, поскольку Кокрофт хорошо знал Бруно, а Арнольд недавно, в ноябре 1947 г., давал положительное заключение на прошение Бруно о получении британского гражданства.

Бруно в то время занимался исследованиями космических лучей и хотел поехать в Швейцарию, где в Альпах на горе Юнгфрау находилась лаборатория по их изучению. По правилам, разрешение на поездку за рубеж давал отдел безопасности. Начальник отдела Г. Арнольд решил воспользоваться этим случаем, чтобы задать Понтекорво прямые вопросы: собирается ли Бруно навестить родителей или родственников и каких политических взглядов придерживаются родственники. Бруно признался, что в 1949 г. во время конференции в Комо встречался со своим братом Джилло и что брат придерживается коммунистических убеждений. Арнольд 1 марта 1950 г. сообщил об этом в МИ-5. Удивительное совпадение, но на следующий день МИ-5 получила информацию из шведских источников:

«В Энскеде, пригороде Стокгольма, живет фру ПОНТЕ КОРВО, шведской национальности, замужем за рожденным в Италии субъектом, настоящая национальность которого неизвестна. М-р ПОНТЕ КОРВО живет в Англии, где работает на Британской Атомной Установке. Фру ПОНТЕ КОРВО была в Англии летом 1949 г. вместе со своими двумя сыновьями. И она, и ее муж являются признанными коммунистами».

Итак, с одной стороны, – это сигнал, с другой стороны, информация не совсем верная: ведь Марианна живет в Англии и у нее три сына.

Второй допрос состоялся 6 апреля 1950 г. Понтекорво подтвердил, что брат и жена брата являются коммунистами, а также одна его сестра – коммунистка, а другая – симпатизирует коммунистическому движению. Он отрицал, что он или Марианна являются коммунистами. Он заявил, что свои политические взгляды может отнести скорее к лейбористским, но главное в его жизни – занятия наукой.

Арнольд заключил, что Понтекорво действительно не имеет определенных политических предпочтений, хотя склоняется к левым движениям, сожалеет о том, что его родственники являются коммунистами, прямой и явной угрозы не представляет, но... лучше ему покинуть Харуэлл.

В МИ-5 началась серьезная работа над проверкой сообщений от шведских информаторов и анализом данных на Бруно. Клоуз приводит целый ряд доносов, содержащихся в досье Бруно. Например, записочка, что Бруно посещал тот же ресторан в Лондоне, что и Фукс. Такая же ерунда, как «фру ПОНТЕ КОРВО», поскольку Фукс никогда не назначал встречи в ресторанах. Общее заключение суммировал Роджер Холлис, будущий директор МИ-5:

«Случай Понтекорво не подпадает под стандарты немедленного увольнения, но мы не будем спокойны, если он останется там, где работает сейчас».

Другими словами, предъявить Бруно было нечего, кроме «несчастья» иметь родственников-коммунистов. Однако в те времена и этого было вполне достаточно. В качестве превентивной меры решено было подыскать Бруно позицию в каком-либо университете. Кокрофт предложил Ливерпуль, тем более что декан физического факультета Герберт Скиннер давно хотел пригласить Бруно к себе на работу. В Ливерпуле строился самый большой тогда в Европе ускоритель – синхроциклотрон. Бруно был идеальным сотрудником с опытом работ по физике элементарных частиц и по методике эксперимента. Однако университетская администрация не горела желанием брать иностранца на позицию профессора. Скиннер был в курсе проблем Бруно с безопасностью, но тут они сыграли «положительную» роль – ливерпульским чиновникам было рекомендовано принять Бруно на работу, чтобы перевести его с более режимного объекта.

Бруно долго колебался, прежде чем принять предложение Скиннера. Они с Марианной были в Ливерпуле, и город ей сильно не понравился – холодно, скучно, детям придется менять школу. Примечательно, что письмо с согласием принять пост заведующего кафедрой в Ливерпуле, Бруно отправил только 24 июля 1950 г., буквально за день до своего отъезда в отпуск, в Италию. Он поставил условие, что на постоянное жительство в Ливерпуль он переедет после Рождества 1950 г., в октябре – ноябре будет завершать работу в Харуэлле и в Ливерпуле собирается бывать время от времени, а сейчас возьмет отпуск в Харуэлле с 25 июля по 3 сентября.

Итак, в июле 1950 г. Бруно, по сути, вежливо попросили с работы. Причем главное было не в смене места деятельности. Ему дали понять, что ярлык/клеймо потенциального коммуниста отныне будет сопровождать его везде.

## 22. Август, 1950

25 июля 1950 г. Бруно взял отпуск на шесть недель. Перед отъездом была прощальная вечеринка с соседями. Марианна все время просидела в углу с журналом мод, но, как показалось соседке, она скорее скрывала лицо от слез, чем читала. Семейство Понтекорво держало уток, их поручили соседям. Как они позже рассказывали агентам секретной службы, Марианна тогда сказала странную фразу: «Позаботьтесь об утках. Мы не знаем, когда вернемся. Если не вернемся, можете уток забить...» [4]. Вспомнили также последнюю игру в теннис, по ее окончании Бруно, якобы грустно, сказал: «Мы еще поиграем, когданибудь...» [65].

Вместе с сестрой Анной Бруно, Марианна и трое детей, с палатками и всем туристическим оборудованием, сели в зеленого цвета «Вангард» и в Англию уже не вернулись. Младшему сыну Бруно Антонио было 5 лет, Тито – 6, а Джилю – 12.

Компания пересекла Ла-Манш и направилась в Сан-Тропез, затем решили заехать в Альпы, погостить в Швейцарии, потом озеро Комо, несколько дней в Доломитах – и в Рим, в гости к сестре Джулиане.

У Джиля от этого отрезка путешествия осталось два воспоминания: как отъехав от Абингдона 300 километров он полностью перестал понимать окружающих – настолько на другом английском они говорили и как при въезде в Италию пограничники не пустили тетю Анну, которая ехала в машине в купальнике, – заставили переодеться [66].

17 августа 1950 г. путешественники добралась до Ладисполи – небольшого курортного городка на море, где у Джулианы был летний дом. Там они оставили Джиля под присмотром родственников и двинулись в Цирцео, курорт, расположенный южнее Рима, в двух часах на машине. Цирцео славился морем с исключительно прозрачной водой и множеством рыбы. Бруно, наконец, смог полностью заняться подводной рыбалкой.

22 августа у Бруно был день рождения, и в Цирцео приехал Джилло со своей женой Генриеттой. В интервью нам Джилло говорил, что во время этой встречи ничто не свидетельствовало о планах Бруно резко поменять свою жизнь [9]. Единственное, что беспокоило братьев, – это сильный ветер с берега. Джилло шутил, что Бруно эмигрировал в Советскую Россию именно из-за отжимного ветра, поскольку они еле добрались до берега и Бруно был сильно раздосадован.

Интересен рассказ о событиях августа 1950-го Мириам Мафай [6]. Она писала свою книгу, многократно консультируясь с Бруно. По сути дела, это авторизованная биография. События в ней изложены так, как хотел этого Бруно. Так вот, там 22 августа описывается как идиллия: братья наловили рыбы, вечером за ужином вспоминают былые переживания во Франции, читают газеты, а там – новость о том, что правительству США предъявлен иск на 10 миллионов за использование патента о замедлении нейтронов. Мы подробно расскажем об этом патентном деле чуть позже. Туркетти вообще считает, что именно это газетное объявление стало причиной отъезда Бруно [5].

Но на наш взгляд более интересен другой эпизод, описываемый Мафай: Генриетта должна была вернуться в Париж и спросила Бруно, не захватит ли он ее на обратном пути в Англию? Сестра Анна решила возвращаться поездом, поэтому в машине освобождается место. Но Бруно ответил, что у него нет четкого расписания дальнейших передвижений, они хотели заехать к родителям в Шамони, а затем, может быть, посетить родителей Марианны в Стокгольме. Запомните эту фразу! Она очень существенна для понимания дальнейших событий.

23 августа Бруно едет в Рим. По дороге попадает в аварию – велосипедист выехал перед самой машиной, Бруно резко свернул на обочину, и машина стукнулась в дерево. Никто не пострадал, автомобиль повредился не слишком сильно, но все-таки потребовал ремонта, и Бруно оставил его в Риме. Вернулся в Цирцео и послал родителям телеграмму, что из-за болезни детей и поломки машины в Шамони к ним не приедет, а вернется в Англию.

Дальнейшие несколько дней разные авторы книг о Понтекорво описывают по-разному. Клоуз и Туркетти считают, что именно тогда произошло какое-то внезапное событие, изменившее всю дальнейшую жизнь Бруно. Что Бруно стал хаотически перемещаться между Римом, Цирцео и Ладисполи.

Мафай, напротив, рисует продолжение курортной идиллии: Бруно вместе с Марианной навещает свою тетю Клару Колорни на ее вилле в Форте-деи-Марми, где «он сыграл десятки теннисных матчей со всеми кузенами и благовоспитанными мальчиками Форте и Виареджио». Одна из внучек Клары Колорни, которая случайно оказалась на вилле в тот день, так описывает происходящее: «Внезапно я увидела у ворот виллы эту красивую пару. Он такой симпатичный брюнет, она такая светловолосая, красивая, элегантная. Он попросил осмотреть небольшой виноградник, который был у нас за виллой. Марианна наблюдала за всем внимательно и любопытно, даже немного взволнованно, как будто она никогда не видела и не собирала виноград с лозы. Мы пили чай в саду. Бабушка наивно спросила, знает ли Бруно секрет атомной бомбы. Он засмеялся и ответил – тетя, секрет атомной бомбы состоит из четырех пустяков. Он выглядел очень очаровательным, красивым и уверенным».

Ни Клоуз, ни Туркетти про этот визит не упоминают. Однако Клоуз приводит любопытную деталь: автомобильная страховка Бруно кончалась 23 августа. Как будто возвращаться в Англию на автомобиле он не планировал...

27 августа семейство переезжает из Цирцео в Рим, где останавливается на квартире Джулианы и Дуччио Табет. Джиль с родственниками тоже приезжает в Рим из Ладисполи.

29 августа. Бруно оставляет на ремонт свой «Вангард» в автомобильной мастерской на пьядца Верди. Посещает

офис шведской авиакомпании SAS и резервирует пять билетов до Стокгольма. По правилам, билеты надо было выкупить в тот же день, но Бруно попросил подождать до завтра. Выглядел он настолько непрезентабельно, что кассир SAS поспорила с коллегами: он не появится до полудня следующего дня и не выкупит билеты [4].

30 августа. И выиграла пари, поскольку на следующий день Бруно явился только в 4 часа. Он хотел заплатить в лирах, но ему не разрешили: как иностранец, он должен был заплатить в долларах. Бруно разозлился, пытался убедить кассиршу, но это не удалось. Тем не менее уже через несколько часов он явился и заплатил 602 доллара стодолларовыми купюрами. Этот факт четко ложится в схему заранее продуманной операции, причем ясно, что доллары были из советского посольства. Позже сестра Анна показала, что в начале их путешествия у Бруно и близко не было такой суммы.

31 августа. Бруно послал в Ливерпуль телеграмму, что в связи с инцидентом с машиной на работу выйти вовремя не успеет и приедет в Ливерпуль 7 сентября, к открытию конференции по физике элементарных частиц. Послал также телеграмму родителям с извинениями, что не сможет приехать.

1 сентября. Полетели в Стокгольм с пересадкой в Мюнхене. Багаж составлял 60 кг в 10 сумках и чемоданах. Довольно скромно на семью из пяти человек. Клоуз пишет [4] об интересной детали: вместе с Бруно в Стокгольм через Мюнхен летели еще два господина, некий Ф. Витка – совсем без багажа, и Р. Аллегрини – со скромными 15 кг. Удивительно, но после исчезновения Бруно МИ-5 не удалось найти ни синьора Аллегрини, ни господина Витка.

2 сентября. Прилетели в Хельсинки. Марианну пропустили в Финляндию без вопросов – она путешествовала со временным шведским паспортом. А Бруно остановили – у него не было визы. Но для британского гражданина это не было проблемой, визу он мог получить на следующий день. Паспорт забрали. Бруно сказал, что будет в отеле. И отбыл, так никогда и не забрав этот паспорт. Понтекорво исчезли на пять лет.

Мафаи пишет [6], что в начале 90-х она была на встрече Бруно с сестрами Лаурой, Анной и Джулианой в Риме. Обсуждали различные семейные дела, и вдруг Бруно стал рассказывать, что тогда происходило в Хельсинки:

«Сразу пошли в советское посольство. И через некоторое время уехали на двух машинах. В первой была Марианна и дети, им сказали, что я вскоре присоединюсь к ним. Я скрытно ехал в багажнике другой машины. Во время поездки думал о том, что скажу по приезде в Москву. Подготовил своего рода небольшую речь, адресованную моим западным коллегам, в которой намеревался объяснить причины своего выбора. Вышел на воздух только после того, как мы пересекли границу» [6].

Старший сын Бруно Джиль вспоминает этот эпизод так: «Мы где-то сели в машину – едем, едем по красивому лесу, куда-то доехали, переехали границу. Там нас встретил какой-то военный, подарил маме шоколадный набор, потом мы пересели в ЗИС-110 и поехали на маленькую местную станцию, какие бывают на Севере, довольно долго ждали поезд и уехали в Ленинград» [43]. Сам он во время поездки размышлял, что это родители опять придумали и куда они нас завозят на этот раз [66]? За последний месяц дети побывали в шести странах, и подозреваю, что все впечатления у них сильно перемешались.

В Ленинграде семья пробыла день, затем их перевезли в Москву.

Между тем в Абингдоне к дому Понтекорво по-прежнему доставлялось молоко. Его никто не забирал. Оно скисало. Молочник прекратил поставки, тем более что Понтекорво задолжали ему еще до отпуска. Потом молочник направил счет в советское посольство. Наивный. В конце сентября соседи поняли, что Понтекорво не вернутся, и съели их уток.

Официальные власти стали искать Бруно после 20 сентября 1950 г., когда директор Харуэлла Кокрофт приказал начальнику службы безопасности Г. Арнольду установить местонахождение Бруно. Вскрыли дом. Все вещи были на месте, включая меховую шубу Марианны. Нашли письмо о бронировании билета на паром с континента на 4 сентября. Новости об исчезновении Бруно появились 21 сентября, когда все английские газеты сообщили о загадочном исчезновении Бруно Понтекорво с семьей во время путешествия по Финляндии.

Дж. Фидекаро рассказывал интересную историю [29]: поскольку Бруно не оставил заявления об увольнении, его позиция в Ливерпуле оставалась вакантной в течение более пяти лет. Никто не мог ее занять, так как, по британским законам, если официально неизвестно, где находится государственный служащий, – уехал, умер, исчез – никто не может занять его штатную единицу. А поскольку официально местонахождение Бруно стало известно лишь в 1955 году, то все время до этого его позиция в Ливерпуле оставалась вакантной.

## 23. Что же произошло?

После исчезновения Бруно МИ-5 и ФБР провели тщательное расследование. Были допрошены все родственники Бруно и сотрудники, с кем он работал. Гвидо Понтекорво, отвечая на вопросы британской контрразведки, утверждал, что Джулиана и ее муж Табет могли влиять на Бруно, но устроить побег мог только Эмилио Серени. Джиль также подозревает, что тетя Джулиана что-то знала, но всячески отрицала [4]. Однако все попытки найти какой-то компромат, какие-то намеки на причины отъезда или пропавшие сведения – оказались тщетными.

Основные выводы расследования МИ-5:

- версия о шпионаже – не подтверждается;
- версия о похищении – тоже;
- причина побега – неясна;
- вероятно, что Джулиана, Джилло или какой-то другой коммунистически настроенный член семьи убедил Бруно, что в СССР ему будет лучше.

24 октября Форин Офис разослал в 46 британских посольств и консульств телеграмму:

«Доктор Понтекорво занимался несекретной работой в Харуэлле и, хотя его знания могут быть использованы русскими в области фундаментальных научных исследований, нельзя полагать, что ему известны какие-то важные сведения об атомных вооружениях».

На слушаниях Объединенного Атомного комитета конгресса США о советском атомном шпионаже в апреле 1951 г. про Бруно написали [67]:

«Особая ситуация имеется с др. Бруно Понтекорво, итальянцем по рождению, британским ученым, который работал в канадских атомных центрах и посещал американские лаборатории во время Второй мировой войны. В октябре 1950 г. он отправился на восток и исчез за железным занавесом. Понтекорво, может быть, и не имел какой-то секретной информации перед побегом. Но надо ясно понимать, что каждый кусочек информации, который был известен др. Понтекорво, теперь станет известным Советам. Поэтому последствия его побега одни и те же, в независимости от того, был он или не был агентом Советов, когда работал на западе. Поэтому Понтекорво принадлежит к той же группе предателей атомных секретов, что и Фукс, Мэй, Грингласс. По степени влияния на Советский атомный проект Понтекорво можно поставить позади Фукса, но впереди Мэя и Грингласса».

Логика очень интересная: есть Фукс, Мэй, Грингласс, про которых ясно, что они сделали. Имеются их исчерпывающие показания. И Бруно, который уехал в другую страну, никого об этом не предупредив. В этом его вина? Нет, предъявленное обвинение таково:

«Хотя Понтекорво не имел прямого контакта с производством оружия, *можно предположить* (“one may assume” – *курсив мой*), что он передал данные по ядерному реактору с 1943 г. до сегодняшнего момента, тем самым дополнив информацию по производству атомной бомбы и урана-235, которую передал Фукс, и, следовательно, создав для России многогранную картину с разных точек зрения. В любом случае, с сентября 1950 г. Советы приобрели не просто человеческий источник знания об Англо-Американско-Канадском атомном проекте, но и первоклассный научный мозг».

Вот и все обвинения. То есть сейчас в моде выражение «highly likely», а тогда – «one may assume». И главное – обидно, что «Советы приобрели первоклассный научный мозг».

Далее, на слушаниях в конгрессе, Бруно называли более талантливым ученым, чем Фукс, и заключили, что поэтому он является «вторым страшнейшим шпионом в истории» («second deadliest spy in history»).

Для слушаний запросили мнения Э. Ферми и Ф. Разетти. Интересно, как Ферми характеризовал Бруно:

«По-моему, он не сильно интересовался активностями, связанными с разработкой атомных проблем, за исключением тех, что были связаны с научными исследованиями. В особенности я не помню, чтобы он обсуждал со мной какие-либо вопросы, связанные с атомной технологией и показывал какой-либо интерес к атомным вооружениям.

По этим причинам, по моему мнению, если он действительно уехал в Россию, то он может сделать вклад в их деятельность не столько теми вещами, которые он узнал в ходе канадского или английского проектов, но скорее через свою общую научную компетенцию.

Я не помню, чтобы Понтекорво сильно интересовался политикой, и я не помню, чтобы он когда-либо вел со мной политические дискуссии».

То есть Ферми, в основном, все «не помнил», но ясно утверждал одно: то, с чем Бруно сталкивался по работе, не есть особый секрет. Русские это уже прошли.

Ф. Разетти высказался в том же духе: на его взгляд, Бруно в политике не замешан, занимался космическими лучами, к атомным секретам интереса не проявлял. Но добавил несколько интересных деталей: если Бруно действительно уехал в Россию, то сделал он это в результате «искренней веры в их систему», для того чтобы жить с «близкими по духу», а не для того, чтобы «передать им атомные секреты». Разетти тоже сомневался, что Понтекорво мог иметь доступ к каким-то ценным секретным сведениям.

Кроме того, Разетти характеризовал Бруно как хорошего ядерного физика, но не как «выдающегося», типа Ферми, Теллера, Гамова, Бете и др. По его словам, «в США найдется, может быть, 100 физиков-ядерщиков класса Понтекорво». Очень любопытное высказывание.

Действительно, что важного сделал Бруно до 1950 г.?

- Участвовал в открытии замедления нейтронов.
- Исследовал изомерию.
- Предложил нейтронный каротаж.
- Предложил хлор-аргоновый метод детектирования нейтрино.
- Усовершенствовал пропорциональные счетчики.
- Выдвинул гипотезу об универсальности слабого взаимодействия.
- Провел опыты с мюонами и бета-распадом трития.

Интересно, что добавится в этот список в советский период творчества Бруно?

В материалах слушаний в Конгрессе много любопытного, причем материалы из газет перемешаны с официальными заявлениями. Так «Хартфорд Курант» писал 25 октября 1950 г., что Антонио, младший сын Бруно, говорил в самолете, что они едут в Россию, и постоянно спрашивал в самолете и в автобусе из аэропорта «Это уже Россия?».

Там же приводится стенограмма обсуждений в палате лордов британского парламента. Разъяснения давал лорд Лукас Чилуорт, парламентский секретарь британского министерства транспорта. Он подчеркнул, что не было никаких официальных причин, чтобы помешать британскому гражданину Понтекорво выехать за рубеж, а также заявил: «Др. Понтекорво, хотя работал в отделе ядерной физики Харуэлла, не был занят секретной работой. В течение нескольких лет до этого его контакты с такой работой были очень ограничены, и у него не было непосредственного контакта с работами по созданию атомного оружия».

Такой же позиции придерживался и министр снабжения Г. Штраус, который давал соответствующие пояснения в палате общин британского парламента. Там ему задали хороший вопрос: «Как же так произошло, что выдающийся физик получал годовую зарплату 1100 фунтов? Не является ли произошедшее поводом задуматься о пересмотре зарплат ученым?»

Прошло время, открылся огромный массив секретных данных и по дешифровке советской переписки, и по архивам КГБ, вывезенным различными перебежчиками в 90-х, но никаких официальных данных о возможной шпионской деятельности Бруно не обнаружено. Я подчеркиваю: официальных – поскольку ни правительство Великобритании, ни правительство США не предъявили Бруно никаких обвинений в какой-либо незаконной деятельности. И это надо обязательно иметь в виду, когда вы будете читать следующие версии Туркетти и Клоуза.

Туркетти [5] считает, что ключевым событием, подтолкнувшим Бруно к изменению его жизни, было опубликование 22 августа 1950 г. во всех мировых СМИ сообщения об иске «мальчиков с улицы Панисперна» к американскому правительству на 10 млн. долларов. Сумма непомерно огромная по тем временам.

История патента о замедлении нейтронов удивительна и поучительна. Если в 1936 г. на предложение Корбино подать патент Ферми звонко смеялся, то затем он и его ученики стали с успехом продавать этот патент сначала в Европе, а с 1940 г. и в США. Они получили американский патент на сам метод, а также на его использование для производства радиоизотопов.

Бруно даже удалось продать будущие роялти! За 50 долларов он уступил 5 % будущих доходов С. Щербацкому, а за 500 долларов – 50 % своей доли продал Эудженио Фубини [5].

Однако ситуация с получением возможных роялти была довольно непростой. В Лос-Аламосе с самого начала атомного проекта был открыт патентный отдел. Он отслеживал новые открытия ученых и защищал соответствующую интеллектуальную собственность в виде открытых и секретных патентов. Всего было подано 1250 патентов, из которых 100 были засекречены. Например, Ферми зарегистрировал 18 изобретений, за каждое из которых он получил от американского правительства символическую плату в 1 доллар [5].

Однако это были новые изобретения, возникшие в ходе исследований под эгидой и на деньги американского правительства. Что же касалось использования уже сделанных открытий, то в 1943 г. Ферми и Сегре обратились к патентным руководителям с просьбой рассмотреть вопрос о компенсации за использование патентов, которые были созданы до начала работ по атомной бомбе. Переговоры велись через патентного поверенного Габриелло Джанини, которому была передана доля авторских прав по патенту.

Дело осложнялось различными бюрократическими препонами, исчезновением одних законодательных органов, возникновением других. В результате только к 1947 г. был получен ответ ведомства на запрос Джанини. Изобретатели хотели получить за использование патента на замедление нейтронов миллион долларов плюс по 100 тыс. за каждый год его использования до окончания действия патента в 1957 г. Однако патентное ведомство сочло такие запросы необоснованными. В ответе подчеркивалось, что некоторые из авторов изобретения являются итальянцами, подданными вражеского государства, которым не полагается никакое возмещение, а также то, что Э. Ферми является государственным служащим и тоже не может претендовать на вознаграждение.

Меж тем замедление нейтронов играло не только ключевую роль в процессе накопления плутония, что было основой для атомной бомбы, но и для наработки самых различных изотопов, которые стали использоваться для медицинских и промышленных целей. Уже в 1949 г. государственная Комиссия по атомной энергии продавала 94 изотопа, а никакого вознаграждения авторы патента за это не получали. Поэтому в 1950 г. Джанини решил действовать самостоятельно и, не консультируясь с авторами, подал иск в суд на Правительство США, запрашивая рекордную сумму в 10 миллионов долларов. В современных деньгах, как утверждает Ф. Клоуз, эта сумма составила бы 100 млн. долларов [4]. Претензий такого масштаба по патентным делам доселе не было.

23 августа 1950 г. новости о судебном иске достигли Италии. Газета Итальянской компартии «Унита» писала о том, как американское правительство обокрало Энрико Ферми, изготавливая атомное оружие и не платя за интеллектуальную собственность.

По мнению Туркетти, именно дело о патентном иске стало главной причиной, которая побудила Бруно уехать в СССР. Он утверждает, что Бруно боялся публичности, которая может повлиять на продолжение расследования его коммунистических связей. Дело в том, что после войны появилась норма подвергать проверке ФБР не только всех государственных служащих, работающих в атомном проекте, но и всех участников договоров, связанных с атомным проектом. Например, если вы судитесь с государством по делам, связанным с атомным проектом, то перед судом вы обязаны быть проверены ФБР. В частности, патентное ведомство запросило информацию о национальности и местонахождении авторов патента по медленным нейтронам, включая информацию о сделке между Понтекорво и Фубини.

Через 8 дней после объявления в газетах о патентном иске Бруно уехал. И вот именно этот короткий срок вызывает у меня вопрос – можно ли организовать операцию по переброске супружеской пары с тремя детьми за неделю? Причем сама по себе способность оперативных работников КГБ осуществить такую операцию в короткое время не вызывает сомнения. Но ведь вначале кто-то должен был принять административное решение. Что называется, согласовать операцию. Отдать команды о выполнении всем оперативным подразделениям. Честно говоря, не верится, что если только 23 августа руководство КГБ получило сигнал о желании итальянского коммуниста переехать в СССР, то к 30 августа оно все решило и дало команду к проведению операции. Скорее всего, все было подготовлено и начато еще в Англии.

В чем я согласен с Туркетти, так это в том, что патентная история сыграла большую роль в жизни Бруно. По мнению Туркетти, Эмилио Сегре написал донос на Бруно именно из-за желания получить свой миллион. Патентная тяжба на большую сумму тянулась семь лет, и когда началась травля коммунистов, конечно, возник соблазн убрать «мешающие обстоятельства».

Итак, по Туркетти, триггером для принятия решения об отъезде стала патентная тяжба. Переезд Бруно, согласно Туркетти, был организован мощной политической организацией того времени «Партизаны мира». «Партизаны» боролись против распространения ядерного оружия. Они организовывали различные митинги, шествия, конференции, чтобы добиться запрещения ядерного оружия. «Партизаны» были частью общего движения за нераспространение ядерного оружия, в котором принимали участие Альберт Эйнштейн, Бертран Рассел, Пабло Пикассо, Ренато Гуттузо, Чарли Чаплин, Томас Манн, Ле Корбюзье, Дюк Эллингтон и другие звезды науки и искусства. Особенно успешно «Партизаны мира» действовали в Италии. Здесь сотни тысяч добровольцев собирали подписи в каждом уголке страны. В результате 18 миллионов итальянцев подписали Стокгольмское воззвание о запрещении атомного оружия.

Туркетти утверждает, что важную роль в побеге Бруно сыграл его кузен Эмилио Серени. Он был видным представителем «Партизан мира» и, как утверждает Туркетти, заинтересован в осуществлении акции, которая бы показала, что борьба за ядерное разоружение вступила в новую фазу: прогрессивные ученые-атомщики, не желая использовать свои знания в военных целях, стали показывать свой протест действиями – эмигрировали в страну, которая выступала против гонки вооружения. Действительно, официальная позиция СССР в то время состояла в запрете ядерных вооружений. Финансировала побег Бруно, согласно Туркетти, Итальянская коммунистическая партия через свой фонд для секретных операций. Деньги в этот фонд предоставляла Москва. Бывший казначей этого фонда Джулио Сенига признавался, что план побега был согласован с советским посольством в Риме, переговоры вели генеральный секретарь Итальянской коммунистической партии Пальмиро Тольятти при участии Пьетро и Маттео Секкиа.

Есть только маленькая нестыковка: непонятно, где и когда Бруно мог встретиться с Серени. Известно, что в Англию Эмилио не приезжал. Нет свидетельств их встречи в Италии во время отпуска Бруно летом 1950 г. По приезду в СССР Бруно не то чтобы выступил с какими-то лозунгами о запрете ядерных вооружений, а вообще исчез на пять лет. В чем же тогда профит для «Партизанов мира»? Поэтому версия о том, что «Партизаны

мира» убедили Бруно перебраться в СССР, чтобы своим поступком дать пример ядерным физикам западных стран прекратить работу над атомным оружием, кажется мне довольно шаткой и наивной.

Туркетти вообще рисует портрет Бруно как ужасного монстра, этакого доктора Зло. Но интересными словами. По его мнению, сила Бруно как ученого состояла в умелом использовании знаний из разных областей: невинные опыты по замедлению нейтронов он использовал для поисков нефти, опыт нейтронного каротажа пригодился при конструировании решетки ядерного реактора, ядерный реактор подтолкнул идею использовать его как источник нейтрино. Туркетти подчеркивает, что уникальность Бруно состояла в том, что он и писал статьи про универсальность слабого взаимодействия, и делал своими руками пропорциональные счетчики. Вот в этом я с ним полностью согласен.

Туркетти анализирует разные шпионские версии исчезновения Бруно. Существует много версий, что Бруно был одним из многочисленных агентов Кремля, занимавшихся атомным шпионажем. Однако все они не сходятся с фактами и могут быть резюмированы точно так же, как это сделал следователь из МИ-5 Рональд Рид, который расследовал дело Бруно по свежим следам. Он тогда написал, что Бруно мог быть шпионом, но имеющихся доказательств недостаточно, чтобы это утверждать. Нужны новые доказательства. Однако за последние 70 лет, что прошли с момента переезда Бруно, таких доказательств не появилось. Что само по себе очень значительно – никакая государственная секретная служба не смогла предъявить Бруно что-то конкретное.

Туркетти делает правильный вывод, что в реальности Бруно пострадал от антикоммунистической истерии. Его лишили работы на основании коммунистических взглядов родственников. Бруно надо сравнивать не с Фуксом и Аланом Мэйем, а с Р. Оппенгеймером, И. Раби, Э. Кондоном и Ф. Жолио-Кюри – все они пострадали от охоты на ведьм в США или Европе.

Конечно, Бруно был шпионом. Передал русским чертежи реактора в Чок-Ривер. Передал образец урана через известную советскую разведчицу Лону Коэн. Причина его побега ясна: в июле 1950 г. ФБР известило британское посольство о том, что в 1942 г. его агенты приходили в дом некоего Бруно Понтекорво, который сейчас работает в английской ядерной лаборатории. ФБР интересовало, не замечали ли английские коллеги коммунистических наклонностей Бруно в настоящее время или имеют какой-то компромат на его прошлые коммунистические активности. Согласно Клоузу, соответствующее письмо попало к небезызвестному Киму Филби, который в то время отвечал за связь с ФБР в британском посольстве в Вашингтоне. Филби, ясное дело, предупредил советских руководителей, что товарищем Понтекорво заинтересовалось ФБР. Центр дал команду агенту Понтекорво срочно эвакуироваться на Восток.

Есть известный роман Джона Ле Карре «Шпион, который пришел с холода». Как сценарий для фильма «Физик, который пришел с холода» эта версия вполне годится. Но если просто прочесть текст письма, то она вызовет сильное сомнение.

Итак, вот что писал сотрудник британского посольства по связям с ФБР Г. Т. Д. Паттерсон 13 июля 1950 г.:

«ФБР известило меня, что Понтекорво работал в канадской атомной программе во время войны, а до этого жил в США. Бюро просит нас послать информацию, которая у нас, возможно, имеется, указывающую на то, что Понтекорво вовлечен в какие-либо коммунистические активности в настоящее время или участвовал в них во время проживания в США».

Все. Почему это должно вызвать озабоченность Филби? Ни о какой шпионской деятельности в пользу СССР в тексте речи нет. Типичное письмо времен «охоты на ведьм», когда на основе инцидента, который произошел восемь лет назад (!), шла проверка, к которой хотели привлечь британскую секретную службу, как будто это был просто еще один отдел ФБР.

Чтобы свести концы с концами, Клоуз делает следующее допущение: Филби имел доступ к информации об операции «Венона», в ходе которой американцы расшифровали радиопередачи советского посольства в США и узнали, что в их атомном проекте работают «кроты» с псевдонимами «Млад», «Квантум» и др. Поэтому Филби предположил, что Понтекорво – это один из этих агентов СССР, и встревожил руководство в Москве. Но все эти агенты работали в Лос-Аламосе и других американских лабораториях. Бруно – в Канаде, о чем явно написано в донесении ФБР.

Понимая шаткость всей этой конструкции, Клоуз в конце книги приводит главное доказательство своей версии: Бруно якобы покрыл матом интервьюеров из американской телевизионной сети ABC. Они снимали в Москве фильм о Лоне Коэн, пришли в больницу, где она тогда лежала, и обнаружили, что Бруно тоже там лечится. Но от съемок он отказался, сказав, якобы: «Я хочу остаться в истории выдающимся ученым, а не вашим ё... шпионом».

Это замечательное высказывание в книге Клоуза выделено курсивом и приведено на русском, записанным латиницей. В своих публичных выступлениях Клоуз обязательно спрашивает русских в аудитории, есть ли в могучем русском языке такое замечательное слово на букву ё.

Именно этот анекдот завершает книгу Клоуза как главное доказательство. Как же! Сам сознался!

Особенно противно, что теперь, вслед за Клоузом, можно найти эту матерную фразу в выступлениях и роликах на Youtube самых разных персон. От товарища, который уверяет, что Бруно был испанцем, до Фримена Дайсона – очень заслуженного физика, который написал целое эссе по поводу этой фразы.

Но прочтем внимательно, что пишет Клоуз: интервьюером Лоны Коэн был некий русский историк, готовящий материал для фильма ABC. Он был в госпитале в сопровождении представителя КГБ. Историк сам с Бруно не разговаривал, про интервью послал спросить кгбэшника. И тот вернулся с такой «клюквой». Так это чей мат – Бруно или кгбэшника – сейчас комментирует Фримен Дайсон и обсуждает на своих лекциях Клоуз?

Я, конечно, не верю, что Бруно изъяснялся как водопродчик. Оборот «хочу остаться в истории выдающимся ученым» – уж слишком пафосный, чтобы быть правдой. Про историю с фильмом ABC мне рассказывали сразу после того, как она произошла. И совершенно в другом ключе: Бруно просто хотел сказать, что он – ученый, с какой стати должен давать интервью для фильма о шпионах?

Клоуз, конечно, пытается быть объективным исследователем. Честно фиксирует, что все опрашиваемые им люди отзываются о Бруно как об очень дружелюбном, общительном, талантливом человеке, не похожем на злобного шпиона. Но не забывает добавить, что Фукс тоже был милым человеком. Как объективный исследователь, он честно указывает недостатки своей версии. Так, конкретные даты поездок Бруно в США не совпадают с показаниями Лоны Коэн. Известно, что Бруно был в Штатах и вернулся в Канаду 2 января. Коэн не была в Канаде до 11 января 1945 г. Следующая поездка Бруно в США была в мае, а Коэн четко говорит о «встрече с человеком на канадской границе в морозные первые месяцы 1945-го». Какой вывод из этого делает Клоуз? «Наверное, память Коэн ей изменила».

Наконец, он просто заявляет:

«Вопрос о том, передавал ли Понтекорво секретную информацию, – вторичен. Поскольку он был там (в России), его ноу-хау стали ключевыми для Советов. Несмотря на весь шум вокруг Клауса Фукса и других атомных шпионов, их информация скоро устаревала. Бруно Понтекорво, напротив, принес с собой уникальный опыт, который в течение пяти лет нещадно эксплуатировался Советскими властями для продвижения их ядерных амбиций».

Мы подробно расскажем о том, как протекала «нешадная эксплуатация» и какие «ядерные амбиции» удовлетворял Бруно во время работы в СССР чуть позже.

Отдельное место в литературе о Бруно занимают мемуары Павла Судоплатова – руководителя отдела «С» НКВД, который координировал деятельность разведки по американскому атомному проекту [68]. Он утверждал, что Бруно завербовал подчиненный Судоплатова Лев Петрович Василевский, который «наладил связь с Понтекорво в Канаде и некоторыми специалистами Чикагской лаборатории Ферми. Понтекорво сообщил Василевскому, что Ферми положительно отнесся к идее поделиться информацией по атомной энергии с учеными стран антигитлеровской коалиции. Позднее мы получили дополнительное сообщение об устройстве атомной бомбы через каналы связи от Понтекорво («Млад»), которое передала Лона Коэн» [68].

Воспоминания Судоплатова вызвали бурю откликов среди историков науки. Если им верить, то с советской разведкой сотрудничали все лучшие физики того времени – Нильс Бор, Энрико Ферми, Роберт Оппенгеймер. В воспоминаниях Судоплатова было обнаружено много несоответствий и выдумок.

Меня лично смешит фраза:

«В конце января 1943 г. была получена информация от Семенова, что в декабре 1942 года в Чикаго Ферми осуществил первую цепную реакцию. Наш источник, насколько я помню, молодой Понтекорво, сообщил о феноменальном успехе Ферми условной фразой: «Итальянский мореплаватель достиг Нового Света». Эта фраза означала, что Ферми запустил атомный реактор».

Хорошо известно, что эта фраза действительно из телеграммы о запуске реактора. Только послана она не в НКВД, а в администрацию Рузвельта, и послал ее не Понтекорво, а Артур Комптон – руководитель уранового проекта США. Удивительно, как такой явный ляп тем не менее не был исправлен редактором книги и опубликован.

Степень правдивости воспоминаний Судоплатова отражает заявление Службы внешней разведки РФ о том, что в них столько неточностей, что она эти мемуары не комментирует.

Важнейшие свидетельства дает знаменитый разведчик Владимир Борисович Барковский. В 1940 годах он работал в лондонской резидентуре Иностранного отдела НКВД, занимался обработкой и получением научно-технической информации. Первые документы о значительном размахе работ по созданию ядерного оружия за рубежом поступили именно от лондонской резидентуры в 1941 г. В интервью с известным историком науки В. П. Визгиным [69] он сообщает важную для нас информацию:

«В. П. Визгин: Среди “атомных разведчиков”, с которыми работала армейская разведка, был также Аллан Мэй, работавший в Канаде. Согласно К. Эндрю и О. Гордиевскому [70], он летом 1945 г. сумел передать в Центр образцы обогащенного урана. Там же, по данным упомянутых авторов, действовал и “второй важнейший атомный шпион в Монреале” Бруно Понтекорво, работу которого в этом качестве оценивали “едва ли не так же высоко, как работу Фукса”. Как Вы можете прокомментировать это?

В. Б. Барковский: Аллан Мэй действительно был агентом ГРУ и внешней разведке НКГБ не передавался. Поэтому о характере его деятельности в Канаде мне ничего не известно. Что касается Понтекорво, то в числе наших источников информации по атомной проблематике он не числился, и измышления Гордиевского по

этому поводу подкрепляются им туманными ссылками на анонимных офицеров, якобы знакомых с делом Понтекорво. Могу заверить, что, в силу тщательно охраняемой секретности разведывания проблем ядерного оружия, офицеров, способных информировать Гордиевского о конкретных проявлениях деятельности НТР в этой области, в природе не существовало. Сам Гордиевский никакого отношения к научно-технической разведке не имел».

То же самое Барковский подтвердил в 1994 г. в интервью итальянской газете «Коррьере делла сера» [71]. Он отрицал, что Бруно был агентом КГБ, хотя говорил, что его отдел научно-технической информации имел досье на Понтекорво, как и на каждого ученого, занимающегося ядерной проблемой. Что, как мы видели уже по информации из Монреаля, было чистой правдой.

По версии, изложенной В. Б. Барковским в «Коррьере делла сера» [71], допросы в Харуэлле и общая атмосфера охоты на коммунистических ведьм заставили Бруно написать письмо советскому послу в Риме с просьбой о помощи. Сделано это было через доверенного человека, близкого Компартии Италии и связанного с КГБ. По словам Барковского, Бруно очень переживал учиненные ему допросы и хотел, чтобы вся операция была проведена под большим секретом. В результате ученого эвакуировали по планам КГБ, предназначавшимся для секретных агентов. Барковский отрицал всякую связь Понтекорво с агентами, передававшими информацию из Манхэттенского проекта. Он говорил, что самые первые сведения об атомной бомбе поступили от агента, чье имя до сих пор является высшим секретом, его кодовое имя – Персей.

Кончается эта статья итальянского журналиста эффектно. Всем же ясно, что кодовые имена агентам русские давали не просто так. А Персей, сын Зевса и Данаи, победитель Медузы Горгоны, освободитель Андромеды – это же типичный герой-красавец. Ровно как и Бруно Понтекорво. Великолепная логика!

Итак, по утверждению Барковского, все события августа 1950 г. – это не стихийное решение, возникшее под влиянием статьи в газете о патентном деле, а реакция затравленного человека, которого вынудили уйти с работы и которому общая ситуация «охоты за ведьмами» не сулила ничего хорошего. Если вспомнить, что письмо о согласии перейти на работу в Ливерпуль Бруно отправил 23 июля, а 24 июля отбыл в отпуск в Италию – все кажется логично.

Получается, что Понтекорво с самого начала отпуска знал, чем он должен закончиться. Фраза, которой он в Цирцео обмолвился с Генриеттой, женой Джилло, о желании навестить родителей Марианны в Стокгольме, была далеко не случайной.

Но давайте дадим слово самому Бруно.

«В 1950 г. атмосфера стала невыносимой для меня. Помимо моральных переживаний, о которых я говорил, прямые допросы и медоточивые вымогательства со стороны полицейских властей убедили меня, что я не смогу сохранить собственное достоинство, если останусь там, где нахожусь. С тех пор, как в 1936 г. я стал антифашистом, я познал на неопровержимых фактах руководящую роль Советского Союза в борьбе против фашизма и войны. В связи с этим в 1950 г я эмигрировал из Англии, где работал в лаборатории в Харуэлле, и попросил убежища в Советском Союзе» [72].

«Я эмигрировал в СССР и как ученый, и как “товарищ”, по идейным соображениям. Я знал, что в Советском Союзе были все возможности для работы исследователя-ядерщика, ощущал весь накал холодной войны и как специалист встал на сторону СССР. Это был мой выбор, на который я имел полное право и о котором никогда не сожалел и не сожалею. Россия стала моей второй Родиной, я обрел чистых и искренних друзей, товарищей по работе, творчеству, изысканиям в сфере приложения моих знаний. Конечно, в СССР меня охраняли, но это было формально. О каком шпионаже могла идти речь, если я жил в Советском Союзе, отдавал ему все свои знания, был наравне с другими ведущими учеными в СССР? Оправдываться мне не в чем. Я жил всегда по совести и открыто. Вот и весь мой “шпионаж”...» [73]

В принципе, в этих двух высказываниях все написано: человек, убежденный антифашист (коммунист) с 1936 г., всегда испытывал самые теплые чувства к Советскому Союзу (специально слушал звон кремлевских курантов), на фоне угрожающих допросов, вызванных доносами о коммунистических наклонностях его и родственников, принял нестандартное решение.

Но это простое объяснение выглядит скучно. Где же шпионская составляющая? Украденные секреты? В этом помогут разобраться показания людей, которые допрашивали Бруно в его первые дни в Москве.

Из мемуаров известного физика Бориса Лазаревича Иоффе [74]:

«Где-то в 1950 году Галанина неожиданно вызвали в Кремль. Такой вызов был весьма необычным: вызывали в разные места, но в Кремль – никогда. Поскольку Галанин занимался реакторами, было очевидно, что вызов связан с реакторным делом. Обычно Галанин все реакторные проблемы обсуждал с Рудиком и мной: мы тоже вели расчеты реакторов – иначе просто нельзя было бы работать. Но тут он вернулся из Кремля – и молчит. В то время у теоретиков ТТЛ действовал введенный Померанчуком принцип: не спрашивать. Как говорил Исаак Яковлевич, “кому нужно, я сам скажу”. Поэтому мы и не спрашивали. Молчал Галанин долго – несколько лет, но потом все-таки разговорился. Оказывается, его вызывали в Кремль на допрос Понтекорво. Там собралась группа физиков, и им предложили задавать Понтекорво вопросы о том, что он знает по атомной проблеме. Но Понтекорво знал только общие принципы. Собравшихся же в основном интересовали технические детали – например, как изготавливаются урановые блоки реактора, какова технология того или иного процесса и так

далее, а этого Понтекорво не знал и ничего полезного в разговоре не сообщил».

Внимательно вдумайтесь в эти строки – «им предложили задавать Понтекорво вопросы о том, что он знает по атомной проблеме».

Насколько это похоже на возвращение секретного агента, который, как утверждает Клоуз, много лет писал донесения, и реестр переданной им информации должен уже давно стоять в желтых папочках в подвалах Лубянки?

Казалось бы, он сам должен рассказывать о тех атомных ноу-хау, которые подсмотрел или выведал у беспечных канадцев/англичан. На современном языке – устроить презентацию. Вместо этого идет обычный допрос или, поскольку допрос подразумевает следователя и обвиняемого, лучше употребить слово – дебрифинг. Сессия, когда эксперты задают различные вопросы, чтобы получить полезную для себя информацию.

И, конечно, свидетельство – «ничего полезного Понтекорво не сообщил» – полностью противоречит всем версиям о таинственном и неуловимом «самом ценном агенте КГБ». Большое количество литературы посвящено обсуждению и выискиванию тех секретов, которые Бруно передал Советам, и его вкладу в советский атомный проект. Но, оказывается, никаких секретов не передавалось и, как мы увидим позже, никакого участия в атомном проекте тоже не было.

Важно сказать несколько слов об источнике этой важной информации. Борис Лазаревич Иоффе – не историк науки. Он был очень уважаемым физиком, академиком РАН, непосредственным участником первых разработок советских ядерных реакторов, человеком, работавшим и над созданием водородной бомбы. Его воспоминания – это не анализ чьих-то документов, а свидетельство непосредственного участника событий и большого эксперта по реакторной физике. Поэтому я позволю себе привести большую выдержку из его книги [74]:

«В последнее время в печати интенсивно обсуждается вопрос, какую роль в осуществлении советского атомного проекта сыграла информация, добытая шпионами, или, как иногда утверждается, добровольно переданная некоторыми западными физиками. Харитон публично признал, что такая информация при создании первой советской атомной бомбы была крайне существенной, более того, эта бомба явилась точной копией американской. В физике атомных реакторов дело обстояло не совсем так. Действительно, ряд важнейших идей об использовании плутония для бомбы и его производстве в атомных реакторах пришли “оттуда”. Но многое из реализованного в физике и особенно в теории атомных реакторов – это, как уже говорилось выше, результат творчества советских ученых и инженеров. Я мало что могу сказать о конструкции атомных реакторов в этом аспекте. Про конструкцию графитовых реакторов, сооруженных по проектам Лаборатории № 2 (ЛИПАН), я не могу сообщить ничего определенного: были ли тут шпионские данные, и если были, то какую роль они сыграли, – не знаю. В Лаборатории № 3 имелся чертеж канадского тяжеловодного исследовательского реактора, и при сооружении первого в СССР реактора такого типа отсюда кое-что было позаимствовано: общий размер бака для тяжелой воды, размер графитового отражателя. Однако другие важнейшие элементы конструкции, такие как крышка реактора (через нее загружаются и выгружаются урановые стержни и осуществляется регулирование), уплотнение урановых каналов и многое другое – было изобретено и сконструировано в Лаборатории № 3. При сооружении промышленных тяжеловодных реакторов никаких заимствований не было вообще, они итог собственных разработок. Что касается теории атомных реакторов, то я со всей определенностью могу свидетельствовать, что созданная в СССР теория атомных реакторов была оригинальна и, более того, превосходила американскую».

Казалось бы, все сказано предельно однозначно. Свидетельства Иоффе подтверждает и С. С. Герштейн. В своем интервью [44] он передает слова Я. И. Померанчука, который также отметил, что ничего интересного Бруно не рассказал, поскольку к этому времени наши физики и так все знали.

Но как комментирует, например, Туркетти воспоминания Иоффе? Очень просто: «Воспоминания Иоффе – это смесь фактов и вымыслов. Очень невероятно (it is very unlikely), что его (Бруно) спрашивали про урановые блоки, поскольку у них уже был урановый реактор». Эта логика непонятна: почему, если ты сделал урановый реактор, тебе неинтересно, как это сделали другие?

Интересны также комментарии Клоуза: он признает, что к моменту, когда Понтекорво попал в СССР, там уже были чертежи канадского ядерного реактора. Стало быть, информация про реактор уже не была новой. Но с помощью универсальной формулы «very likely» Клоуз прозрачно намекает, что это не противоречит тому факту, что именно Бруно и украл эти чертежи в свое время.

Так что либо «very likely», либо «very unlikely» – и можно доказать все, что угодно. Однако факты просты и ясны: за все время работы в Советском Союзе Бруно не то чтобы использовали, его даже не допускали до работы с ядерными реакторами.

## 24. Земля обетованная

«Когда я прибыл в Москву, я почувствовал себя как еврей, увидевший землю обетованную»

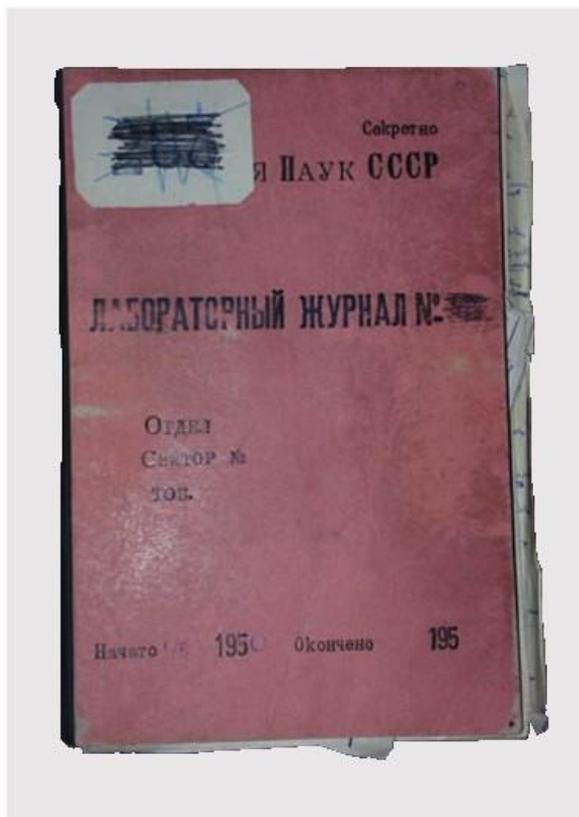
По приезду в Москву семье Понтекорво была предоставлена пятикомнатная квартира в престижном доме в самом центре Москвы на улице Горького (сейчас Тверская, д. 9), рядом с Центральным телеграфом. В этом доме жили академики, маршалы и адмиралы, кинорежиссер Сергей Бондарчук и министр культуры СССР Екатерина Фурцева ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/9](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/9)).

Отношение было исключительно любезное: готовила еду и убирала домработница, приходил учитель русского языка, когда наступили холода – всему семейству принесли шубы и зимнюю одежду. Бруно хотел выступить по радио с заявлением о причинах своего поступка и призвать ученых к миру во всем мире. Но ему посоветовали это пока не делать. Об этом подробно пишет Клоуз [4], не замечая, что это опять-таки расходится с предполагаемым поведением секретного агента, чудом избежавшего провала. Вряд ли Джеймс Бонд, «вернувшись с холода», стал бы делать заявления по радио о стремлении к миру.

9 ноября 1950 г. семья Понтекорво переехала в Дубну, небольшой город на севере Московской области, где в то время начал работать самый мощный в мире ускоритель элементарных частиц.

## 25. Рукописи не горят...

О дате начала работы Понтекорво в Дубне мы знаем доподлинно, поскольку секретарь Бруно Ирина Григорьевна Покровская сохранила уникальные документы - рабочие дневники Бруно. Более семидесяти лет прошло с момента появления Бруно в Дубне. Сколько перемен произошло за это время, сколько империй рухнуло. Но первая запись, которую Бруно сделал в Дубне, его первый рабочий дневник - сохранился. Алая тетрадь пронумерована и прошита шнурком. Шнурок запечатан. Надпись на тетради гласит: «Совершенно секретно. Академия Наук СССР».



**Рис. 25-1.** Первый рабочий журнал Бруно Понтекорво в Дубне (фото автора).

Сохранился этот документ потому, что все расчеты и записи в ГТЛ разрешалось вести только в специальных тетрадях с пронумерованными страницами. Тетради хранились в индивидуальных портфелях, печатаемых владельцем портфеля личной печатью, которые в начале рабочего дня получали в секретном отделе, а в конце дня - отдавали обратно.

Не дай бог не то чтобы потерять - вырвать лист из тетради. Это грозило очень большими неприятностями. Многолетний соавтор Бруно С. М. Биленький вспоминает [45] смешной эпизод, как они, в те времена молодые теоретики, стали в обеденный перерыв бороться. И в пылу дружеской возни уронили на пол секретную тетрадку и вырвали из нее листок. До сих пор Самоил Михелевич вспоминает добрым словом ту работницу секретного отдела, которая помогла ему скрыть эту ужасную пропажу. В противном случае ему грозило немедленное увольнение.

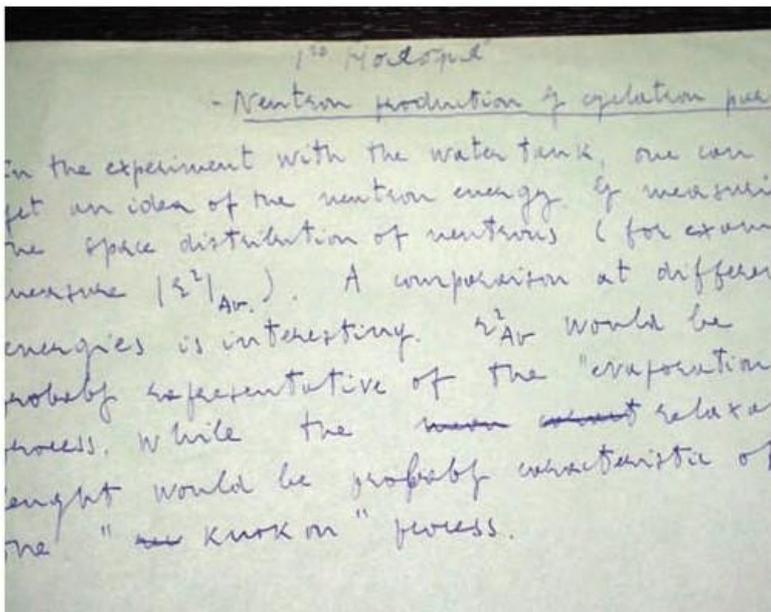


Рис. 25-2. Первая запись Бруно в рабочем журнале в Дубне (фото автора).

Когда ГТЛ превратилась в Лабораторию ядерных проблем (ЛЯП) Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ), секретные тетради просто поставили на дальний стеллаж библиотеки ЛЯП. Затем началась перестройка, и библиотеку переоборудовали под кабинет директора. Книги перенесли в центральную библиотеку, а бывшие секретные журналы просто выбросили на лестничную клетку. Бесценные рабочие журналы Бруно собрала и сохранила его секретарь Ирина Григорьевна Покровская.

Первая запись в рабочем дневнике Бруно, показанная на Рис. 25-2, датируется 1 ноября 1950 г.

Обратите внимание: дата написана по-русски, а затем идет несколько страниц английского текста - изложение различных экспериментов, которые Бруно намеревался сделать на ускорителе ЛЯП. Благодаря этому журналу мы точно знаем: 1 сентября 1950 г. Бруно начал свой путь из Рима, а 1 ноября он уже сидел в кабинете в Дубне и записывал свои ужасные секреты.

## 26. Дубна - сталинское Сколково?

Дубна, куда направили Бруно, была в то время уникальным местом. Позднее Бруно опишет свои первые впечатления как ощущения путешественника в джунглях Амазонки, который вышел на поляну и увидел, что там стоит огромный ускоритель, эдакий Большой адронный коллайдер. И это очень верное описание ситуации. Действительно, в лесах Талдомского района Московской области к 1950 г был построен самый мощный ускоритель элементарных частиц в мире.

К стройкам сталинской эпохи мы относимся с некоторым предубеждением. Конечно, с помощью труда заключенных можно сделать много чего: каналы, железные дороги, плотины гидроэлектростанций. Дубна в этом смысле не исключение. В конце сороковых в городе работало до 30 000 заключенных. О масштабах стройки можно судить хотя бы по тому, что до сих пор сохранилось здание, которое служило кухней для собак охраны.

Однако ускоритель элементарных частиц киркой и лопатой не построить. Для этого нужны развитая промышленность, высокий уровень приборостроения и, конечно, высокопрофессиональные научные и инженерные кадры. Интересно осознать, насколько удивительно то, что в конце сороковых годов, несмотря на разруху после ужасающей войны, за три года (!) был построен самый лучший ускоритель в мире.

В этом смысле дубненский синхроциклотрон является таким же выдающимся достижением советской науки и промышленности, как запуск «Спутника» или полет Гагарина.

Чтобы дать представление о масштабе установки - основу синхроциклотрона составлял магнит высотой около 10 метров и весом 7 тысяч тонн. Диаметр его полюсов составлял 5 метров, и они были подогнаны с точностью менее 0,1 мм. Вакуумная камера ускорителя была по нашим сегодняшним меркам просто огромной. Для ее откачки была создана уникальная система высоковакуумных насосов, которые позволяли осуществлять откачку воздуха со скоростью 41 тысяча литров в секунду. Для системы электропитания ускорителя было проложено 500 километров кабеля. Все детали ускорителя были сделаны в СССР.

Уникально здание ускорителя с железобетонными стенами толщиной 2 метра ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/50](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/50)). Бетонный потолок толщиной 1,5 метра без каких-либо опорных колонн накрывает экспериментальный зал размерами 36 на 46 метров и высотой 35 метров.

Во время запуска синхроциклотрона пучок дейтронов был ускорен до энергии 280 МэВ. В октябре 1950 г. синхроциклотрон был переведен в режим ускорения протонов до энергии 490 МэВ. Самый мощный американский ускоритель в то время, синхроциклотрон в Беркли, ускорял протоны до энергии 390 МэВ, а английский ускоритель в Харуэлле имел 170 МэВ.

Тем более интересно, какие цели преследовали создатели дубненской машины, которую из соображений секретности нарекли «установка "М"»? Если прочесть первый отчет о работах, выполненных на дубненском ускорителе, под названием «Сводный отчет о научно-исследовательских работах, выполненных на установке "М"», утвержденный И. В. Курчатовым 27 июля 1951 г., то поражаешься отсутствию упоминания о каких-либо военных применениях.

В отчете приводятся результаты экспериментов по определению масс отрицательных мезонов, изучению сечений взаимодействия нейтронов с протонами, измерения сечений взаимодействия протонов, дейтронов и He с ядрами и т. д. Никаких работ, прямо относящихся к бомбе.

В этом и состояла уникальность Дубны, которая с самого начала задумывалась как чисто научный центр. Надо отдать должное организаторам науки в сталинские времена, которые сумели убедить руководство государства в необходимости такого проекта.

Об этом в 90-х годах рассказывал В. П. Желепов, который был заместителем директора ГТЛ Михаила Григорьевича Мещерякова. По словам Венедикта Петровича, через год после работы ускорителя пришла пора отчитаться перед начальством о первых результатах. А Мещеряков, как нарочно (специально?), уехал в отпуск. Пришлось в Кремль ехать Венедикту Петровичу.

«И вот стою я, маленький, у стены с плакатами. (Желепов был, действительно, небольшого роста.) У стола слева сидят генералы, у стола справа – академики. В центре – товарищ нарком Ванников. Начинаю я рассказывать о том, что за прошедший год мы измерили массу пи-мезона, время жизни мюона, измерили сечение протон-протонных взаимодействий. Через пять минут Ванников меня останавливает и говорит:

– Ладно, ты нам все это не рассказывай. Ты нам скажи по-простому – овес-то будет?

О Г Л А В Л Е Н И Е.		стр.
1. ИССЛЕДОВАНИЯ С ПОСРОСТЕННЫМИ НЕЙТРОНАМИ.		7
§ 1. Определение масс отрицательных мезонов		7
§ 2. Изучение нейтральных мезонов.		16
§ 3. Ядерное взаимодействие быстрых отрицательных $\pi^-$ -мезонов.		29
§ 4. Первые расщепления ядер под действием остановившихся отрицательных $\pi^-$ -мезонов.		39
§ 5. Деление тяжелых ядер под действием остановившихся отрицательных $\pi^-$ -мезонов.		46
II. ИССЛЕДОВАНИЯ С НЕЙТРОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ.		51
§ 1. Рассеяние быстрых нейтронов протонами.		62
§ 2. Рассеяние и поглощение быстрых нейтронов сложными ядрами.		64
§ 3. Разделение нейтронов высокой энергии.		75
§ 4. Деление ядер нейтронами большой энергии.		90
III. ИССЛЕДОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ РАСЩЕПЛЕНИЙ, ПРОИЗВОДИМЫХ ЧАСТИЦАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ.		101
§ 1. Расщепление ядер дейтронов с энергией 280 Мэв.		101
§ 2. Ядерные расщепления, производимые быстрыми протонами.		117
§ 3. Расщепление $\alpha$ -частиц с энергией 660 Мэв		127

1131/11

Рис. 26-2. Отчет о НИР, выполненных на установке «М». Первая страница оглавления (фото автора).

– Время было серьезное, – вспоминал Венедикт Петрович. За все слова надо было отвечать. Поэтому я вздохнул и говорю:

– Извините, товарищ нарком, овса не будет!

Ванников грозно так вскрикивает:

– Как так, овса не будет! А зачем мы тогда вкладывали народные средства и усилия в строительство этого объекта?

Тут встает Курчатов и говорит:

– Да, товарищ нарком, установку эту мы строили не для овса! В свое время вы пришли к нам и сказали «Сделайте нам бомбу!», и мы сделали вам бомбу. Но если мы не будем строить такие объекты, на которых будем получать новое знание для нашей науки, когда в следующий раз вы к нам придете и попросите сделать новую бомбу, мы можем и не суметь, поскольку просто не хватит нужных знаний!»

Венедикт Петрович потом записал официальный рассказ об этом случае [75, 76], но я специально оставил устную версию, поскольку она лучше передает легенду о возникновении установки «М».

Конечно, все это был просто спектакль. Трудно себе представить, чтобы перед строительством такого объекта академики и генералы не договорились о его истинном предназначении. Но это отражает важную вещь: уже тогда понимали, что для прогресса технологии вообще и вооружений в частности – недостаточно развитой промышленности и добытых разведанных. Нужно вкладываться в фундаментальные научные исследования. Без этого невозможно создать, как мы сейчас говорим, инновационные технологии. Которые, в свою очередь, обеспечат вам будущий прогресс. Главное, советские ученые в сороковых годах сумели убедить власть в том, что нет ничего более практически важного, чем фундаментальные исследования.

Очень интересно проследить, как жизнь в очередной раз доказала справедливость этого тезиса на примере сооружения дубненского ускорителя.

Хронология его создания берет начало от письма И. В. Курчатова, научного руководителя советского атомного проекта, Л. П. Берия от 26 января 1946 г. [75]:

«Товарищу Л. П. Берия.

1. Нынешний уровень знания об атомном ядре и космических лучах позволяет предполагать, что при помощи частиц, ускоренных до энергии 250 миллионов вольт и выше, можно перейти к открытиям новых физических явлений (открытию новых элементов, новых способов получать атомную энергию из более дешевых источников, чем уран).

2. Для получения частиц такой энергии необходимо, как показывают расчеты, иметь мощный циклотрон с диаметром полюсов не менее 3,5 метра.

Целесообразно, однако, построить циклотрон с диаметром полюсов 4,5–5 метров, чтобы получить энергию частиц большую, чем это может дать самый мощный циклотрон (Лоуренса)».

Перед написанием этого документа Курчатов побывал на приеме у Сталина и, судя по всему, обо всем принципиально договорился. Поэтому развернутой аргументации, детального обоснования необходимости строительства ускорителя в письме нет. Оно служит как бы бюрократическим закреплением факта начала работ в этом направлении. Поражает скорость принятия последующих решений.

Уже 19 февраля 1946 товарищ Л. П. Берия образовал комиссию, которой поручил выбрать место для строительства циклотрона. 7 августа 1946 г. в качестве такого места был выбран район Ивановской ГЭС на Волге, на самом севере Московской области, в 120 км от Москвы ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/13](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/13)).

В тот же день было принято секретное постановление Совета министров СССР № 1764-766сс «О строительстве мощного циклотрона (установки “М”)» [77].

То есть от первого письма до принятия «управленческого решения» о строительстве самого мощного ускорителя на планете прошло менее месяца.

Срок окончания строительства планировался на 1 квартал 1949 г. В реальности сдали в конце 1949 г., что хорошо показывает степень организованности тогдашней стройки.

Научным руководителем установки «М» был назначен М. Г. Мещеряков, главным инженером – член-корреспондент АН СССР А. Л. Минц, проектирование магнита и электротехнического оборудования поручено ленинградскому заводу «Электросила» под руководством Д. В. Ефремова.

М. Г. Мещеряков только что вернулся из командировки в США, где видел работающие американские ускорители. Однако основной целью его командировки было участие в испытаниях атомной бомбы на атолле Бикини. Американцы пригласили наблюдателей из 49 стран посмотреть на испытания атомного оружия и взорвали бомбы – в воздухе и под водой. Потом каждому наблюдателю прислали кассету с цветным фильмом – и это в 1946 г.! Где-то в 80-х Михаил Григорьевич показал нам этот исторический фильм – страшнее я ничего не видел. Для испытаний собрали 95 кораблей-мишеней. Все это горело, корежилось как спички, разлеталось в стороны. И сознание того, что все это было на самом деле – не монтаж, не компьютерная графика – впечатляло очень сильно.

Мещеряков первый раз приехал на место строительства будущего ускорителя 27 марта 1947 г. Он вспоминает [78], как два часа добирался на джипе из Москвы до Дмитрова, четыре часа по разбитой дороге с бревнами до Большой Волги, а затем трактор за два часа довозил джип до места на берегу Волги, где ныне размещается плавательный бассейн «Архимед».

«Кругом был сырой, без каких либо просветов лес. Несколько десятков рабочих, возглавляемых начальником строительства А. П. Лепиловым, прокладывали просеки для дорог и торопились до вскрытия Волги соорудить деревянный причал. Группа геодезистов производила трассировку улиц будущего научного городка и железной ветки от станции Большая Волга до технической площадки» [78].

Первое впечатление – ускоритель хотят построить на болоте. Мещерякову пришлось менять место расположения технологического корпуса. В августе 1947 г. был утвержден технический проект синхроциклотрона в пятиметровом варианте. Тогда же был установлен новый срок сдачи ускорителя – 21 декабря 1949 г.

Кто сейчас вспомнит, почему была выбрана именно эта дата? Конечно, это день рождения Сталина, а лучший подарок на день рождения вождя – ускоритель. Примечательно, что этот график был соблюден. Самый мощный в мире ускоритель был построен за три года.

Первый запуск ускорителя состоялся в ночь с 13 на 14 декабря 1949 г. Было осуществлено ускорение дейтронов до энергии 280 МэВ. Дух эпохи передает рапорт министра электропромышленности СССР И. Г. Кабанова от 20 декабря 1949 г.:

«Докладываю Вам, товарищ Берия, что *начатый сооружением* в 1946 г. по указанию товарища Сталина и по заданию Специального Комитета мощный синхроциклотрон (установка “М”) для искусственного ускорения частиц *закончен сооружением*, смонтировано сложное уникальное оборудование и ко дню семидесятилетия товарища Сталина произведены испытания, показавшие, что энергия ускоренных частиц – дейтронов – достигает запроектированных 280 миллионов электронвольт... Сооруженный синхроциклотрон, судя по опубликованным данным, является самым мощным в мире...»

Пуск установки “М” дает нашей физике атомного ядра мощнейшее оружие для научного исследования.

При помощи этого синхроциклотрона могут быть открыты новые ядерные реакции, искусственно созданы различные элементарные частицы материи и исследованы вопросы разрушения ядер стабильных тяжелых элементов (висмут, свинец и т. д.).

При объекте построен жилой городок с общей площадью всех зданий 14 000 кв. метров, располагающий благоустроенной жилплощадью и различными культурно-бытовыми зданиями, которые обеспечивают удобные условия жизни для научно-технических работников и их семей.

Общий размер капвложений на сооружение установки составил 200 млн рублей.

Прошу Вас, Лаврентий Павлович, доложить товарищу Сталину» [79].

Надо сказать, что Курчатов и другие не обманули руководство: эксперименты на установке «М» в определенной мере действительно помогли появлению термоядерного «овса». Дело в том, что уже в середине сороковых годов советские физики осознали, что помимо использования энергии, выделяющейся при делении урана, можно использовать энергию, выделяющуюся при слиянии легких элементов. Например, в реакциях



или



где d – дейтрон (изотоп водорода с одним протоном и одним нейтроном), t – тритий (изотоп водорода с одним протоном и двумя нейтронами).

В реакции (7) выделяется 17,6 МэВ энергии, в реакции (8) – 3,3 МэВ. При делении ядра урана освобождается порядка 200 МэВ энергии. Но мощность ядерного заряда из делящихся материалов ограничена его критической массой, то есть несколькими килограммами. Тогда как на реакциях термоядерного синтеза (7) – (8) можно построить бомбу практически любой мощности. Например, как Солнце. Энергия Солнца получается за счет цепочки реакций термоядерного синтеза, в том числе и за счет процессов (7) – (8).

Перспективность использования процессов термоядерного синтеза для военных целей осознавали, конечно, не только советские физики. Первые практические работы над водородной бомбой начались в США в конце сороковых годов. Советская разведка сейчас же донесла о них руководству, которое незамедлительно начало соответствующий проект. Основные работы по созданию водородной бомбы велись в КБ-11, расположенном в г. Саров, называвшемся в ту пору Арзамас-16. Но и Дубне было поручено проводить эксперименты по тематике КБ-11. 26 февраля 1950 г. вышло постановление Совета министров СССР, в котором было записано [80]:

«Организовать в филиале Лаборатории № 2 АН СССР под руководством Мещерякова М. Г. специальную группу экспериментальной физики в количестве 20 человек для выполнения работ по планам КБ-11...

Возложить на группу т. Мещерякова проведение в 1950–1951 гг. следующих основных работ по исследованиям ядерных процессов:

а) определение сечения взаимодействия продуктов 120 и 130 для энергии нейтронов в интервале от 0 до 2,5 млн электронвольт.

Срок исполнения – не позднее IV квартала 1950 г.

б) определение числа делений олова, числа образующихся ядер продукта 130 и числа захвата нейтронов оловом с образованием олова-119 для 14-мегавольтных нейтронов и нейтронов DD-реакции, попадающих в модель многослойного заряда.

Срок исполнения – не позднее 3–4 месяцев после получения многослойного заряда».

Таким образом, группе Мещерякова поручалось выполнить измерения сечений реакций (7) – (8) и посмотреть, насколько эффективно нейтроны, образующиеся в этих реакциях, разваливают уран.

Что важно в этом отрывке? Обратите внимание на даты – февраль 1950 г. То есть в 1946 г., когда установка «М» замышлялась, о важности такой задачи никто не подозревал. Но было стойкое ощущение, что на строящейся установке «можно перейти к открытиям новых физических явлений» и исследованию важных прикладных задач. И оно оправдалось.

А где был Бруно в феврале 1950 г.? Правильно, он тогда работал в Харуэлле. Никакого отношения к началу программы по изучению сечений реакций синтеза легких элементов на установке «М» он не имел. Да и впоследствии этим не занимался. Что он делал в Дубне до 1955 г., мы подробно рассмотрим в следующих главах.

Надо отметить, что основная работа по созданию термоядерного оружия была сделана в КБ-11. Измерения на установке «М» дали определенный вклад в его создание, однако эта активность занимала сравнительно скромное место в программе исследований на синхротроне.

К сожалению, мы не очень хорошо осведомлены о том уникальном достижении, которое состоялось в Дубне в конце сороковых. Построить за три года самый мощный ускоритель элементарных частиц на планете – это

реальное доказательство возможностей советской науки и высокого общего уровня производства и техники в стране. Да просто подвиг. И люди, которые его совершили, достойны всяческого уважения.

«Но если что и осталось в Дубне от той далекой весны 1947 года, так это ночные крики птиц на вершинах деревьев, а над ними все те же совершенное безучастные к делам людей звезды. Свет их все чаще обостряет щемящую боль – она от невозможности снова пережить все: и сопричастность к рождению этого города, и запуск первого ускорителя, и бесконечный поиск неизведанного», – такие лирические строки написал в конце жизни М. Г. Мещеряков [81].

## 27. Первые дни в Дубне

Празднование 75-летия Бруно на его работе было скромным. Просто пили чай с тортом. Директор ЛЯП ОИЯИ В. П. Джелепов сказал прочувственную речь. Бруно болел и извинился, что из-за отсутствия голоса не может ответить. Начали вспоминать старые времена. Яков Абрамович Смородинский рассказал про первую встречу с Бруно:

- Дубна в те времена была жутко закрытым городом. Нам не разрешалось говорить, куда мы едем. И вот сидим мы с Померанчуком и Гейликманом в гостях у Мещерякова, а тот вдруг говорит:

- Угадайте, кто сейчас сюда войдет?

А нам сразу вспомнился популярный тогда анекдот про сумасшедших:

Один полоумный говорит другому:

- Угадай, что у меня в кулаке?

Тот отвечает:

- Троллейбус!

Первый медленно заглядывает в кулачок и отвечает: «Верно!».

Ну, мы и отвечаем Мещерякову – троллейбус!

А дверь распахивается и появляется Бруно Понтекорво.

Конечно, возникновение Бруно в деревне Ново-Иваньково, так тогда назывался ближайший к ускорителю населенный пункт, вызвало фурор. Никаких иностранных граждан в российской глубинке тогда не было, тем более на секретном объекте. А тут появляется человек, не говорящий по-русски, да еще с четырьмя телохранителями. Бруно предоставили двухэтажный коттедж на главной (из трех имеющихся на тот момент) улице Дубны ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/14](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/14)). По тем временам это было суперроскошью. Но в первые годы в Дубне Бруно чувствовал себя довольно одиноко. Мафаи [6] зафиксировала его грустные слова о том, что вне работы никто с семьей Понтекорво особо не контактировал. Осложнял все языковой барьер плюс присутствие телохранителей. Они сопровождали Бруно даже на лыжных прогулках. Местные люди с интересом наблюдали, как Бруно дразнил телохранителей, увеличивая темп гонки на лыжне и отрываясь от своих охранников все дальше и дальше [82]. Развлечение, конечно, еще то.

Особенно тяжело восприняла новую действительность Марианна. Приступы замкнутости, которые замечала еще Лаура Ферми в США [37], усиливались, и через несколько лет Марианну поместили в психиатрическую клинику.

Однако дети быстро включились в пионерскую жизнь, носили красные галстуки, ездили в пионерлагерь под фамилией Ивановы ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/15](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/15)).

Старший сын Бруно Джиль вспоминает [43] о своих первых впечатлениях в Дубне: красивый сосновый лес, похоже на Канаду, уже на следующий день после приезда пошел в школу. Ему потребовалось буквально несколько дней, чтобы найти друзей, несмотря на то, что они знали всего лишь два-три английских слова. В школе Абингдона Джиллю нужен был год, чтобы почувствовать себя на равных с одноклассниками.

До переезда основным языком общения в семье был английский, хотя Джиль говорил с отцом по-итальянски, а с матерью – по-шведски. Пока Тито и Антонио не закончили школу, Джиль старался говорить с ними по-английски – чтобы не забывали язык. Однако потом все в семье стали общаться на русском разной степени ломаности.

Дубна, куда приехали Понтекорво, – это самый лучший ускоритель в мире плюс три улицы без асфальта. Вокруг – лес, хотя первые дома отделяли от берега Волги буквально 200–300 метров, детей боялись одних пускать купаться на Волгу из-за большого количества змей, обитавших на этой полоске леса.

Интересно, что вокруг Дубны не было колючей проволоки, неизменного атрибута «почтовых ящиков», связанных с военными применениями. Во всех таких городках охранялся не только сам объект, но и окружающее поселение. Это еще раз показывает уникальное отличие Дубны от Арзамаса-16, Свердловска-45 и других аналогичных «номерных» городков.

В школе Джиллю нравилась биология. С удовольствием занимался с разной живностью, завел кроликов. Кролики любили клевер. На той стороне Волги был огромный луг, и Джиль летом каждое утро переплывал Волгу с авоськой, набивал ее клевером и плыл обратно к своим кроликам [66]. Ширина Волги в этом месте была порядка 400 метров.

С одним из телохранителей Бруно Джиль катался на коньках по Волге. Когда одной холодной и бесснежной зимой река превратилась в идеальный каток, они проехали по ней несколько километров.

Другое яркое впечатление, о котором Джиль всегда рассказывал [66], это то, что в 13 лет они с другом одни

поехали в Москву и это было в порядке вещей. Этот пример он всегда приводил, чтобы показать: сталинское время, это не сплошной ужас и эзика.

В. И. Гольданский на 50-летию ЛЯП ОИЯИ рассказывал, что Бруно сразу все стали звать просто «Профессор». Установки Бруно и Гольданского стояли в экспериментальном зале рядом, и Гольданский стал разговаривать с Бруно, используя свой довольно ограниченный словарный запас английских слов. Вызов к начальнику первого отдела последовал незамедлительно: «Как вы посмели общаться с Профессором на языке, который не понимают окружающие?».

В. А. Жуков в 1952 г. был направлен на работу в Дубну. Его первая встреча с Бруно:

«В элегантно, но довольно поношенной одежде заграничного покроя, в узких брюках и ботинках на толстых подошвах, он выглядел необычно для моего глаза, привыкшего видеть мешковатые костюмы на плечах наших людей того времени» [83].

Надо отметить, что Бруно попал в уникальный научный коллектив, где в свои 37 лет он был одним из самых возрастных сотрудников. Старше его был только руководитель Лаборатории М. Г. Мещеряков, которому в то время было 40 лет. Удивительное, конечно, было время. Самым мощным в мире ускорителем управляли настолько молодые люди, что 37-летний человек смотрелся патриархом.

Для образования молодых сотрудников начальство придумало очень правильную вещь: проведение регулярных семинаров. Их вел И. Я. Померанчук, который с командой молодых теоретиков раз в неделю приезжал в Дубну для обсуждения научной программы экспериментов на ускорителе. Бруно тогда еще не выучил русский, но Померанчук хорошо владел английским, и они много беседовали. Бруно впоследствии благодарил Исаака Яковлевича за эти очень полезные обсуждения, которые доставляли ему чисто профессиональное удовольствие [84]. Померанчук был замечательным физиком, все восторгалось его манерой проводить блистательные семинары экспромтом. Надо представить те времена, когда не было никаких проекторов, оверхэдов и заранее подготовленных презентаций. Только доска и мел. Так вот Померанчук мог устроить у доски часовое обсуждение идеи, которую он только что услышал. Эта манера не столько чтения лекции, сколько публичного размышления, чистого экспромта, производила на слушателей неизгладимое впечатление.

Вплоть до 1953 г. дубненский синхроциклотрон оставался самым мощным в мире ускорителем протонов.

Чтобы запутать врагов, организация в Дубне называлась Гидротехнической лабораторией (ГТЛ) и считалась филиалом Лаборатории измерительных приборов АН СССР. В 1953 г. ГТЛ выделили в самостоятельную лабораторию, и секретным постановлением от 8 января 1953 г. [80] Председатель Совета Министров Союза ССР И. В. Сталин утвердил членами Ученого совета Гидротехнической лаборатории доктора физических наук Понтекорво Б. М., а также целую плеяду выдающихся физиков: Д. И. Блохинцева, А. И. Алиханова, В. А. Фока, И. Я. Померанчука и других. Председателем Ученого совета был назначен М. Г. Мещеряков.

Бруно вспоминал о своих первых впечатлениях в Дубне так:

«Я хорошо помню, как в октябре 1950 года М. Г. Мещеряков показал мне дубненский синхроциклотрон – самый мощный в то время ускоритель в мире. Он произвел на меня огромное впечатление... В то время исследования на дубненском ускорителе были только в начальной стадии, и измерительный павильон, мне помнится, был практически пустым. Но уже через несколько лет положение существенно изменилось. Я помню, как иностранные гости, впервые посетившие Дубну в 1955 году, были потрясены не только ускорителем, но и огромным количеством первоклассной аппаратуры, находящейся в измерительном павильоне синхроциклотрона» [85].

Действительно, сейчас поучительно почитать отзывы первых иностранцев, которые побывали в Дубне после снятия секретности. В 1955 г. в Москве была организована международная конференция по физике высоких энергий. После конференции иностранным участникам была предложена большая программа посещения основных научных центров СССР. Сохранилась кинохроника, запечатлевшая вереницу старомодных автобусов, въезжающую на главную площадь Дубны. То, что увидели участники конференции в «Гидротехнической лаборатории», сродни впечатлениям Бруно о джунглях Амазонки, в которых оказался скрыт лучший в мире ускоритель. Никто этого не ожидал, никто не думал, что советские ученые продвинулись так далеко, и не случайно все главные научные журналы Nature, Science, Scientific American, Physics Today поместили материалы о поездке в Дубну.

Основной лейтмотив всех отзывов – удивление перед открывшейся панорамой исследований по физике частиц и ядерной физике. В специальном заявлении по итогам визита 14 американских физиков констатировали [86]: «Мы глубоко впечатлены широким размахом научных исследований, а также высоким уровнем экспериментальной и теоретической физики в Советском Союзе».

Журнал Science [87] писал о впечатлениях Джека Стейнбергера, будущего Нобелевского лауреата и коллеги Бруно по исследованию распадов мюона, от посещения Дубны. Он говорил, что Советы уже практически обеспечили себе мировое лидерство в физике высоких энергий на следующее десятилетие. Обосновывал он это именно тем, что синхроциклотрон на 680 МэВ был лучше, чем американские машины того времени. Стейнбергер говорил, что советская аппаратура на синхроциклотроне весила в 4 раза больше американской, стоила более 100 млн долларов и создавалась в два раза быстрее.

В Scientific American вышла специальная статья с описанием впечатлений Р. Уилсона и Р. Маршака от поездки в Советский Союз [88]. Особенно интересно мнение Роберта Уилсона – знаменитого ускорительщика,

основателя и первого директора Фермилаб, Лаборатории им. Ферми, – крупнейшего ускорительного центра США.

Уилсона удивило, что для охлаждения медных катушек магнита синхроциклотрона применялось воздушное охлаждение, а не более эффективное – жидкостное. Что, по его оценке, стоило дополнительно 800 тонн драгоценной меди. «Русские объяснили, что это сократило время строительства на девять месяцев!» – пишет Уилсон.

Больше всего его поразило экспериментальное оборудование, что выразилось простой фразой «They knocked my eye out». Прежде всего его удивило большое число и разнообразие каналов вывода различных частиц – протонов, нейтронов, мезонов. Затем поразило высокая технология изготовления детекторов, счетчиков и электроники. Не то что «homemade affairs typical of a U. S. laboratory». И действительно, в то время на пучках синхроциклотрона работали 25 электронных установок и три камеры Вильсона.

Визитеры удивились, насколько тесно советские инженеры сотрудничают с физиками. Они заключили, что советский инженер, работающий в области фундаментальных исследований, имеет больший престиж и заработную плату, чем инженер в промышленности ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/16](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/16)).

Восторженный отзыв английских физиков от поездки 1955 г. был помещен в престижном научном журнале Nature [89]. Известный ускорительщик Т. Пикаванс описывал свои впечатления от дубненского синхроциклотрона:

«Особый интерес представляет радиочастотная система шестиметрового синхроциклотрона, которая для меня, имеющего опыт в этой области, оказалась наиболее элегантной из всего, что я когда-либо видел. Более того, параметры системы превосходят все известные мне по надежности и техническим характеристикам. Экспериментальный зал хорошо экранирован и содержит больше аппаратуры, анализирующих магнитов и детекторов частиц, нежели я когда-либо видел в одной, отдельно взятой лаборатории».

Статья в Physics Today [90] в 1956 г. отмечала много свидетельств того, что русские «уже с нами» или даже «впереди нас» во многих областях чистой и прикладной науки, особенно в физике. В качестве доказательств приводились готовящийся к запуску ускоритель на 10 ГэВ и другое оборудование Объединенного института ядерных исследований, которое увидела американская делегация во время исторического визита в Дубну. Особо отмечалась скорость технологического прогресса:

«Советский научный и технологический прогресс становится особенно впечатляющим, если принять во внимание относительные технологические позиции США и СССР по окончании Второй мировой войны. Американские военные стратеги рассматривали тогда Советский Союз как технологически отсталое государство и тешили себя мыслью о том, что американское превосходство будет сохраняться во всем обозримом будущем. Однако мы не можем избежать неопровержимого заключения, что русские ученые прогрессируют быстрее, чем их коллеги на Западе, как в военных приложениях, так и в чистой науке».

Все эти восторженные отзывы иностранных коллег отражают реальную ситуацию, сложившуюся в стране в 50-х годах. Статистика свидетельствует, что с 1950 по 1965 год число ученых и исследовательских должностей в СССР выросло с 162 тысяч до 665 тысяч. Такого роста не было ни в одной стране мира. Эта научно-техническая интеллигенция стала настоящим советским средним классом. Так что Понтекорво приехал в страну с бурным ростом научных исследований, с лучшим ускорителем в мире, в страну, создававшую «Спутник».

## 28. Что делал Бруно до 1955 г.?

Как-то раз в Дубне появилась итальянская съемочная группа телевизионного канала Canale Due, хотели снимать фильм про Бруно. Нас собрали в кабинете директора Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для интервью и стали задавать вопросы о роли Бруно в формировании атомной программы СССР. Люди, которые в пятидесятых годах работали с Бруно бок о бок, были сильно удивлены этими вопросами. В конце концов С. М. Коренченко, один из старейших сотрудников сектора Понтекорво, сказал: «Я видел Бруно в то время каждый день. Занимались мы экспериментами на синхроциклотроне, и все».

Итальянский интервьюер непонимающе сказал: «Но ведь само имя Понтекорво было под запретом, у него были телохранители, ему было запрещено даже родителям сообщить о своем местоположении. К чему было все это, если не для выполнения особо секретных заданий?»

Сейчас трудно, а может, и невозможно, объяснить логику требований секретности. Но засекречено было все, связанное с работами на установке «М», независимо от содержания. Мы уже приводили выше выдержку из типичного постановления того времени, может, вам теперь станет легче расшифровать следующий отрывок из отчета, направленного товарищу Берии о работах на установке «М» в первом полугодии 1950 г. [75]:

«На установке “М” выполнены все первоочередные работы, предусматривающие использование *двойных элементов* и *1-го расхода*, и поэтому появилась возможность перевода установки в режим *ускорения элементов*. В процессе работы получен ряд новых реакций *центров систем*».

Курсивом выделены условные обозначения, которые вписывались в машинописный текст от руки, чтобы машинистки не могли догадаться. Врагов должны были ставить в тупик зашифрованные термины: двойной элемент обозначал дейтрон, 1-й расход – альфа-частицы, ускорение элементов – ускорение протонов, а центры системы – ядра.

А как вам такое примечание [75]:

«Печатал лично Ю. Харитон в 2 экз. на 6 листах каждый. Черновики и копировальная бумага уничтожены. 9 февраля 1951 г. Машинка № 134/3-оп».

Совершенно фантастическую историю про секретность той поры рассказал один из старейших сотрудников ОИЯИ Игорь Михайлович Василевский [91]. В 1953 г. он делал диплом в ЛФТИ по регистрации частиц в фотоэмульсиях. Как-то директор принес ему для работы обычную фотопластинку, но когда студент Василевский начал ее просматривать, то увидел на ней инвентарную надпись фиолетовыми чернилами «протоны, 480 МэВ». Молодой человек сразу сообразил, что надпись на русском языке означает, что в Советском Союзе заработал ускоритель протонов на 480 МэВ. А поскольку студент исправно посещал лекции, то хорошо помнил, как совсем недавно директор ЛФТИ рассказывал им, что самая большая энергия в мире, достигнутая на ускорителе США составляла 450 МэВ. Он радостно побежал сообщить директору об успехе советской науки, но тот от этой новости почему-то совсем не обрадовался, быстро стер надпись и вызвал начальника первого отдела. Оказалось, что факт существования такого ускорителя считался тайной высшей категории секретности. Начальник первого отдела должен был взять у дипломника подписку о неразглашении секретных сведений по категории «Особая папка», но у него самого не было допуска к такой категории секретности. Как обладателю допуска уровня «Совершенно секретно» взять подписку о неразглашении информации по категории «Особая папка»? Он же не имеет право знать такую информацию?

Вот это настоящий логический парадокс, который подкинула советская жизнь! Что там брадобрей, который бреет всех мужчин, кроме себя! Конечно, парадокс был разрешен типично российским способом: если нельзя, но очень нужно – то можно.

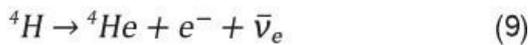
Но уже то, что просто факт существования дубненского ускорителя даже в 1953 г. считался важнейшим государственным секретом, многое объясняет.

Чем же занимался Бруно Максимович в пятидесятые? Секретные отчеты, спасенные его секретарем И. Г. Покровской, дают четкий ответ.

Первая запись в секретном логбуке Бруно датируется 1 ноября 1950 г. А уже 3 ноября он задается вопросом:

«Можно ли детектировать Н внутри камеры (ускорителя)? Использовать магнитное поле ускорителя для того, чтобы искривить электроны».

Н – изотоп водорода с четырьмя нуклонами: протоном и тремя нейтронами. Мы знаем изотоп водорода с двумя нуклонами – дейтерий. Есть изотоп водорода с тремя нуклонами – тритий. Как долго может продлиться эта считалочка? Тем более, что система из 4 нуклонов – 2 протона и 2 нейтрона – существует. Это хорошо известное ядро гелия-4. Могут ли 4 нуклона в конфигурации протон плюс 3 нейтрона связаться вместе и образовать стабильное ядро, которое распадалось бы только за счет слабого взаимодействия?



Эту задачу хотел решить Бруно. Причем оригинальным образом. Обычно магнитное поле ускорителя используется для того, чтобы удерживать ускоряемые частицы, а Бруно предложил использовать его для того, чтобы отклонить электроны, рождающиеся в процессе (9), и направить их в регистрирующие детекторы. Предполагалось расположить детекторы прямо в камере ускорителя, что было еще одной красивой идеей, которая могла осуществиться только из-за аномально больших размеров ускорительной камеры дубненского ускорителя.

Опыт, схема которого показана на Рис. 28-1, выглядел таким образом: протоны бомбардировали углеродную мишень, и если бы из нее вылетал  $\text{H}$  и испытывал бета-распад (9), то магнитное поле ускорителя завернуло бы электрон, возникающий в результате распада, в систему пропорциональных счетчиков. Счетчики устанавливались непосредственно в камере ускорителя и были настроены на тройные совпадения. Элегантность постановки опыта была еще и в том, что, повернув счетчики на 180 градусов относительно пучка протонов, можно было регистрировать позитроны.

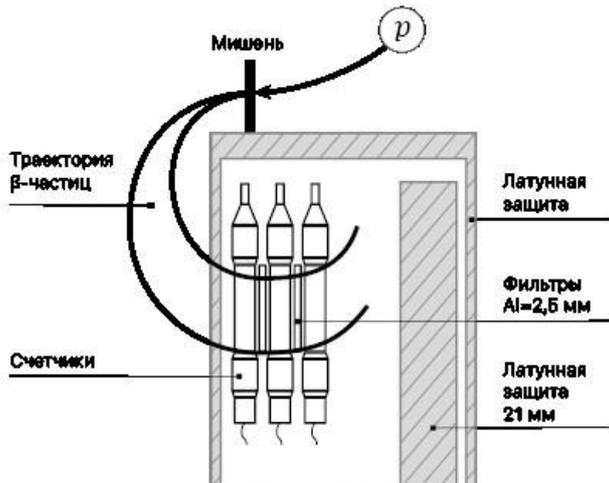


Рис. 28-1. Схема опыта по поиску  $\text{H}$ .

Рис. 28-1. Схема опыта по поиску  $\text{H}$ .

Результат эксперимента оказался отрицательным – не было найдено ядер с бета-распадом ни электрона, ни позитрона. О чем в 1952 г. был написан отчет, который в 1955 г. был опубликован в Докладах академии наук СССР [92]. Результат, который получил Бруно, полностью соответствует нашим сегодняшним теоретическим представлениям: система из протона и трех нейтронов не должна быть стабильной. Все последующие эксперименты по поиску  $\text{H}$  тоже окончились безрезультатно.

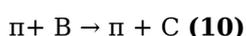
Казалось, что еще можно извлечь этого сюжета? Но Фрэнк Клоуз разворачивает эту запись как доказательство работы Бруно над водородной бомбой по заказу Сталина (!) [4]. Для водородной бомбы нужен тритий, но у Советов в то время был недостаток трития, и они подрядили Понтекорво для поисков «супертрития» – изотопа водорода  $\text{H}$ .

За такую трактовку красивого эксперимента просто обидно. Один из главных тезисов Бруно, который он всегда утверждал: «Я никогда не работал над бомбой, ни на Западе, ни в Китае, ни в России!».

Думаю, это абсолютная правда.

В начале пятидесятых годов Энрико Ферми ушел из американского атомного проекта и занялся измерением сечений взаимодействия  $\text{p}$ -мезонов с протонами. Это привело к открытию первого резонанса в системе  $(\text{pp})$  – знаменитого  $\Delta(1230)$  состояния, которое ответственно за мощный пик в сечении  $\text{p} + \text{p}$  рассеяния при энергии  $\text{p}$ -мезонов в районе 180 МэВ. Тем же самым в те годы занимался и Бруно Понтекорво в Советском Союзе.

Первый отчет, датированный мартом 1952 г., посвящен экспериментам по поиску реакции перезарядки



по измерению радиоактивности  $\text{C}$ . В отчете от сентября 1952 г. описаны опыты по образованию  $\text{p}$ -мезонов в  $\text{p}$ -и  $\text{nd}$ -взаимодействиях ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/17](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/17)).

Надо сказать, что экспериментальные возможности в то время были сильно ограничены тем обстоятельством, что отсутствовала необходимая радиационная защита для экспериментальных установок. Они должны были работать в том же зале, что и ускоритель. Как вспоминает В. А. Жуков, работавший в те годы вместе с Бруно [83]:

«В первые годы после пуска синхроциклотрона ЛЯП на его пучках практически не было крупных экспериментальных установок. Скорее всего зал ускорителя напоминал нагромождение бетонных защитных блоков, в которых на пучках частиц прятались маленькие ионизационные камеры, небольшие установки с пропорциональными и сцинтилляционными счетчиками».

Именно так выглядела установка, которую Бруно и его коллеги собрали для регистрации рождения  $\pi$ -мезонов. Однако и на этих маленьких установках можно было делать хорошую физику. С интересом сейчас читаешь про пучок нейтронов с энергией 400 МэВ, который бил в латунный контейнер диаметром 8 см и высотой 8 см. Один контейнер наполнялся водой, другой – тяжелой водой  $D_2O$ , а третий – использовался для измерения фона. Как и сейчас во всех экспериментах на адронном коллайдере,  $\pi$ -мезоны регистрировались по распаду на два  $\gamma$ -кванта. Перед детекторами стояли свинцовые пластины, в которых гамма-кванты конвертировались в пару электрон-позитрон. Для их регистрации Бруно предложил использовать черенковский счетчик, его сделал В. А. Жуков, и это был первый черенковский счетчик в Дубне. В своих воспоминаниях Жуков пишет, что Бруно говорил ему, что и в Харуэлле его студент Джелли сделал первый в лаборатории черенковский счетчик. Так что сбылись апокалиптические предсказания американских конгрессменов о том, что «каждый кусочек информации, известный д-ру Понтекорво, станет известным для Советов». Да, методику черенковских счетчиков привнес в Дубну именно Бруно Понтекорво.

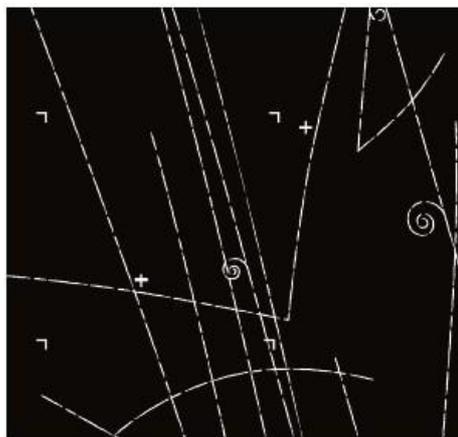
Со временем экспериментальный зал синхроциклотрона был отделен от ускорителя железной стеной толщиной 3 метра, и фоновые условия для экспериментов существенно улучшились. Бруно продолжил изучение сечений взаимодействия  $\pi$ -мезонов со своими новыми сотрудниками – А. Е. Игнатенко, А. И. Мухиным, Е. Б. Озеровым. Они измерили полные сечения взаимодействия  $\pi$ -мезонов с протонами [93]. Как и Ферми, нашли пик в сечении при энергии 180 МэВ, но Ферми измерял сечение в системе  $p$  – там этот пик выражен намного сильнее.

Материалы всех отчетов Бруно до 1955 г. впоследствии были опубликованы в научных журналах ЖЭТФ и ДАН. За работы на синхроциклотроне в 1954 г. Бруно получил Сталинскую премию – 6 тыс. рублей, и немедленно купил себе машину – автомобиль «Победа».

Если бы Фрэнк Клоуз пролистал первую секретную тетрадь Бруно чуть дальше, то на восьмой странице он обнаружил бы запись, показывающую, какое настоящее открытие передал Советам Бруно в ноябре 1950 г. Эта запись содержит объяснение загадки  $V$ -частиц ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/18](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/18)).

В конце 40-х годов физики на своих фотопластинках и в камерах Вильсона увидели странные треки, которые образовывали  $V$ -образные фигуры. Суммарный импульс частиц в каждой «вилке» был направлен в первичную вершину. На Рис. 28-2 показано, как это выглядело при взаимодействии  $\pi$ -мезона с протоном в пузырьковой камере. Трек  $\pi$ -мезона виден в правом нижнем углу снимка. Все говорило о том, что в первичной вершине рождались нейтральные частицы, пролетали несколько сантиметров и распадались на две заряженные. Что же было в этом удивительного?

Парадокс состоял в том, что событий с образованием  $V$ -частиц было достаточно много, то есть сечение их рождения было большим, как у реакций сильного взаимодействия. Но частицы, рождающиеся по сильному взаимодействию, имеют исключительно малое время жизни, порядка 10сек., и должны распадаться практически в самой первичной вершине. Чтобы пролететь несколько сантиметров, частица должна жить долго, порядка 10сек.



**Рис. 28-2.** Взаимодействие  $\pi^-$  с образованием двух  $V$ -частиц.  $\pi$ -мезон влетает в камеру в нижнем правом углу снимка.

Объяснение этому парадоксу было дано Бруно в нескольких предложениях, подчеркнутых в середине восьмой страницы секретного логбука за 1950 г. ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/19](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/19)):

«So there is a contradiction between the existence of a strong interacting particle and his long lifetime. This contradiction, of course, is resolved if the strongly interacting particle is produced in pair».

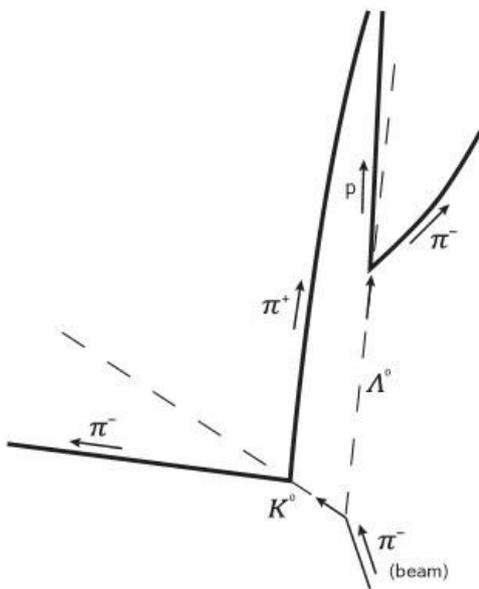
Бруно в ноябре 1950 г. первым понял, что V-частицы не могут рождаться поодиночке. Всегда должна образовываться пара V-частиц. Сейчас мы знаем, почему так происходит. Дело в том, что состав V-частиц отличается от состава обычных протонов и нейтронов. В состав V-частиц входят странный кварк со странностью  $S = +1$  или странный антикварк со странностью  $S = -1$ . Поскольку странность  $S$  в сильном взаимодействии сохраняется, то рождение странного кварка обязательно должно сопровождаться образованием странного антикварка. Это явление называется ассоциативным рождением странных частиц, они всегда возникают парами.

А почему же странные частицы так долго живут и успевают пролететь несколько сантиметров от первичной вершины? Дело в том, что они рождаются по сильному взаимодействию, но распадаются – по слабому взаимодействию, в котором странность не сохраняется. Процесс, который показан на Рис. 28-2 на самом деле выглядит так (см. Рис. 28-3): сначала по сильному взаимодействию рождается  $\Lambda$ -гиперон со странностью  $S = -1$  и K-мезон со странностью  $S = +1$ . Затем обе частицы распадаются по слабому взаимодействию

$\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ ,  $K \rightarrow \pi^+ + \pi^-$

в котором странность не сохраняется, и в конечном состоянии мы получаем обычные нестранные частицы.

В учебниках физики считается, что понятие ассоциативного рождения странных частиц было впервые предложено А. Пайсом в 1952 г. Как мы видим, Бруно пришел к этому заключению еще в ноябре 1950-го. Догадка Бруно о парном рождении V-частиц вызывает просто восхищение. Это еще один пример его фантастической интуиции, умения предлагать нетривиальные решения задолго до того, как они станут общепризнанными.



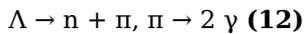
**Рис. 28-3.** Расшифровка снимка пузырьковой камеры события реакции  $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K$ .  $\pi^-$ -мезон влетает в камеру в нижнем правом углу снимка.

Для проверки своей гипотезы об ассоциативном рождении странных частиц Бруно предложил поискать процесс, в котором образуется только один  $\Lambda$ -гиперон. Если его заключения верны, то такой реакции быть не должно. Что такое странность – он тогда не знал, но идея о том, что гиперон обязательно должен рождаться с K-мезоном, ему была совершенно ясна. Опыт был выполнен в очень красивой экспериментальной постановке [94].

На синхротроне ЛЯП протоны ускорялись до энергии 670 МэВ. Этого не хватало для того, чтобы родить пару частиц с разной странностью, например  $\Lambda$  и  $K$ . Но можно было образовать одиночный  $\Lambda$ -гиперон в реакции



Образование  $\Lambda$  решили искать по цепочке распадов



Но каким образом? Ключевой идеей стало использование свойств  $\Lambda$ -гиперона пролетать несколько сантиметров от вершины, в которой он родился. Для этого детектор  $\gamma$ -квантов, который представлял собой набор различных счетчиков, был с помощью коллиматоров нацелен на определенную зону рядом с внутренней мишенью ускорителя, которая последовательно вдвигалась в зону видимости счетчиков. В мишень бил протонный пучок, рождались обычные  $p$ -мезоны, там же распадались на два гамма-кванта, и когда мишень находилась в зоне видимости счетчиков, эти процессы давали много отсчетов. Когда же мишень уходила из зоны видимости счетчиков – счет резко падал. Если мишень уходила на полсантиметра от зоны видимости, уменьшение счета составляло 10 раз.

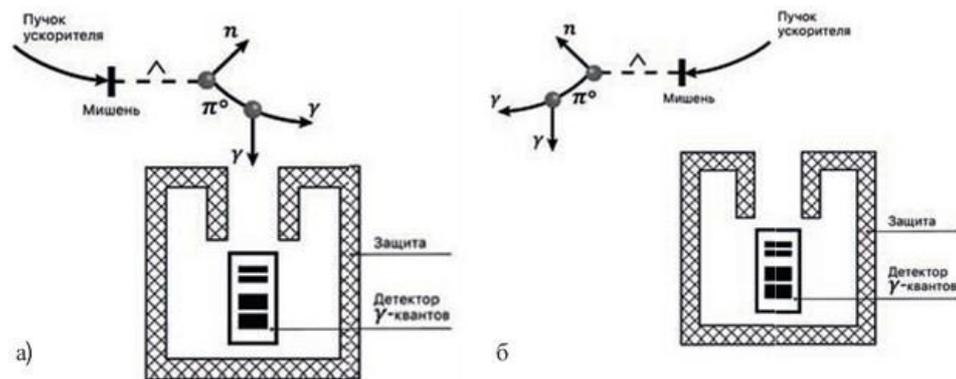
Образование одиночного  $\Lambda$ -гиперона должно было приводить к рождению  $p$ -мезона, который бы вылетал, даже когда мишень находилась еще в тени коллиматоров, но распадался на 2 гамма-кванта уже в зоне видимости регистрирующих счетчиков, как показано на Рис. 28-4.

Поэтому если бы возникал  $\Lambda$ -гиперон, то экспериментаторы должны были увидеть избыток сигналов, даже когда мишень находилась за пределами зоны видимости счетчиков. Но что должно стать точкой отсчета для такого избытка? Что должно быть фоновым процессом?

Бруно с коллегами придумали простой и красивый выход: давайте поменяем поле магнита синхроциклотрона на обратное. Тогда пучок протонов полетит не слева направо как на Рис. 28-4 а), а справа налево (Рис. 28-4 б). Рожденный  $\Lambda$ -гиперон полетит в другую сторону от коллиматора, и гамма-кванты от распада  $p$ -мезона не попадут в счетчик. Оцените изящество предложения: в одной и той же конфигурации установки определяется и эффект, и фон!

Сигналом образования одиночного  $\Lambda$ -гиперона в процессе (11) стало бы различие в счетах для прямого и обратного направления магнитного поля ускорителя.

Однако никакого различия найдено не было. Отсюда был сделан вывод, что сечение рождения одного  $\Lambda$ -гиперона по крайней мере в 10 раз меньше сечения образования  $p$ -мезонов протонами.



**Рис. 28-4.** Схема опыта по образованию одиночного  $\Lambda$ -гиперона.

Впоследствии Бруно оценивал эту работу так:

«Здесь, в Дубне, у меня сложилась довольно ясная идея о том, что между большой продолжительностью времени жизни частиц, которые сегодня называются странными, и большой вероятностью их образования существует противоречие. Эта проблема позволила нам сформулировать независимо и немного раньше, чем Пайс, принцип ассоциативного рождения странных частиц. Этот принцип в то время не был признанным, и появилась даже экспериментальная работа Шейна и др. о том, что  $\Lambda$ -гипероны рождаются в одиночку в реакции  $p + p \rightarrow \Lambda + p$ . Поэтому большая группа сотрудников, среди которых я упомяну Баландина, Жукова, Селиванова, искала на нашем синхроциклотроне одиночное образование  $\Lambda$ -частиц при столкновениях нуклонов с ядрами. Результат был отрицательным, что показывало ошибочность работы Шейна и полностью удовлетворяло нашу философию об ассоциативном рождении странных частиц... Вообще наша философия о частицах, которые сегодня называют странными, была совершенно правильной, но нам не хватало ума придумать “странность”, и

мы все время размышляли с помощью требования сохранения полного изоспина  $T$  и его третьей компоненты  $T_3$ , при этом вполне отдавая отчет, что сохранение  $T$ , которое в области пионов и нуклонов не что иное, как сохранение электрического заряда, в случае новых частиц есть совсем нетривиальная вещь. Однако, повторяю, не могли придумать квантовое число  $S$ - странность» [95].

Этот пассаж умиляет выражением «не хватило ума придумать». Да, никакого самолюбования у Бруно не было. Была абсолютно трезвая оценка своих работ.

Вспоминается любопытный случай: когда включали в сборник трудов Бруно русский перевод его автобиографической статьи *Una nota autobiografica* [8], Ирина Григорьевна Покровская, секретарь Бруно, и Татьяна Дмитриевна Блохинцева, одна из редакторов сборника, в один голос восстали против фразы «От моего учителя Энрико Ферми я много раз слышал, что амбиции только увеличиваются с возрастом». Обе утверждали: переводчик что-то напутал. Не мог такой скромный, свободный, без какого-либо намека на самовосхваление человек, как Бруно, даже думать о каком-то честолюбии, амбициях, наградах.

Конечно, Бруно были не безразличны отзывы о его работе и о его месте в науке. Но, как человек большой внутренней свободы, он мог спокойно признаться, что не все понимал и где-то «не хватило ума придумать».

Клоуз поэтически пишет об этой статье Бруно по ассоциативному рождению странных частиц: «Как падение дерева в лесу, которое никто не слышит, так и работа Бруно вне Дубны была никому неизвестна», а вот имя Абрахама Пайса, который в том же году додумался до этой же идеи ассоциативного рождения странных частиц, вошло в учебники. Да, в историю вошел А. Пайс, но то, что Бруно смог выдвинуть идею такого уровня, еще раз подчеркивает его величие как физика.

Итак, с одной стороны, у нас есть все документальные свидетельства, что Бруно в Дубне занимался экспериментами по физике элементарных частиц. С другой стороны, Клоуз и Туркетти предлагают свое видение. Туркетти, например, считает, что «главным подарком для русских стало участие Понтекорво в разработке техники нейтронного каротажа». Он пишет: «Воспоминания выдающегося русского геофизика подтверждают существование у Бруно важного знания, которое, возможно, сыграло решающую роль в решении Советов дать “убежище” ученому итальянского происхождения».

Начинаешь смотреть ссылку на воспоминания «выдающегося русского геофизика» и выясняется, что это некто Борис Иерусалимский, который писал, что решающую роль в развитии в СССР нейтронного каротажа сыграл... вы думаете, Понтекорво? Нет! – Г. Н. Флеров.

Георгий Николаевич Флеров был директором Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, принимал активное участие в советском атомном проекте. Он действительно вложил много усилий в развитие нейтронного каротажа в СССР. В отличие от работ Бруно, он использовал не радиоактивный источник, а портативный нейтронный генератор. Тогда причем здесь Бруно? Согласно Иерусалимскому, идею нейтронного каротажа подсказал Флерову именно Бруно.

Но работа Бруно по каротажу была опубликована в научном журнале, никакого секрета она не представляла. Сам Бруно никакого участия в разработке нейтронного каротажа в СССР не принимал. Конечно, он мог рассказать Георгию Николаевичу про свои работы, но делать из этого Бруно ответственным за расцвет советских работ по нейтронному каротажу – это слишком большое преувеличение.

Уже упоминалась красивая фраза Ф. Клоуза:

«Бруно Понтекорво принес с собой уникальный опыт, который в течение пяти лет нещадно эксплуатировался Советскими властями для продвижения их ядерных амбиций».

История советского атомного проекта сейчас детально изложена на основе множества документальных свидетельств. Совершенно точно известно, что участником советского атомного проекта Бруно не был. Поэтому «нещадно эксплуатироваться» он мог только в экспериментах на дубненском синхротроне. Но можно ли назвать опыты по одиночному рождению  $\Lambda$ -гиперона – «удовлетворением ядерных амбиций сталинской верхушки»?

Конечно, Туркетти, Клоуз и многие другие хотят найти объяснение, почему сам факт нахождения Бруно в России скрывался в течение пяти лет. Например, Клоуз хитроумно связывает появление Бруно в 1955 г. с исчезновением Кима Филби. По-моему, все это попытки найти черную кошку в темной комнате, где ее нет.

Объяснение может быть самое тривиальное – хрущевская оттепель: поменялась власть, поменялся уровень секретности, изменились общественные настроения.

В 1954 г. у Бруно сняли телохранителей. В 1955 г. Гидротехническая лаборатория была преобразована в Институт ядерных проблем АН СССР. Еще через год он стал международной организацией – Объединенным институтом ядерных исследований (ОИЯИ).

Изменение уровня секретности четко отражается в отзывах первых иностранцев, посетивших Дубну в 1955 г.:

«Они [русские] спрашивали нас, что бы мы хотели посмотреть. Мы видели все, что захотели. Они отвечали на каждый вопрос. Нам было разрешено брать фотоаппараты и снимать прямо в лабораториях».

Сравните это с атмосферой, царившей всего лишь несколько лет назад. Мыслимо ли было в то время ожидать, что не только иностранцев привезут на установку «М», но и большая делегация дубненских физиков поедет

в Женеву рассказать о результатах своих исследований?

В июне 1956 г. в ЦЕРН (Женева) состоялась конференция по физике высоких энергий. Бруно был соавтором доклада о результатах на синхроциклотроне, который представил В. П. Джелепов, а также доклада об измерениях пион-протонового полного сечения, который сделал А. И. Мухин.

Это важно понимать, поскольку наблюдателю со стороны, естественно, кажется, что раз про Бруно не было никакой официальной информации до 1955 г., то он все это время «ковал ядерный щит в засекреченных лабораториях КГБ».

Это не соответствует фактам, но выглядит очень правдоподобно и интригующе. Намного интереснее, чем рассказ о том, что Бруно изучал в эти годы образование  $\pi$ -мезонов в протон-протонных взаимодействиях и возможность одиночного рождения  $\Lambda$ -гиперонов.

## 29. Пресс-конференция 1955 г

Журнал «Огонек», март 1955 г. Основная статья – «Кукурузу – до Полярного круга!», в разделе «Культура» – статья о гастрольях французского певца Ива Монтана, в разделе «Новости» – репортаж «На встрече с Бруно Понтекорво»:

«Когда профессор Понтекорво вошел в конференц-зал Академии наук СССР, многоязыкий говор мгновенно смолк. На ученого устремилось множество пытливых глаз».

Сообщается, что профессор своим появлением перед журналистами дал ответ буржуазным газетам, «которые раструбили, что его украли, насильно увезли в Советский Союз, сослали в Сибирь, подвергают преследованиям». Из заметки узнаем, что профессор говорил на родном итальянском языке, правда, поправлял переводчика, когда тот неточно переводил его высказывания на русский. Например:

– Но надо сказать честно, что мой опыт в этой области был меньше опыта советских ученых, – сказал переводчик.

– Намного меньше, – поправил Бруно.

О какой области шла речь? О проблемах ядерных реакторов! Бруно признавался, что его опыт в этой области был намного меньше знаний советских ученых. Это полностью коррелирует с воспоминаниями Б. Л. Иоффе [74].

Самый волнующий момент пресс-конференции был, когда профессор вынул советский паспорт и высоко поднял его над головой.

Газета «Правда» тоже не могла пройти мимо такого информационного повода. 5 марта 1955 г., вместе с постановлением ЦК КПСС «О международном женском дне 8 марта», статьей члена-корреспондента АН СССР Ф. Константинова «И. В. Сталин и вопросы коммунистического строительства» публикуется и репортаж с пресс-конференции профессора Бруно Понтекорво для представителей советской и иностранной печати. Там приводятся слова Бруно:

– Как вы знаете, в декабре 1954 г. Атлантический блок принял очень серьезное решение. Страны этого блока решили подготовиться к атомной войне, считая атомное и водородное оружие законным оружием. Я хочу обратиться ко всем честным людям и в особенности к ученым, к физикам, многих из которых я знал лично, с которыми я работаю и уважаю, людям большого ума – просить их, чтобы они определили свои позиции.

Сегодня нельзя стоять в стороне! Реакционная желтая печать капиталистических стран затемняет сознание многих людей. Однако есть вещи, которые должны понимать даже дети. Например, как можно верить, что Советский Союз якобы угрожает Соединенным Штатам, чьи военные и авиационные базы находятся вблизи Советского Союза?

Я, в частности, хотел бы спросить профессора Колумбийского университета И. Раби (председателя американского генерального консультативного комитета комиссии по атомной энергии), придерживается ли он еще мнения, которое высказывал в беседе со мной в 1949 году, что «у СССР нет промышленного оборудования, необходимого для постройки мощных ядерных реакторов, и русские никогда не будут в состоянии производить атомную энергию»?

Корреспондент агентства «Рейтер» спросил Бруно: «Какие меры Вы предприняли, когда решили оставить Англию?» – И получил замечательный ответ: «В то время в зарубежной печати появлялось множество фантастических версий по этому поводу. Вы можете воспользоваться любой из них. Одно бесспорно: я не свалился с Луны».

На другой прямой вопрос корреспондента «Рейтер»: «Каков Ваш личный вклад в развитие атомной техники в Советском Союзе?» – Бруно ответил четко:

«Мой вклад в создание первой электростанции, работающей на атомной энергии, равен нулю. Как я сказал в своем заявлении, с тех пор, как я нахожусь в Советском Союзе, я занимался и занимаюсь физикой высоких энергий. Несколько лет назад мне пришлось обсуждать некоторые проблемы защиты от излучения реакторов, используемых в мирных целях. Но надо сказать честно, что мой опыт в этой области намного меньше опыта советских ученых. Вы понимаете, конечно, что есть большая разница между ядерным реактором, отдающим свое тепло в реку, как например, в Канаде, и таким реактором, который приводит в движение электростанцию».

Журналисты, конечно, никакой разницы не понимали, но эти слова Бруно очень хорошо подтверждают воспоминания Иоффе [74]: ничему серьезному Бруно научить наших специалистов-реакторщиков не мог. Тем не менее сам факт обсуждения вопросов защиты реакторов подается Туркетти как вклад Понтекорво в советскую ядерную программу [5].

В официальном заявлении («Правда», 1 марта, 1955) Бруно призвал запретить атомное оружие.

Англичане реагировали быстро. Уже 29 марта первый секретарь посольства Слейтер передал в МИД извещение о намерении английских властей лишить Бруно гражданства за «нелояльное и недружественное поведение относительно ее Величества».

«Правда» 26 апреля 1955 г. напечатала ответ Бруно:

«Прошу сообщить Посольству Англии в СССР уже известный им факт о том, что я являюсь советским гражданином, а поэтому вопрос, какое решение примет МВД Англии о британском гражданстве, меня не интересует. Вместе с тем считаю необходимым подчеркнуть то обстоятельство, что я к английскому народу никаких элементов нелояльности или недружелюбия не допускал и до сих пор питаю к нему самые высокие чувства».

После пресс-конференции Бруно официально позволили общаться с родителями, писать письма.

Интересную деталь Бруно рассказал Мириам Мафаи [6] о попытке заставить его дать еще одно интервью. На этот раз британской газете «Дэйли Мэйл», которую Бруно считал абсолютно «желтым» изданием и ни в коем случае не хотел с ним связываться. Некоторый партийный босс намекнул, что интервью «Дэйли Мэйл» – это личная просьба В. Молотова – тогдашнего министра иностранных дел. Бруно пошел жаловаться на это давление Курчатову. Тот его поддержал, и вздорное требование исчезло.

Надо отметить, что призывы Бруно к разоружению отнюдь не были выражением чувств экстравагантного одиночки. Так думали многие коллеги Бруно на Западе. Помимо Ф. Жолио-Кюри, можно назвать Г. Скиннера, Р. Пайерлса, Дж. Ротблата. Например, Герберт Скиннер, коллега Бруно по Харуэллу, возглавил группу ученых, которые боролись за осуществление контроля за вооружениями.

### 30. Образование ОИЯИ

Яков Абрамович Смородинский – замечательный ученый и популяризатор науки – оставил интересные воспоминания о Дубне [96]:

«Как-то раз И. В. Курчатова вызвал А. Б. Мигдала, Б. Т. Гейликмана, И. Я. Померанчука и меня и предложил нам помочь организации так называемой Гидротехнической лаборатории. Поначалу мы должны были ездить туда по субботам, хотя где она находится, нам не сказали. Так начались и продолжались в течение довольно долгого времени регулярные субботние рейсовые маршруты вдоль канала Москва – Волга до плотины, затем по мостику, перекинутому через ручеек, где к нам подходил офицер и проверял наши документы, после чего мы попадали в то место, которое сейчас называется Дубной и является международным ядерным центром. Поскольку то место было чрезвычайно закрытым и о его существовании мало кто знал, мы шутили, что когда-нибудь здесь будет международный центр, типа Нью-Васюков, куда будут приезжать международные гроссмейстеры. И эта шутка нам казалась не столько остроумной, сколько абсолютно несбыточной. На самом деле действительность оказалась очень близкой к тому, над чем мы шутили».

Да, «абсолютно несбыточная шутка» превратилась в реальность в 1956 г., когда Институт ядерных проблем в Дубне был преобразован в международную организацию – Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ). Это был наш ответ на создание ЦЕРН – Европейского центра ядерных исследований, который был организован в 1955 г. и объединил физиков Западной Европы.

М. Г. Мещеряков в своих воспоминаниях [81] рассказывает, что идея образовать ОИЯИ возникла после обсуждения его доклада о работах в Дубне, которые были выполнены в 1950–1955 гг., на сессии Академии наук СССР по мирному использованию атомной энергии. К этому времени было принято решение снять секретность с работ на установке «М». Поэтому на сессию пригласили физиков из социалистических стран. Через месяц была большая международная конференция в Женеве по мирному использованию атомной энергии, и на берегах озера Леман, как пишет Мещеряков, идея окончательно сформировалась.

Соглашение об организации Объединенного института ядерных исследований было подписано 26 марта 1956 г. правительствами 11 социалистических стран. СССР безвозмездно передавал новой организации синхротрон на 680 МэВ, строящийся синхрофазотрон на 10 ГэВ и импульсный нейтронный реактор.

Международный характер ОИЯИ, наличие большой группы иностранных ученых из дружественных социалистических стран кардинально изменили обстановку в городе и в Институте. Она стала сильно отличаться от среднесоветской. Андрей Макаревич с легендарной группой «Машина времени» был в Дубне в 70-х годах и вспоминает об удивительном ощущении: «Дубна – это был город, где все было можно!»

В Дубне нашел приют поэт Андрей Вознесенский после разноса Хрущевым на Пленуме ЦК КПСС. Дубненские академики и Бруно ходатайствовали об открытии театра на Таганке Любимова. Аллея и памятник Владимиру Высоцкому в Дубне напоминают о концертах культового артиста, которые проходили в местном Доме культуры. Равно как и знаменитые строчки из его «Марша физиков»:

*Пусть не поймаешь нейтрино за бороду  
И не посадишь в пробирку, —  
Было бы здорово, чтоб Понтекорво  
Взял его крепче за шкуру!*

В разные годы в Дубну приезжали М. Ростропович, А. Тарковский, Э. Неизвестный.

Однако с созданием международного института Дубна не переместилась в параллельную Вселенную, а продолжала находиться в Советском Союзе. М. Г. Мещеряков вспоминает [81], как в конце 1954 г. ему приказали немедленно прекратить заниматься опытами на ускорителе и примкнуть к большой научной группе, которой Н. С. Хрущев поставил задачу – ко дню открытия XX съезда КПСС овладеть термоядерной энергией. То есть, за один год решить проблему, которая, по большому счету, не решена до сих пор!

Когда я прочел об этом, то знаменитый эпизод из фильма «Девять дней одного года», где герои читают стенгазету с призывом «Откроем новую элементарную частицу в текущем квартале!», стал видаться в другом свете.

### 31. Два нейтрино

На надгробии могилы Бруно в Риме на кладбище Тестаццо ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/20](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/20)), по предложению известных итальянских физиков Лучано Майяни и Джильберто Бернардини, написана одна формула

$$\nu \neq \bar{\nu}$$

В 1993 г. это воспринималось как квинтэссенция научных достижений Понтекорво. Осцилляции нейтрино еще не были открыты, и предсказание Бруно о различии двух типов нейтрино представлялось самым значительным из того, что он сделал в жизни. Как возникла эта идея?

В 1957–1958 гг. в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ шла активная работа по созданию проекта суперциклотрона – ускорителя на невиданную тогда интенсивность протонного пучка в 500 мкА. Энергия протонного пучка должна быть сравнительно небольшой – 800 МэВ, но по интенсивности такая машина не имела бы себе равных в мире. Чтобы понять, на какую задачу замахнулись ускорительщики того времени, надо указать, что ток синхроциклотрона ЛЯП в то время был меньше 1 мкА. То есть хотели увеличить интенсивность пучка сразу в 500 раз!

Работа над проектом велась очень активно, и шансы получить финансирование были довольно велики. Бруно стал всерьез думать над программой физических экспериментов для такой машины с невиданной интенсивностью. Его давно, еще со времен опытов с Хинксом в Канаде, интересовал вопрос – являются ли нейтрино, испускаемые в реакциях бета-распада вместе с электроном,

$$n \rightarrow p + e + \nu^- \quad (13)$$

тождественными нейтрино, которые участвуют в процессах с мюонами. Например,

$$\pi \rightarrow \mu + \nu^- \quad (14)$$

Или в этих процессах участвуют разные частицы, которые надо именовать как электронное  $\nu$  и мюонное  $\bar{\nu}$  нейтрино?

В работе «Страницы развития нейтринной физики» [97] он так и пишет, что «для людей, занимавшихся мюонами в старые времена, вопрос о разных типах нейтрино был всегда». Уже в секретной тетради 1950 г. [https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/18](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/18) в правом нижнем углу видно, что Бруно записывал реакцию распада мюона на электрон и два нейтрино, обозначая нейтрино разными символами. На это впервые обратил внимание профессор Р. Кастальди из секции ИНФН в Пизе, который расшифровал записи Бруно в секретных тетрадях [98].

Бруно подверг вопрос о двух нейтрино подробному анализу в своем выступлении на Рочестерской конференции в Киеве в 1959 г., а затем в знаменитой статье «Электронные и мюонные нейтрино», которая появилась в ЖЭТФ в 1959 г. [99].

Идея Бруно была проста: создаем пучок нейтрино одного типа. Допустим, мюонных. Направляем их на мишень. В принципе, могут пойти две реакции:

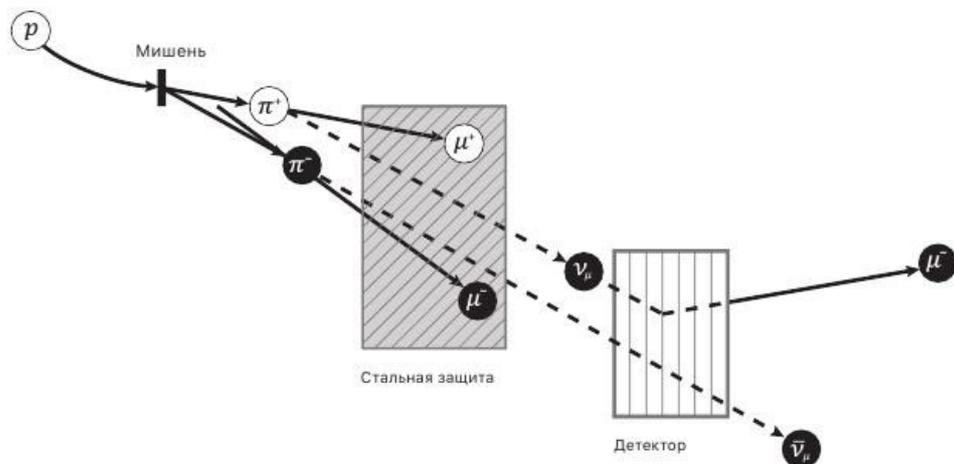
$$\nu + n \rightarrow \mu + p \quad (15)$$

$$\nu + n \rightarrow e + p \quad (16)$$

Если будут рождаться и мюоны, и электроны, то разности между электронным и мюонным нейтрино нет. Если пойдет только рождение мюонов – это прямое доказательство того, что есть два разных типа нейтрино и  $\nu \neq \bar{\nu}$ .

Именно такой опыт и был поставлен Л. Ледерманом, М. Шварцем и Дж. Стейнбергером в 1962 г. в Брукхейвене (см. Рис. 31-1). Они направили протонный пучок 15 ГэВ на бериллиевую мишень. В результате взаимодействия протонов с мишенью рождалось много частиц, в основном,  $\pi$ -мезонов. Эти  $\pi$ -мезоны частично распадались в реакциях типа (14) на мюоны и нейтрино. Изюминкой опыта была стальная защита толщиной 13,5 метра, которая ставилась на пути мезонов. Состояла эта «изюминка» из ржавой брони, снятой со списанного линкора. Тринадцатиметровая стальная стена нужна была для того, чтобы поглотить все  $\pi$ -мезоны и мюоны. Для нейтрино она препятствия не представляла, и можно было считать, что после стального фильтра шел уже чистый нейтринный пучок.

Пройдя через стальную стену, нейтрино встречали на своем пути вещество детектора, в качестве которого использовались недавно изобретенные искровые камеры. В них трек частицы регистрировался как череда искр, возникающих в инертном газе, заполняющем пространство между рядами металлических пластин. Искровые камеры в опыте Шварца – Ледермана состояли из 90 алюминиевых пластин общим весом 10 тонн. Только такая масса детектора позволяла надеяться получить приемлемую статистику. Мюоны оставляли в искровых камерах четкие треки, похожие на штрих-пунктирную линию. Треки электронов выглядели более «кудрявыми», похожими скорее на ветку растения.



**Рис. 31-1.** Схема опыта Шварца – Ледермана – Стейнбергера.

Набор статистики продолжался 9 месяцев. Экспериментаторы увидели 51 нейтринное событие. И все они были от мюонов. Отсутствие электронов однозначно говорило о том, что мюонное и электронное нейтрино – разные частицы. За это в 1988 г. Л. Ледерман, М. Шварц и Д. Стейнбергер получили Нобелевскую премию.

А что же Бруно? При поверхностном рассмотрении этой истории Бруно выглядит несправедливо обиженным. Однако все намного сложнее и интереснее. Открытие двух типов нейтрино – это идеальная иллюстрация того, насколько понятие «научное открытие» может быть неоднозначным.

Мне посчастливилось быть в ЦЕРН на семинаре, который давали Ледерман и Шварц сразу же после награждения Нобелевской премией. Главное, что запомнилось – это благодарность Бруно, которую выражали лауреаты. Они прямо подчеркивали, что именно дискуссии на конференции в Киеве и статья Бруно стали основой для их эксперимента, который, вообще говоря, был нацелен на другое.

Действительно, изначально Шварц, Ледерман и Стейнбергер вовсе не собирались разбираться с проблемой двух нейтрино. Основной целью их эксперимента был поиск промежуточного бозона во взаимодействиях нейтрино. Официальное предложение эксперимента, которое они направили программному комитету ускорителя AGS, так и называлось: «Изучение взаимодействий нейтрино, поиски промежуточного бозона».

Промежуточные бозоны  $W$ ,  $Z$  – переносчики слабого взаимодействия, как мы сейчас знаем, имеют массу в районе 80 ГэВ. Но это стало известно только в 1982 г. До этого промежуточные бозоны искали на каждом новом ускорителе, в каждом новом диапазоне энергий. Но в 1964 году поиск их на ускорителе с энергией 15 ГэВ был обречен на неудачу. Если бы Шварц – Ледерман – Стейнбергер следовали заявленной программе эксперимента, то вместо выдающегося открытия их ждала бы только обычная статья в журнале о том, что промежуточный бозон в очередной раз обнаружить не удалось.

Однако, как вспоминает сейчас Стейнбергер [100], их лидера Мелвина Шварца вдохновило замечание выдающегося теоретика Ли Цзун-дао о том, что все имеющиеся до сих пор сведения о слабом взаимодействии были получены в экспериментах с распадами частиц, нельзя ли придумать другой источник для изучения слабых процессов? Это привело Шварца к идее сделать на ускорителе пучок нейтрино и изучать взаимодействие нейтрино с нуклонами. Основная статья Шварца, опубликованная в *Phys. Rev. Lett.* [101], производит странное впечатление. По сути, это простой расчет числа событий, которые могут быть получены при взаимодействии нейтрино данной энергии с протонной мишенью. Сейчас это уровень дипломной работы. Интересно, в примечаниях отмечено, что автору известна работа Б. Понтекорво о проверке идентичности двух нейтрино.

Однако важность статьи Шварца была в самой пионерской идее использовать нейтрино, созданные на ускорителе. За статьей Шварца была опубликована статья Ли и Янга, в которой обсуждался целый ряд фундаментальных вопросов, которые могли быть изучены во взаимодействиях ускорительных нейтрино. Главной темой они предлагали поиск промежуточного бозона, но про два нейтрино в статье Ли и Янга тоже шла речь.

Итак, Шварц и его коллеги предлагали использовать в реакциях (15) – (16) нейтрино со средней энергией 220 МэВ, которые образовывались при распадах  $\pi$ -мезонов с энергией в районе 1 ГэВ.

А Бруно? Он предлагал другую схему получения нейтринного пучка. Протоны Суперциклотрона с энергией 700 МэВ должны были образовывать большое количество  $\pi$ -мезонов,  $\pi$ -мезоны распадались бы на мюоны. Отрицательно заряженные мюоны быстро поглощались некоторым фильтром, а положительно заряженные мюоны замедлялись и распадались, давая нейтрино со средней энергией 35 МэВ.

Сечение взаимодействия нейтрино с нуклонами прямо пропорционально энергии нейтрино. Чем выше энергия, тем больше событий реакции можно наблюдать. Поэтому изучать взаимодействие нейтрино высоких энергий намного легче, чем нейтрино с малой энергией. Бруно собирался компенсировать этот недостаток за счет фантастической интенсивности протонного пучка Суперциклотрона. Однако этот проект так и не был реализован. Циклотроны с таким током стали работать в мире только в конце 70-х годов. Их стали называть «мезонными фабриками», подчеркивая большое количество мезонов, которое позволяла создать высокая интенсивность первичного пучка. Первые нейтринные эксперименты на мезонных фабриках начались вообще в начале 90-х. Шварцу же удалось сделать пучок нейтрино и выполнить эксперимент за тридцать лет до того, как предложение Бруно стало технически возможным.

Очень хорошо резюмировал создавшуюся ситуацию Леон Ледерман [102]:

«В 1959 г. Понтекорво рассмотрел правильную задачу, но предложил решить ее с помощью безнадежной техники, а Шварц поставил задачу, которая не была решена до 1982 г. после открытия  $W$ -бозона, но предложил правильную экспериментальную технику».

С. Герштейн [44] рассказывал, что после того, как была получена Нобелевская премия, Ледерман и Стейнбергер написали добрые письма Бруно, с тем, как было бы хорошо, если бы он был с ними.

Дж. Фидекаро отмечал [29], что идея про два нейтрино была опубликована буквально накануне Рочестерской конференции в Киеве в 1959 г. И в Киеве Бруно подробно обсуждал ее с экспертами. Все это привело к тому, что люди приехали из Киева в полной уверенности, что два нейтрино – разные частицы.

Поэтому совершенно неправ Ф. Клоуз, когда пытается доказать, что трагедия Бруно заключалась в том, что про его идеи никто не знал, поскольку сначала ему запрещено было публиковаться, а потом разрешали статьи только на русском, и перевод на английский запаздывал на два года. Все это лукавство. Запрет на публикации длился до 1955 г. После этого все отчеты Бруно были опубликованы в академических журналах и регулярно переводились. Препринты были прекрасным инструментом обмена идеями. Поэтому в физическом сообществе все всё знали. Не случайно и в статье Шварца есть ссылка на Бруно, да и сами Нобелевские лауреаты открыто говорили о том, что именно идеи Бруно вдохновили их на проведение правильного эксперимента.

## 32. Немного про кварки и лептоны

Почему открытие двух типов нейтрино было так высоко оценено? В чем состояла гениальность Бруно?

Сейчас мы понимаем, что это открытие было одним из первых указаний на важную особенность нашей Вселенной: элементарные частицы объединяются в ней в некоторые семейства – поколения.

Давайте определим, что мы называем элементарной частицей: это объект, у которого на данном уровне развития физики не обнаружена внутренняя структура. Например, у кварка не найдено никакой структуры до уровня 10 см. То есть вплоть до этих расстояний кварк ведет себя как точечная частица. Также мы пока не видим структуры у электрона. Слово «пока» здесь существенно. Нет никакой гарантии, что на новом уровне развития ускорительной техники, при переходе к большим энергиям, мы не обнаружим структуру электрона. И знаменитая формула В. И. Ленина «Электрон так же неисчерпаем, как и атом» обретет, наконец, буквальный смысл.

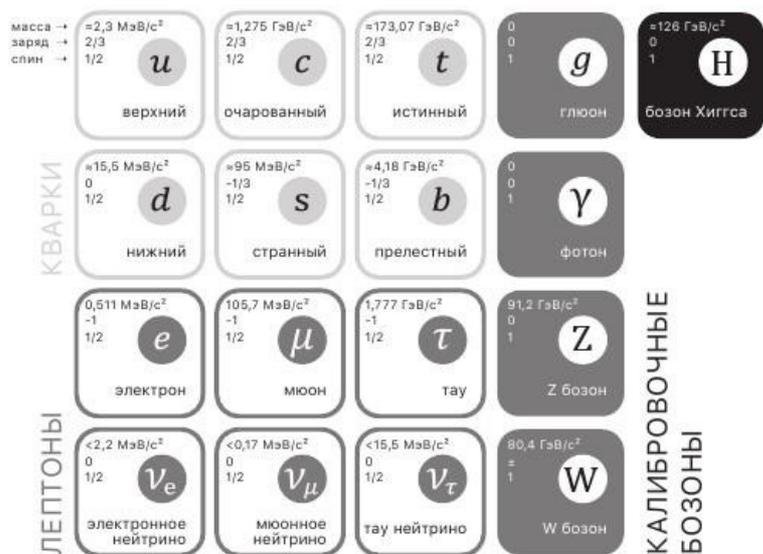


Рис. 32-1. Калибровочные бозоны

Рис. 32-1. Калибровочные бозоны

Элементарные частицы делятся на кварки, лептоны и промежуточные бозоны, которые переносят взаимодействия между частицами, включая, знаменитый бозон Хиггса, квант поля Хиггса, взаимодействие с которым придает элементарным частицам массу.

Все открытые на сегодня элементарные частицы уместаются в простую схему, приведенную на Рис. 32-1.

В левом верхнем углу рисунка показан кварковый сектор, состоящий из 6 кварков. Кварки участвуют во всех 4 известных взаимодействиях: сильном, электромагнитном, слабом и гравитационном. Эти частицы создают окружающее нас вещество: из трех кварков (uud) состоит протон, из комбинации (ddu) – нейтрон.

Комбинации кварк-антикварк позволяют создавать многочисленные мезоны: пример, который мы будем усиленно обсуждать, – К-мезон с массой 495 МэВ. Он состоит из пары d- и s-кварков. В его состав входит странный кварк – носитель особого квантового числа странности S. Странность К-мезона – S = +1. Античастица К-мезона состоит из пары d- и s-кварков. У нее точно такая же масса, а странность S = -1. Странность – это пример того, что кварки являются носителями флейворов (ароматов) – особых квантовых чисел, которые сохраняются в сильных взаимодействиях, но нарушаются в слабых.

В левом нижнем углу на Рис. 32-1 показано семейство из 6 лептонов, которые, так же как и кварки, образуют окружающее нас вещество. Самый известный лептон – электрон, в состав каждого атома входят электроны. Лептоны не испытывают сильного взаимодействия, но участвуют во всех остальных. Так же как и кварки, они имеют свои флейворы, называемые лептонными числами.

Всем лептонам приписывается лептонное число L = +1, всем антилептонам L = -1. После открытия двух типов нейтрино стали думать, что у каждого лептона есть свое лептонное число – L и L. В Таблице 32.1 приведены значения этих чисел для первых двух поколений лептонов. До открытия осцилляций нейтрино считалось, что сумма лептонных чисел каждого типа сохраняется во всех реакциях и распадах.

Лептонный сектор начали исследовать с начала XX века, когда был обнаружен электрон – отрицательно заряженная частица с массой 0,5 МэВ. В 1936 г. в космических лучах Карл Андерсон обнаружил мюон – частицу с массой 105 МэВ. Оказалось, что свойства мюона очень сильно напоминают свойства электрона. Например, можно сделать экзотический атом, в котором вместо электрона будет мюон. Бруно, как мы видели, в 1949 г. предположил, что вообще взаимодействия электрона и мюона полностью одинаковы. Эта идея об универсальности слабого взаимодействия в настоящее время стала краеугольным понятием Стандартной

модели. Открытие того, что у электрона есть свое нейтрино, а у мюона – свое, подталкивало к тому, что эти частицы можно объединять в некие группы. В настоящее время открыт и третий лептон – тау-лептон с массой 1776 МэВ. Причем у него тоже есть свое нейтрино и доказано, что сила его взаимодействия также подчиняется принципу универсальности слабого взаимодействия.

Три пары лептон + нейтрино вместе с соответствующими парами кварков образовали три группы, называемые поколениями. Первое поколение объединяет легкие u- и d-кварки с электроном и его нейтрино. Наше обычное вещество состоит именно из частиц первого поколения.

Второе поколение объединяет странный s-кварк, очарованный c-кварк с мюоном и его нейтрино. Наконец, в третье поколение входят тяжелые кварки b (beauty) и t (top) вместе с тау-лептоном и тау-нейтрино.

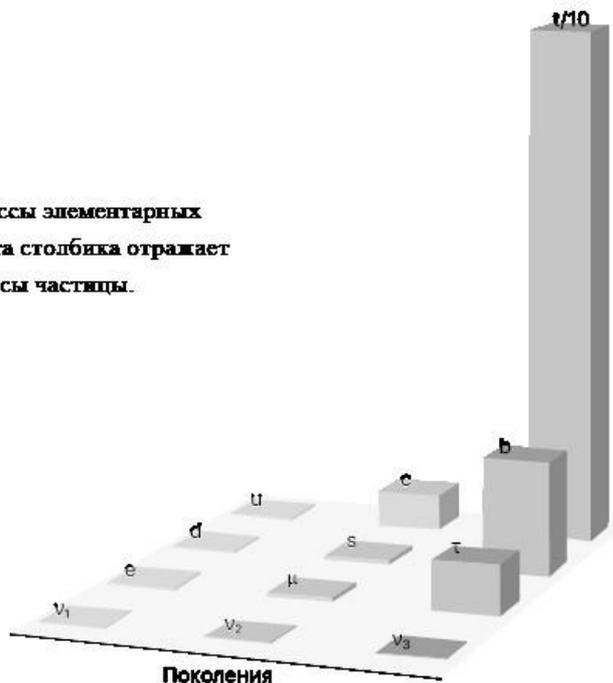
	$e^+$	$e^-$	$\mu^-$	$\mu^+$	$\nu_e$	$\bar{\nu}_e$	$\nu_\mu$	$\bar{\nu}_\mu$
$L_e$	-1	+1	0	0	+1	-1	0	0
$L_\mu$	0	0	+1	-1	0	0	+1	-1

**Таблица 32.1.** Лептонные числа.

С провидческой догадки Бруно о схожести свойств электрона и мюона началось понимание того факта, что элементарные частицы в нашей Вселенной сгруппированы в поколения. Ф. Клоуз назвал одну из своих научно-популярных книг «Космическая луковица», подчеркивая, что у нас есть «слои», структуры из похожих по свойствам элементов, которые отличаются по массам. Как бы три массовых уровня элементарных частиц. Массы элементарных частиц разных поколений показаны на Рис. 32-2.

Первое, что хочется спросить, глядя на Рис. 32-2, – почему есть такое сильное различие в массах элементарных частиц? В цифрах это различие выглядит еще более впечатлительно. Массы нейтрино точно неизвестны, но они меньше 1 эВ. Масса топ-кварка – 173 ГэВ или  $1,73 \times 10^5$  эВ, то есть на одиннадцать порядков больше. Почему? Объясняет ли современная физика такой гигантский разброс в спектре масс? Честный ответ – нет.

Почему в нашей Вселенной возникли частицы именно с таким набором масс – тоже никто не знает. Но самое удивительное, что сами значения масс частиц нельзя изменить без кардинального изменения свойств окружающего нас мира. Самый простой пример – нейтрон. Можно ли уменьшить/увеличить его массу, если не на одиннадцать порядков, то хотя бы в два раза? Оказывается, все рухнет, даже если массу нейтрона уменьшить всего лишь на одну десятую процента. Тогда атом водорода – система из протона и электрона – сможет переходить в «облегченный» нейтрон и нейтрино. В такой Вселенной весь водород моментально перешел бы в нейтроны, никаких тяжелых элементов типа углерода или железа не смогло бы образоваться и ни о какой разумной жизни не могло быть и речи.



**Рис. 32-2.** Массы элементарных частиц, высота столбика отражает величину массы частицы.

**Рис. 32-2.** Массы элементарных частиц, высота столбика отражает величину массы частицы.

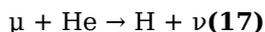
Очень интересно спросить также, почему у нас есть именно три, а не четыре или два поколения? Четвертое поколение искали и на нашем уровне энергий не обнаружили. Вселенная с двумя поколениями элементарных частиц, судя по всему, была бы нежизнеспособной в прямом смысле этого слова: в ней жизнь не смогла бы зародиться. Дело в том, что у каждой частицы есть античастица. Однако в нашей Вселенной доминирует вещество, антивещества в макроскопических количествах – в виде галактик, планет или даже метеоритов – не обнаружено. Есть механизм, который может создавать небольшой перекося частиц в истинно симметричной смеси из частиц и античастиц. Впервые этот механизм был предложен А. Д. Сахаровым. Но во Вселенной из двух поколений он не действует. Он работает, если число поколений больше или равно трем.

Так что в нашем, самом лучшем из миров, пока обнаружено три и только три поколения элементарных частиц.

### 33. Прямое наблюдение мюонного нейтрино

Давняя мечта Бруно – зарегистрировать взаимодействие нейтрино – трансформировалась в очень красивый опыт по захвату мюона.

Реакция выглядела так:



Здесь нейтрино не поглощалось, а испускалось. Но в отличие от бета-распада (2) в конечном состоянии были всего две частицы – тритий и нейтрино. Поскольку мюон захватывался в гелии-3 из покоя, то энергия начального состояния была фиксирована и нейтрино обязано было лететь в противоположном направлении к импульсу трития, который был четко фиксирован. Признаком образования нейтрино было появление в конечном состоянии следа сильноионизирующей частицы H с известным пробегом.

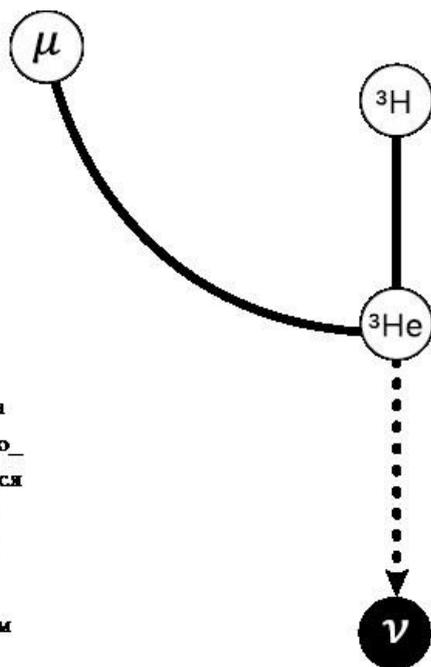
Бруно инициировал этот эксперимент для группы Р. М. Суляева из Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, которая работала с диффузионной камерой. Они столкнулись с большой проблемой: надо было заполнить камеру редким изотопом гелия – гелием-3. Достать это вещество было не так-то просто. Гелий-3 считался стратегическим материалом, поскольку получался от распада трития, который использовали в водородных бомбах.

С. Герштейн вспоминает [44], что первоначально у экспериментаторов была красивая физическая идея, как можно преодолеть нехватку гелия-3. Они хотели разбавить небольшое количество гелия-3 водородом и использовать явление перехвата мюона – чтобы захват мюона шел на атомах водорода с образованием экзотического атома, где место электрона занимал отрицательный мюон. Надежда была на то, что такой мезоатом будет сталкиваться с атомами гелия-3 и будет происходить перехват мюона от водорода к гелию-3. Бруно попросил Герштейна рассчитать вероятность перехвата мюона от водорода в гелий-3. Однако расчет дал неутешительный результат. Герштейн объявил Суляеву, что ничего у них не получится. Так и оказалось.

Пришлось решать проблему не красивым физическим эффектом, а грубой силой – увеличивать количество гелия-3. Для этого использовали знакомства Бруно. Он рассказал идею эксперимента И. В. Курчатову, тому она понравилась, и он распорядился выделить нужное количество гелия-3.

В результате опыт сделали, получили красивые снимки, по сути – фотографии улетающего нейтрино ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/53](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/53)). Схематично они показаны на Рис. 33-1.

Единственно, в статье [103] запретили называть количество гелия-3, которое находилось в камере.



**Рис. 33-1.** Схема треков захвата мюона на фотографии ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/53](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/53)). Мюон входит слева, поглощается в  ${}^3\text{He}$  и виден короткий трек. То, что это тритий, идентифицируется по пробегу и ионизирующей способности. Нейтрино улетает в направлении, противоположном импульсу трития.

**Рис. 33-1.** Схема треков захвата мюона на фотографии ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/53](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/53)). Мюон входит слева, поглощается в He и виден короткий трек. То, что это тритий, идентифицируется по пробегу и ионизирующей способности. Нейтрино улетает в направлении, противоположном импульсу трития.

Есть симпатичная фотография [https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/21](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/21), где Бруно показывает В. П. Джелепову какой-то фокус. Обратите внимание, что на столе лежит знаменитый снимок реакции захвата мюона в He.

В 1963 г. за цикл работ по экспериментальным и теоретическим исследованиям слабых взаимодействий и физики нейтрино Б. М. Понтекорво был награжден Ленинской премией.

### 34. Осцилляции нейтрино

«Почти все важнейшие идеи

в нейтринной физике предложил Понтекорво».

*Валентин Телегди*

История с осцилляциями нейтрино – это еще один пример для демонстрации неоднозначности понятия «автор открытия». Мы уже столкнулись с такой ситуацией в истории с двумя сортами нейтрино. Оказывается, можно высказать правильную идею, но пройдет сложный путь для ее проверки и Нобелевскую премию получит тот, кто искал совсем другой эффект, но на своем пути увидел ваше предсказание и выбрал правильный вариант.

Случай с осцилляциями нейтрино показывает нам пример того, как неверные слухи о результатах эксперимента породили правильную идею. Но путь от правильной идеи до правильной формулы занял двадцать лет. А абсолютно неверная физическая идея магическим образом привела к правильным уравнениям, и фамилии их авторов теперь вошли в учебники. Но обо всем по порядку.

С. М. Биленький говорил [45], что в нейтринной физике каждое глубокое высказывание о нейтрино сопровождалось ошибочным заключением. Так, Паули ввел само понятие нейтрино, но думал о том, что нейтрино есть часть ядра. В случае осцилляций роль ошибочного заключения сыграли слухи о положительных результатах эксперимента, который в середине 50-х годов проводил Раймонд Дэвис [104]. Он искал сигнал от антинейтрино, используя хлор-аргонный метод Понтекорво.

Как мы помним, в реакторах происходит бета-распад нейтрона

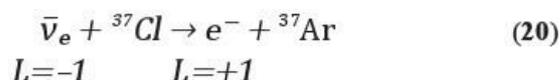


Нейтрон превращается в протон с испусканием электрона и антинейтрино. Поэтому реакторы являются мощными источниками электронных антинейтрино. Это было использовано Ф. Райнесом и К. Коуэном, которым в 1955 г. впервые удалось детектировать взаимодействие антинейтрино в реакции

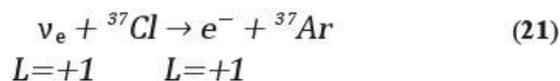


Красивый эксперимент, идея которого до сих пор используется по всех опытах с реакторными антинейтрино, заключался в детектировании гамма-квантов от аннигиляции позитрона в совпадении с сигналом от поглощения нейтрона. То есть сначала приходил гамма-квант с энергией 0,5 МэВ, а затем, приблизительно через 10 мкс (время, необходимое для поглощения теплового нейтрона) приходили гамма-кванты от захвата нейтрона.

Обратите внимание: сохранение лептонного числа требует, чтобы при взаимодействии антинейтрино ( $L = -1$ ) в конечном состоянии реакции (19) должен появиться позитрон ( $L = -1$ ), а не электрон ( $L = +1$ ). Но в те времена, чем отличается нейтрино от антинейтрино, никто ясно не представлял, и Дэвис хотел попробовать с помощью реакторных антинейтрино сделать опыт Понтекорво по образованию аргона-37

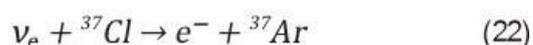
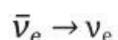
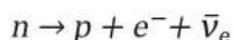


Но Бруно предлагал эту реакцию для взаимодействия нейтрино:



Тут все законно – лептонное число сохраняется. Поэтому, когда появились слухи о том, что Дэвис видит какие-то события от реакции (20) то, казалось, это говорит о несохранении лептонного числа.

Но Бруно предложил другое оригинальное объяснение: что если реакторные антинейтрино по пути к детектору превращаются в нейтрино? То есть происходит цепочка процессов:



Но какой процесс мог бы обеспечить переход антинейтрино в нейтрино  $\nu$ ?

Бруно предложил, что антинейтрино переходит в нейтрино  $\nu$  за счет феномена осцилляций, подобных тем, что

наблюдаются в системе нейтральных К-мезонов.

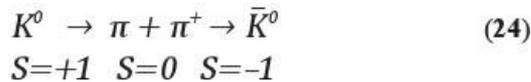
В первом же абзаце своей исторической работы 1957 г. «Мезоний и антимезоний» [105] он пишет:

«Гелл-Манн и Пайс впервые указали на интересное следствие, вытекающее из того факта, что К и К—не являются тождественными частицами. Вероятность превращения К → К—, вызываемого слабыми взаимодействиями, приводит к тому, что нейтральные К-мезоны необходимо рассматривать как смесь частиц К и К, имеющих разную комбинированную четность. В настоящей заметке обсуждается вопрос, существуют ли иные “смешанные” нейтральные частицы (не обязательно “элементарные”), кроме К мезонов, которые отличаются от соответствующих античастиц, причем переходы частица → античастица не являются строго запрещенными».

Что такое осцилляции нейтральных К-мезонов? Как мы уже говорили, мезоны К и К—отличаются флейворным квантовым числом странностью S. Странность К-мезона S = +1. Странность К—-мезона S = -1. В сильных взаимодействиях странность сохраняется. Если бы мы жили в Сильном мире, где существуют только сильные взаимодействия, то переходы

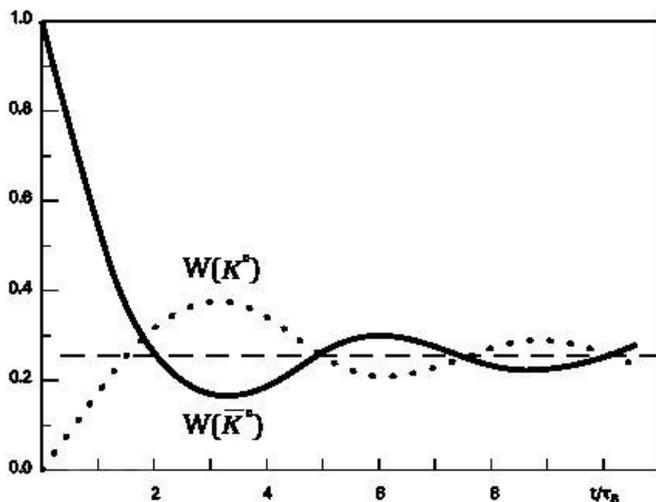


были бы строго запрещены. Но в реальном мире есть еще и слабое взаимодействие, в котором странность не сохраняется. Поэтому в Сильно-Слабом мире переходы К в К—могут проходить через промежуточные состояния с нулевой странностью, типа:



На первый взгляд, это означает, что если бы мы создали пучок чистых К, то со временем они бы все просто перетекли в К—. Однако К— тоже могут переходить в К. Поэтому ситуация становится намного интереснее. Условно она показана на Рис. 34-1.

Если приготовить в начальном состоянии пучок чистых К-мезонов и позволить ему свободно распространяться, то со временем число К-мезонов сначала действительно будет уменьшаться, причем в пучке начнут возникать К—-мезоны, что соответствует нашим интуитивным ожиданиям. Но если мы продолжим наблюдения, то увидим, что число К-мезонов перестанет падать и даже начнет увеличиваться, а число К—-мезонов, соответственно, уменьшаться (см. Рис. 34-1). Такие вариации числа К-мезонов будут продолжаться и дальше с уменьшающейся амплитудой. Этот эффект называется осцилляциями в системе К-К—-мезонов.



**Рис. 34-1.** Вероятность наблюдения  $K^0$  и  $\bar{K}^0$ -мезонов в зависимости от времени, выраженного в единицах времени жизни короткоживущего К-мезона  $\tau_S$ .

**Рис. 34-1.** Вероятность наблюдения К и К—-мезонов в зависимости от времени, выраженного в единицах времени жизни короткоживущего К-мезона  $\tau$ .

В нашем повседневном мире, казалось бы, нет ничего подобного осцилляциям каонов. Конечно, русскую народную песню «Летят утки, летят утки и два гуся» можно рассматривать как рассказ о том, что в момент тлетели утки, а в момент t в стае уток появилось два гуся. Но поскольку в песне не прослеживается, что в дальнейшем, по мере движения, число уток опять восстанавливается, мы не можем считать это полноценным описанием осцилляций в системе утки-гуся.

Однако механический аналог явления осцилляций каонов существует. Это два маятника, связанные слабой пружинкой. Такую игрушку подарили Бруно на 70-летие Л. Микаэлян и А. Боровой из Курчатовского института.

Если отклонить один из маятников, на Рис. 34-2 он справа, то скоро его колебания начнут затухать, а другой, левый, маятник начнет раскачиваться со все более возрастающей амплитудой. Затем процесс повторится: левый маятник замедлит свои колебания, а колебания правого маятника начнут возрастать. Если закрыть экраном один из маятников, то можно показывать изумленному зрителю фантастический маятник с переменным периодом колебаний.

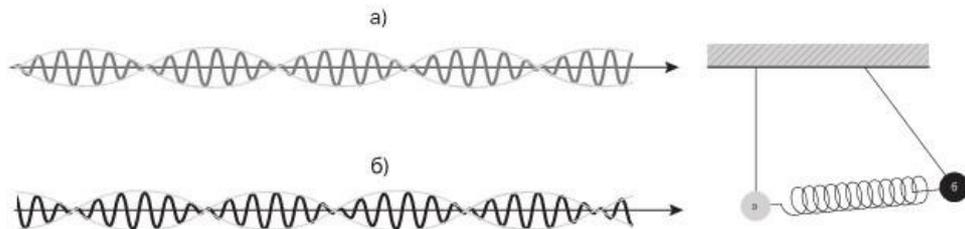


Рис. 34-2. Осцилляции в системе связанных маятников.

Осцилляции каонов возникают за счет красивого квантового эффекта интерференции амплитуд процессов с частицами разной массы. В Сильном мире массы  $K$  и  $K^0$  строго одинаковы. Но включение слабого взаимодействия приводит к расщеплению единого уровня  $K$  и  $K^0$  на два состояния —  $K$  и  $K_s$  разными массами. То есть, брошенные в мир Слабых взаимодействий,  $K$  и  $K^0$  начинают ощущать, что являются смешанными состояниями из симметричной и антисимметричной комбинаций  $K$  и  $K^0$ :

$$K^0 = \frac{1}{\sqrt{2}} (K_1^0 + K_2^0) \quad \bar{K}^0 = \frac{1}{\sqrt{2}} (K_1^0 - K_2^0) \quad (25)$$

Разность масс  $K$  и  $K^0$  фантастически мала (и это крайне существенно для возникновения осцилляций):

$$\Delta m = |m_1 - m_2| = (3,484 \pm 0,006) \times 10^{-12} \text{ МэВ} \quad (26)$$

Ее надо сравнить с массой  $K$ , которая составляет 498 МэВ. То есть величина  $\Delta m$  составляет всего лишь 100т массы  $K$ . Но с точки зрения Слабых взаимодействий  $K$  и  $K^0$  — совершенно разные частицы, у них разные времена жизни.  $K$  живет более чем в 100 раз дольше, чем  $K^0$ .

Сегодня мы знаем, что эффекты осцилляций возникают не только у нейтральных  $K$ -мезонов, но и у всех других нейтральных мезонов, где вместо странного есть, например,  $s$ -кварк (переходы  $D^0 - \bar{D}^0$ ) или  $b$ -кварк (переходы  $B^0 - \bar{B}^0$ ). Вид осцилляций, их амплитуда и частота для разных семейств нейтральных мезонов отличаются, но сам механизм остается одним и тем же: в Слабом мире есть два состояния с близкими, но разными массами. В Сильном мире рождается их смесь, а интерференция их квантовых состояний приводит к тому, что процентное соотношение массовых состояний в смеси со временем меняется.

Бруно подумал, что аналогичное явление может происходить и в системе нейтрино-антинейтрино. Он предполагал, что нейтрино рождаются по слабому взаимодействию, но если есть еще некоторое сверхслабое взаимодействие, которое не сохраняет лептонные числа, то осцилляции нейтрино-антинейтрино вполне допустимы.

Бруно рассматривал явление осцилляций применительно к самым разным системам. В статье 1957 г. [105] он выбрал очень необычную систему — мюоний. Это экзотический атом, в котором электромагнитное взаимодействие удерживает электрон и положительно заряженный мюон. Бруно задался вопросом — может ли мюоний переходить в антимюоний?

$$(\mu^+ e^-) \leftrightarrow (\mu^- e^+) \quad (27)$$

Но в последнем абзаце статьи [105] речь заходит о нейтрино:

«Выше предполагалось, что имеет место закон сохранения нейтринного заряда, означающий, что нейтрино при рассеянии не может превращаться в любом приближении в антинейтрино. Этот закон еще не установлен: пока, по-видимому, установлено только, что нейтрино и антинейтрино не являются тождественными частицами. Если теория двухкомпонентного нейтрино оказалась бы несправедливой (что в настоящее время маловероятно) и если бы не имел место закон сохранения нейтринного заряда, то, в принципе, переходы нейтрино-антинейтрино в вакууме возможны».

Итак, отметим, что Бруно говорил о реализации единственной известной в то время возможности – перехода нейтрино в антинейтрино. Что же было известно про свойства нейтрино в середине 50-х годов?

Тогда безраздельно доминировала теория двухкомпонентного нейтрино. Она была предложена четырьмя Нобелевскими лауреатами – Л. Ландау, А. Саламом, Т. Д. Ли и Ч. Янгом. Это красивое построение предполагало, что нейтрино – безмассовая частица. Если масса частицы строго равна нулю, то для нее проекция спина на направление импульса, которое называется спиральностью, – хорошее квантовое число, сохраняющееся во всех взаимодействиях. У нейтрино проекция спина на направление импульса – отрицательная, а у антинейтрино – положительная. Частицы с положительной спиральностью (антинейтрино) называются правыми, с отрицательной спиральностью (нейтрино) – левыми (Рис. 34-3). Причем в слабых взаимодействиях участвуют левые фермионы и правые антифермионы.

Предполагалось, что нейтрино подчиняется теории Дирака, которая описывает частицы и античастицы, образующие четырехкомпонентный спинор. У каждого фермиона есть свой антифермион с одинаковой массой и по два состояния левой и правой спиральности. Схематично это показано на Рис. 34-4 а. Например, электрон существует в четырех ипостасях: левый и правый электрон плюс левый и правый позитрон. Однако, если у частицы нет массы, то остаются только два состояния, для безмассового нейтрино это левое нейтрино  $\nu$  и правое антинейтрино  $\bar{\nu}$ . На этом языке предложение Бруно о переходе реакторного антинейтрино в нейтрино означало бы переход правого антинейтрино в левое нейтрино что невозможно в силу сохранения спиральности для безмассовых частиц.

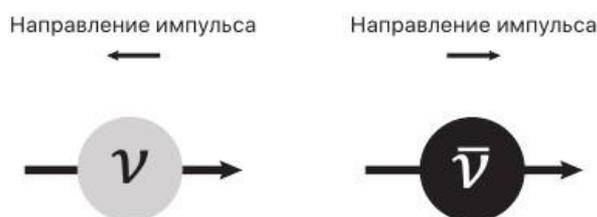


Рис. 34-3. Нейтрино и антинейтрино в теории двухкомпонентного нейтрино.

$$\bar{\nu}_R \rightarrow \nu_L \quad (28)$$

Однако важно отметить, что Бруно никогда и не делал этого утверждения, которое ему впоследствии много раз ошибочно приписывали. В статье [105] никаких формул нет, а что конкретно имел в виду Бруно под переходами нейтрино-антинейтрино, проясняется в его следующей работе [106], написанной в 1958 г. Там Бруно предлагает следующее:

«Недавно рассматривался вопрос о том, есть ли еще какие-либо смешанные нейтральные частицы, кроме К-мезонов, то есть частицы, отличающиеся от античастиц, у которых переходы между частицей и античастицей не являются полностью запрещенными. Было отмечено, что такими смешанными частицами могут быть нейтрино, и, соответственно, могут быть реальные переходы нейтрино-антинейтрино в вакууме, если лептонный заряд не сохраняется. Это означает, что нейтрино и антинейтрино – смешанные частицы, то есть симметричная и антисимметричная комбинация двух истинно нейтральных майорановских частиц  $\nu$  и  $\nu^c$  разной CP-четностью».

Что такое майорановские частицы? В 1937 г. Этторе Майорана, который так же как и Бруно работал в группе Ферми, написал историческую статью о том, что могут существовать фермионы, у которых частица совпадает с собственной античастицей.

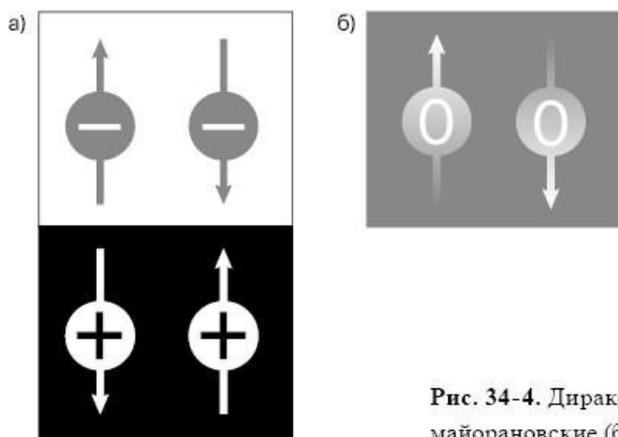


Рис. 34-4. Дираковские (а) и майорановские (б) фермионы.

**Рис. 34-4.** Дираковские (а) и майорановские (б) фермионы.

Обычный электрон с отрицательным зарядом не может быть идентичен своей античастице - позитрону, у которого положительный электрический заряд. Поэтому заряженные фермионы подчиняются теории Дирака и существуют в четырех состояниях. Однако для нейтрино, у которого нет электрического заряда, не исключена возможность, что оно совпадает со своей античастицей. Тогда нейтрино можно описать только двумя состояниями с различными спиральностями - левой и правой (см. Рис. 34-4 б).

Эта более экономная теория очень нравилась Бруно. Его объяснение «неправильного» опыта Дэвиса сводится к осцилляциям правого антинейтрино в правое нейтрино:

$$\nu \rightarrow \bar{\nu} \quad (29)$$

Причем «истинными» нейтрино - частицами с определенной массой, как четко указано в статье Понтекорво, являются майорановские частицы  $\nu$  и  $\bar{\nu}$ . Симметричная и антисимметричная комбинация этих частиц дают флейворные нейтрино  $\nu$  и антинейтрино  $\bar{\nu}$ , которые участвуют в слабых взаимодействиях. Например, испускаются в процессах бета-распада или распадах мезонов. Связь между ними полностью аналогична соотношениям (25), которые связывают «истинные» частицы  $K$  и  $K^0$  их комбинациями  $K$  и  $K^0$ . Наглядно это сходство можно показать в Таблице 34-1.

**Таблица 34-1.** Сравнение структуры  $K$ -мезонов и нейтрино.

	Симметричная комбинация	Антисимметричная комбинация
<b><math>K</math>-мезоны</b>	$K^0 = \frac{1}{\sqrt{2}} (K_1^0 + K_2^0)$	$\bar{K}^0 = \frac{1}{\sqrt{2}} (K_1^0 - K_2^0)$
<b>Нейтрино</b>	$\nu = \frac{1}{\sqrt{2}} (\nu_1 + \nu_2)$	$\bar{\nu} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\nu_1 - \nu_2)$

Таким образом, подобно тому, как  $K$  переходит в  $\bar{K}$ , так и нейтрино может переходить в антинейтрино и обратно.

В чем важность этой эпохальной статьи? Главное, конечно, основная идея - впервые высказано предположение о самой возможности существования осцилляций нейтрино.

С. М. Биленький вспоминал [45], что идея Бруно об осцилляциях нейтрино была исключительно смелой, поскольку в середине пятидесятых годов 99 процентов физиков были уверены, что нейтрино - безмассовая частица. С точки зрения теории двухкомпонентного нейтрино, гипотеза Бруно о переходе антинейтрино в нейтрино была просто ересью. Однако, несмотря на то, что вера в особый статус нейтрино держалась, наверное, лет двадцать, прав оказался все же Бруно. Красивая теория двухкомпонентного нейтрино сегодня отправлена в музей неподтвердившихся физических моделей, которые в природе не реализуются.

В статье [106] содержится еще целый ряд нетривиальных предсказаний. Впервые было предложено искать осцилляции нейтрино в реакторных экспериментах. Бруно отметил, что в опытах по детектированию реакторных антинейтрино может возникать дефицит антинейтрино за счет того, что за время прохождения до детектора часть антинейтрино перейдет в нейтрино. Поэтому он предложил выполнить опыты на разных расстояниях от реактора. Эта идея породила множество экспериментов, которые стали проводиться еще при жизни Бруно. Однако первые результаты измерений были не вполне однозначными.

Другая замечательная идея в этой статье - поиск осцилляций в нейтрино из космоса. Бруно отмечает: «Эффект переходов нейтрино в антинейтрино и обратно может быть ненаблюдаем в лаборатории, но будет обязательно существовать, по крайней мере, на астрономических масштабах».

Как мы увидим, из этой ремарки вырастет изучение солнечных и атмосферных нейтрино. И это предвидение Бруно блестяще подтвердится в будущих экспериментах.

Наконец, допущение майорановской природы нейтрино. Как мы говорили, Бруно рассматривал осцилляции майорановских нейтрино. Удивительно, но мы до сих пор не знаем нейтрино - это майорановская или дираковская частица! Многочисленные эксперименты не дали однозначного ответа.

Важно подчеркнуть, что конкретный вариант осцилляций, предложенный Бруно в 1957-1958 гг., в природе, по-видимому, не осуществляется. Осцилляций нейтрино-антинейтрино (пока) не обнаружено, но есть осцилляции между флейворными нейтрино - электронными, мюонными и тау-нейтрино. Они действительно похожи на то, что происходит в системе нейтральных  $K$ -мезонов. Именно переходы между флейворными нейтрино приводят к осцилляциям реакторных и солнечных нейтрино, а не переходы нейтрино-антинейтрино, как думал Бруно в пятидесятых годах. Однако в то время известно было только о существовании одного сорта нейтрино, и ничего другого Бруно предложить не мог. Главное, основная физическая идея - интерференция состояний с близкой массой - была предложена (угадана?) абсолютно правильно.

Историкам науки наверняка понравится эта интересная ситуация, когда рассмотрение неправильного эксперимента привело к нетривиальным теоретическим идеям.

А в это время, в конце 50-х годов, в Японии получила развитие теория элементарных частиц, разрабатываемая видным японским теоретиком С. Сакатой совместно с З. Маки и М. Накагавай (будем называть их группой МНС). Их основная идея состояла в том, что протон, нейтрон и  $\Lambda$ -гиперон являются составными частицами. Состоят они из лептонов и некоторой неизвестной материи В. Протон состоит из нейтрино и В, нейтрон - из электрона и В,  $\Lambda$ -гиперон - из мюона и В.

$$p = (\nu B), n = (e B), \Lambda = (\mu B) \quad (30)$$

То есть, по их представлениям, нейтрино являлось составной частью протона. Сейчас это кажется полным абсурдом, да и в те времена предложение МНС выглядело диковато. Когда З. Маки рассказывал об этой модели в 1962 г. на Рочестерской конференции в Женеве [107], его спросили: «Вы, конечно же, знаете, что если пытаться ввести В-поле, чтобы связать барионы из лептонов, то нужно настолько сильное поле, что слабые распады частиц станут слишком сильными?» З. Маки ответил: «Действительно, если бы В-поле было обычным бозонным полем, то была бы такая трудность. Но мы думаем, что В-поле не может быть описано обычным квантовым полем». Как изящно! Вводим «необычное поле» - и все трудности решены.

Но причем здесь осцилляции нейтрино? Оказывается, МНС прочитали статью Бруно [99] о возможности существования двух типов нейтрино и обеспокоились вопросом: а что если действительно есть два сорта нейтрино? Куда же девать второе нейтрино? В состав какого бариона оно входит?

Для решения этого вопроса, они предположили [108]:

«истинные нейтрино, входящие в состав соответствующего бариона (*курсив - мой*), не обязательно являются нейтрино, участвующими в слабых взаимодействиях».

Если выбросить слова, выделенные курсивом, то получается совершенно правильное утверждение. МНС предположили, что истинные нейтрино - частицы с определенной массой - отличаются от флейворных  $\nu$  и  $\bar{\nu}$  и являются их линейными комбинациями:

$$\nu = \nu \cos\theta + \bar{\nu} \sin\theta$$

$$\bar{\nu} = -\nu \sin\theta + \bar{\nu} \cos\theta \quad (31)$$

Как же МНС использовали истинные нейтрино  $\nu$  и  $\bar{\nu}$ ? Они логично предположили, что раз это истинные частицы, наряду с электроном и мюоном, то именно они входят в состав барионов:

$$p = (\nu B), n = (e B), \Lambda = (\mu B), p' = (\bar{\nu} B) \quad (32)$$

А что это за барион  $p'$ ? МНС просто предположили, что бариона  $p'$  нет в природе.

Как все просто! Барионное поле неизвестной природы - берем, лишний барион  $p'$  - не берем. И все проблемы решены!

Но в конце статьи есть небольшой абзац, что если верны соотношения (31), то возможны переходы между  $\nu$  и  $\bar{\nu}$ . Что уже напоминает осцилляции.

Таким образом, правильные формулы и интересные предсказания получились у МНС при совершенно неправильных начальных посылах. Просто еще одно плавание Колумба в Индию, при котором открывается Америка!

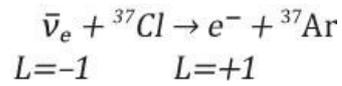
Удивительная ситуация, которая так противоречит нашему простому линейному ощущению, что правильные уравнения всегда рождаются из правильных предпосылок. Оказывается, и из чистой фантазии можно получить верный результат! Но, справедливости ради, надо отметить, что все это отдает магией, и не случайно работы МНС были прочно забыты до конца 70-х годов. Физическая общественность хорошо понимала, насколько шатки идеи МНС о нейтрино как составляющей части бариона.

Забавные вещи продолжались и дальше. Помните, в 1962 г. МНС не знали, какой физический смысл придать бариону  $p' = (\bar{\nu} B)$ ? Но в 1980 г. все стало ясно. Масами Накагава на конференции, посвященной проблеме масс нейтрино [109], скромно сказал: «Сейчас понятно, что наши барионы  $p$ ,  $n$ ,  $\Lambda$  и  $p'$  - это четыре кварка  $u$ ,  $d$ ,  $s$  и  $c$ !» То есть намек на то, что МНС предсказали не только осцилляции нейтрино, но и существование очарованного кварка в 1962 году!

Итак, подытожим: идею об осцилляциях нейтрино впервые выдвинул Понтекорво. Неотъемлемым свойством этой гипотезы было предположение о наличии у нейтрино ненулевой массы, что полностью противоречило тогдашней догме. Для объяснения механизма осцилляций Понтекорво привлек правильную аналогию с осцилляциями К-мезонов. Но в то время было известно только нейтрино и антинейтрино. Поэтому он рассматривал осцилляции как переходы между нейтрино и антинейтрино, а МНС - как переходы между электронными и мюонными нейтрино  $\nu$  и  $\bar{\nu}$ . Сделали они это после того, как была проверена идея Бруно о том, что  $\nu$  и  $\bar{\nu}$  - разные частицы.

Важно отметить, что реальных осцилляций, то есть зависимости числа  $\nu$  и  $\bar{\nu}$  от расстояния, в работах МНС не было. Было предсказание о смешивании нейтрино, но не осцилляции [45].

Самое интересное, что окончательные результаты Дэвиса по измерению реакторных антинейтрино свелись к тому, что никаких следов образования аргона-37 под действием антинейтрино в реакции (20)



не найдено. Слухи об этом оказались ложными. Однако тема осцилляций нейтрино осталась и зажила своей отдельной жизнью.

## 35. Научная фантастика

«Несмотря на то, что только что сказанное в самом лучшем случае крайне грубо, а в самом худшем – совсем неправильно, я буду продолжать спекулировать на нейтринных осцилляциях».

Б. Понтекорво. «Нейтринные опыты и вопрос о сохранении лептонного заряда». *ЖЭТФ* 53 (1967) 1717

Работа МНС из-за странных предположений и допущений была забыта, а Бруно продолжал развивать теорию осцилляций, несмотря на общепризнанные в то время взгляды, что нейтрино – строго безмассовая частица и осцилляции – невозможны.

Как вспоминал С. М. Биленький, интерес к проблеме осцилляций нейтрино в 60–70-е годы был практически нулевой. Он говорил, что в то время в Дубну часто приезжал Карло Руббиа, известный своим острым чутьем на новые идеи. Однако даже он практически никак не реагировал на обсуждения проблем осцилляций нейтрино, которые часто затевал с ним Бруно.

Я. А. Смородинский, объявляя доклад Биленького об осцилляциях на одной из конференций, сказал: «А теперь послушаем сообщение из области научной фантастики».

Характерное высказывание того времени содержится в статье *Scientific American* [110]:

«Скептицизм относительно осцилляций имеет еще одно основание: даже если они существуют, вряд ли их можно обнаружить в реальном эксперименте».

Вот такие настроения царили в 1980 г.

Несмотря на отрицательный окружающий фон, Бруно продолжал исследовать феномен осцилляций. Следующий важный шаг был сделан им в работе 1967 г. [111]. Если раньше он рассматривал возможные переходы между единственно известными тогда состояниями – нейтрино и антинейтрино, то после обнаружения различия между электронным и мюонным нейтрино Бруно проанализировал и переходы  $\nu \leftrightarrow \bar{\nu}$ . Эта статья примечательна также тем, что в ней впервые, еще до опытов Дэвиса по регистрации солнечных нейтрино, обсуждается возможность того, что поток солнечных нейтрино будет меньше ожидаемого из-за осцилляций. Бруно пишет:

«Если длина осцилляций большая ( $> 10$  км), наблюдение переходов  $\nu \leftrightarrow \bar{\nu}$ ,  $\nu \leftrightarrow \nu$  в пучках нейтрино от реакторов и ускорителей будет невозможно. Однако астрофизические эффекты могут быть важными.

С точки зрения возможностей наблюдения, идеальным объектом является Солнце. Если длина осцилляций много меньше, чем радиус солнечной области, эффективно рождающей нейтрино, прямых осцилляций солнечных нейтрино нельзя наблюдать из-за размазывания эффекта. Единственный эффект на поверхности Земли заключался бы в том, что поток солнечных нейтрино должен быть в два раза меньше полного потока солнечных нейтрино».

Это предсказание Понтекорво сбылось, поток нейтрино от Солнца оказался почти в три раза меньше ожидаемого. Но экспериментальное доказательство этого факта растянулось на двадцать лет, и окончательного триумфа своего предсказания Бруно, к сожалению, не дождался.

Для понимания уровня знания в то время интересно, что в этой статье Бруно делает оценки длины осцилляций, исходя из имевшихся тогда ограничений на массу электронного нейтрино  $m(\nu) = 200$  эВ и мюонного нейтрино  $m(\nu) = 2$  МэВ. Сейчас эти ограничения на массу нейтрино уменьшились в 100 раз.

В статье [111] Понтекорво впервые ввел еще одно понятие, которым мы пользуемся и по сей день, – стерильное нейтрино. Так он назвал частицу, которая не участвует в слабых взаимодействиях. Для левого нейтрино стерильной частицей является правое нейтрино. Поиск стерильных нейтрино пока не дал результатов, но вопрос об их существовании открыт и активно изучается в настоящее время.

Дальнейшее рассмотрение эффекта осцилляций на солнечные нейтрино было продолжено в статье 1969 г. с В. Грибовым [112]. Была проанализирована схема осцилляций в предположении о том, что нейтрино – майорановская частица.

Однако окончательное решение было найдено в 1976 г. в работе с С. М. Биленьким [113]. Ключевой стала идея кварк-лептонной аналогии, то есть предположение о том, что слабое взаимодействие лептонов должно быть устроено так же, как и кварков.

В то время было известно три типа кварка –  $u$ ,  $d$ ,  $s$ , которые в слабых взаимодействиях участвовали с несколько разной силой. Коэффициенты, отражающие разную силу взаимодействия, назывались углами смешивания. Бруно думал о том, что и в лептонном секторе должно быть что-то подобное: смешивание должно существовать не только в кварковом, но и в лептонном секторе.

Самоил Михелевич вспоминает [45], что основные положения статьи 1976 г. были написаны после обсуждения

с Бруно по пути на подводную рыбалку. Бруно был обладателем уникальной для Советского Союза той поры вещи – костюма для подводного плавания, который ему привезли друзья-итальянцы. Биленький хорошо запомнил его марку – «Калипсо». Костюм позволял Бруно заниматься подводной охотой даже осенью. Обычно во время таких поездок Бруно уходил ловить рыбу, а чета Биленьких разводила костер, собирала грибы и ждала рыбу для уха. В тот раз поехали на реку Нерль, это довольно далеко от Дубны, дорога занимала часа два, и в пути Биленький задал вопрос: кварки смешаны, а как ввести смешивание для нейтрино? Бруно всегда нравилась идея аналогии между взаимодействиями адронов и лептонов. Он хотел видеть какие-то эффекты, которые существуют и в мире кварков, и в мире лептонов. Идея осцилляций нейтрино возникла у него именно по аналогии с осцилляциями каонов. В его работах [111, 112] просто постулировалось, что электронное нейтрино переходит в мюонное. Почему это происходит, причина для механизма перехода – оставались за скобками. Обсуждение по пути на рыбалку возможности ввести для лептонов смешивание по аналогии с кварками оказалось очень стимулирующим. Когда приехали на место, Самоил Михелевич сел у костра и написал основные формулы, которые в конечном счете свелись к простой записи:

$$\nu = \nu \cos\theta + \nu' \sin\theta$$

$$\nu = -\nu \sin\theta + \nu' \cos\theta \quad (33)$$

Сравните эти формулы с соотношениями (31), которые получили МНС. Удивительный пример того, как люди стартовали с совершенно разных физических представлений, но пришли к одним и тем же уравнениям.

В семидесятые годы к экстравагантной идее осцилляций нейтрино, в которую долгое время никто не верил, стал просматриваться интерес экспериментаторов. Пошли первые опыты по поиску осцилляций. Бруно с Биленьким написали первый обзор по состоянию теории и экспериментов по поиску осцилляций [114]. Про работы же МНС никто не вспоминал, поскольку всем было ясно, что странная идея «нейтрино, входящее в состав бариона» в природе не реализуется. Так бы и оставались японские работы в дальнем библиотечном шкафу, если бы в 1980 г. американский физик Сандип Пакваса не начал пропагандировать работы МНС.

Аргументы Пакваса были просты, четки и неправильны: дескать, Бруно в статьях 1957–1958 гг. говорил об осцилляциях нейтрино-антинейтрино, типа

$$\nu \rightarrow \bar{\nu}$$

а этого быть не может. МНС же с самого начала обсуждали переходы

$$\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$$

а они, возможно, существуют.

Но, как мы видели из обсуждений в предыдущей главе, в своей статье 1958 г. Бруно говорил о переходах правого антинейтрино в правое стерильное нейтрино

$$\nu \rightarrow \nu$$

Однако старые работы читать никому не хотелось, и приоритет Бруно стали либо совсем забывать, либо цитировать, что МНС были первыми, а Бруно – второй. Типичный пример – статья в *Physics Today* в июле 1980 г. [115]:

«В 1963 г. Масами Накагава, Хисахиро Ононоги, Сёити Саката и Акиро Тойода предположили, что у нейтрино есть масса. Четыре года спустя Бруно Понтекорво, по аналогии с осцилляциями нейтральных каонов, провел качественное обсуждение осцилляций нейтрино».

На самом деле то, что осцилляции нейтрино возможны, если у нейтрино есть масса, Бруно указывал еще в пионерской работе 1957 г. И не четыре года спустя, а за шесть лет до работы МНС он высказал идею об аналогии с осцилляциями каонов.

Положение, в котором очутился Бруно, трудно себе представить. Ты предлагаешь некоторую красивую гипотезу, долгие годы обдумываешь разные возможности ее реализации, обсуждаешь, как их можно проверить

экспериментально. Пишешь первый фундаментальный обзор по осцилляциям. Выступаешь с докладами (в период 1970–1980 гг. Понтекорво сделал доклады об осцилляциях нейтрино на шести международных конференциях). То есть по праву считаешься и считаешь себя автором этой идеи. И тут появляется некто, делает доклад на конференции, в котором обращает внимание на никому не известную до сих пор статью двадцатилетней давности. И все, твой вклад в науку как бы исчезает.

Бруно, как и любой на его месте, очень тяжело переживал эту ситуацию. В одном из его писем есть такие строчки: «О вопросах приоритета пристойно говорить только с женой, близкими родственниками и друзьями» [116]. Однако несмотря на это, он активно боролся за признание своих заслуг. В автобиографии *Una nota autobiografica* [8] он четко изложил 10 своих основных достижений в физике, потом извинился перед читателем за этот «нелепый список», но добавил: «Я пишу это для узкого круга физиков, моих знакомых». Даже в 1990 г., уже тяжело больной, Бруно жаловался Мафай [6], что ему необходимо ехать в Женеву на конференцию по нейтрино, чтобы отстаивать свой приоритет. Он говорил ей, что на Западе недооценивают его работы. О степени замалчивания вклада Понтекорво хорошо говорит тот факт, что когда японские физики впервые официально объявили об открытии осцилляций нейтрино, имя Понтекорво не было вообще упомянуто [45].

Большую работу для того, чтобы физическая общественность поняла, кто что сделал, провел С. М. Биленький. Он написал несколько статей, в которых подробно разобрал историю вопроса об осцилляциях [117]. На различных конференциях терпеливо разъяснял роль Бруно в развитии представлений об осцилляциях нейтрино. Много сделал для восстановления приоритета Бруно также Л. Б. Окунь. В результате произошел исторический компромисс: один из фундаментальных параметров в физике нейтрино – матрицу смешивания – назвали матрицей смешивания Понтекорво – Маки – Накагава – Саката.

### 36. Матрица смешивания ПМНС

Физический смысл углов смешивания может помочь понять Рис. 36-1.

Он иллюстрирует тот факт, что флейворные нейтрино  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  и  $\nu_\tau$ , образующиеся, например, в распадах  $\pi$ -мезонов или в бета-распаде нейтронов, являются смесью из частиц  $\nu_1$ ,  $\nu_2$ ,  $\nu_3$ , имеющих определенную массу. Углы смешивания – это коэффициенты, которые определяют долю массовых нейтрино во флейворных нейтрино. Например, угол  $\theta_{12}$  определяет пропорцию  $\nu_1$  и  $\nu_2$  в электронном нейтрино, а угол  $\theta_{13}$  – долю в нем нейтрино  $\nu_3$ . Электронное нейтрино в основном состоит из  $\nu_1$ ,  $\nu_2$ -нейтрино – из  $\nu_1$  и  $\nu_2$  (см. Рис. 36-2 ниже).

Таким образом, когда на Солнце рождается электронное нейтрино, оно сразу является смесью трех нейтрино  $\nu_1$ ,  $\nu_2$ ,  $\nu_3$ . Пропорции, с которыми они входят в электронное нейтрино, четко фиксированы. Однако, поскольку массы  $\nu_1$ ,  $\nu_2$ ,  $\nu_3$  разные, то летят они с разными энергиями и, по мере распространения в пространстве, балансировка между ними будет меняться – в пучке электронных нейтрино начнут появляться мюонные и тау-нейтрино. Удивительно, но если поставить детектор на большем расстоянии, то он зарегистрирует опять появление значительного числа электронных нейтрино и исчезновение мюонных и тау-нейтрино.

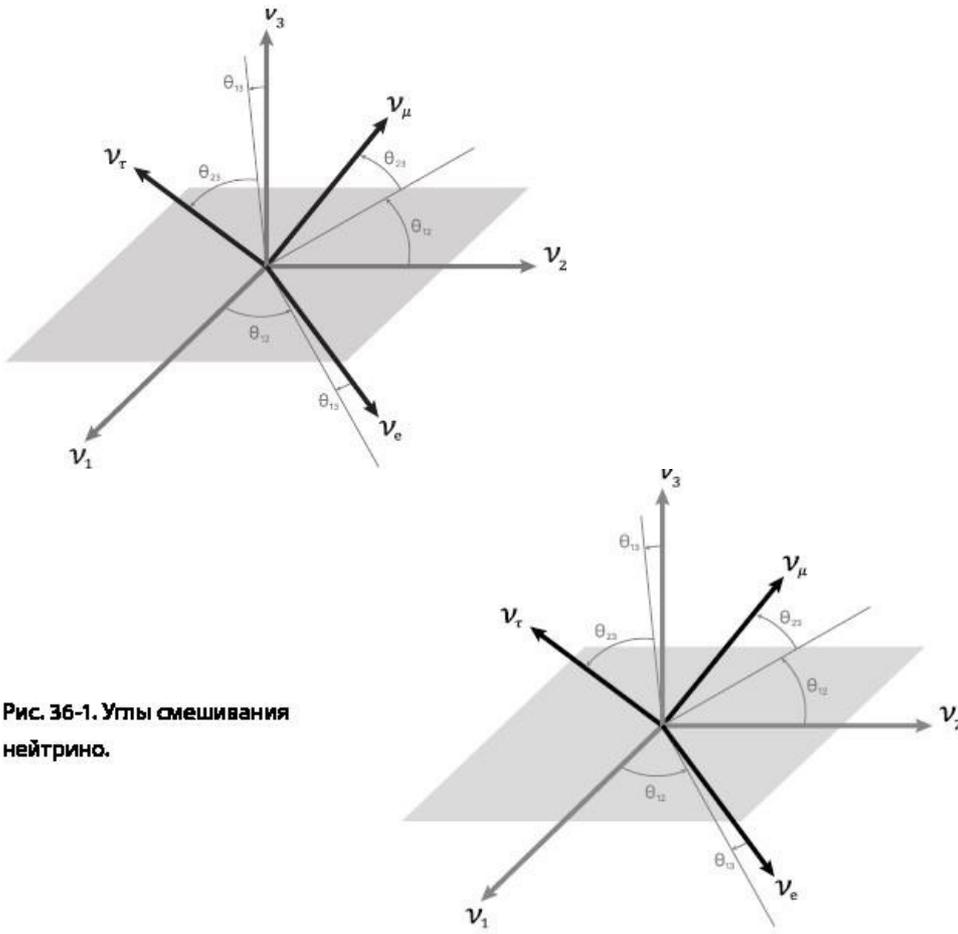


Рис. 36-1. Углы смешивания нейтрино.

Рис. 36-1. Углы смешивания нейтрино.

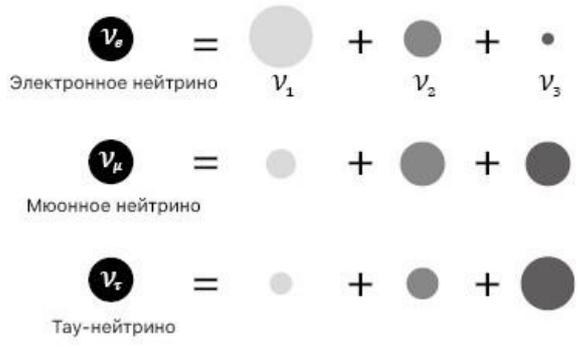
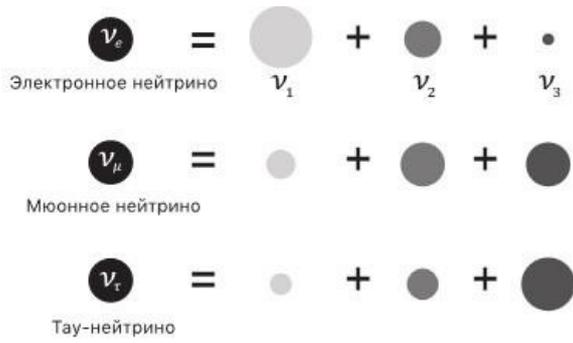
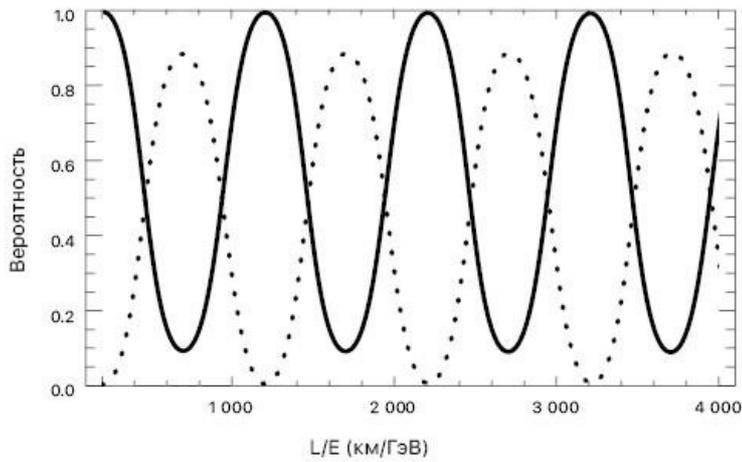


Рис. 36-2. Состав флейворных нейтрино.

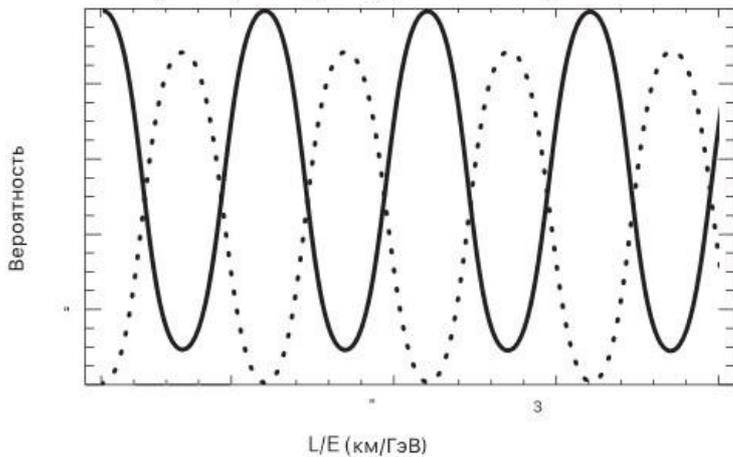
Для случая двух типов нейтрино все просто. На Рис. 36-3 показано, что происходит с первоначально чистым пучком электронного нейтрино (сплошная линия) по мере его движения. На некотором расстоянии в нем начинают появляться мюонные нейтрино (пунктир), число их становится все больше, и в какой-то момент наш пучок будет состоять преимущественно из них. Однако магическим образом через какое-то время первоначальная картина будет восстанавливаться: мюонные нейтрино пропадут, а число электронных нейтрино полностью восстановится.



**Рис. 36-2.** Состав флейворных нейтрино.



**Рис. 36-3.** Осцилляции в случае двух типов нейтрино.



**Рис. 36-3.** Осцилляции в случае двух типов нейтрино.

На формулах эта картина выглядит следующим образом. Вероятность того, что электронное нейтрино с энергией  $E$  перейдет в мюонное нейтрино после прохождения расстояния  $L$ , определяется формулой:

$$P(\nu \rightarrow \nu) = \sin^2(2\theta) \sin^2(\pi L/L) \quad (34)$$

$$L = 4\pi E/(\Delta m^2) \quad (35)$$

здесь  $\theta$  - угол смешивания из (33). Если  $\theta = 0$ , то осцилляций не происходит. Максимальное смешивание

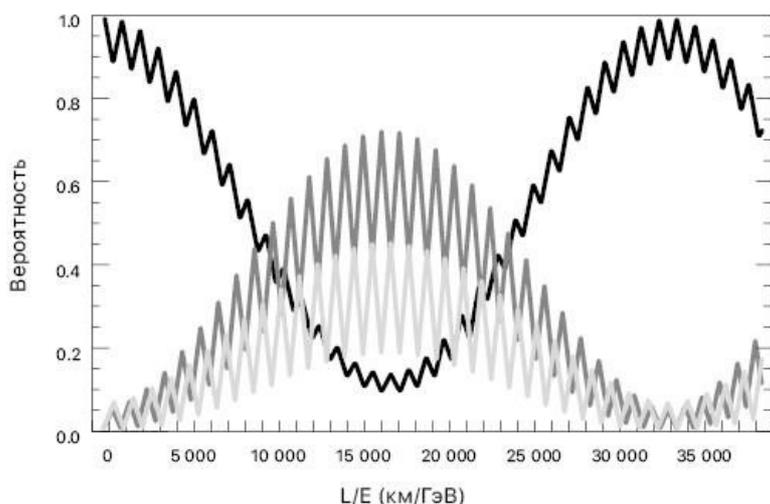
получается при  $\theta = \pi/4$ , в этом случае на некотором расстоянии все электронные нейтрино перейдут в мюонные. Рис. 36-3 показывает картину осцилляции для некоторого угла смешивания, близкого к максимальному.

$L$ - характерная длина осцилляций, которая определяет период осцилляций. Она зависит от энергии нейтрино и от  $\Delta m^2 = m^2 - m'^2$  - разности квадратов масс нейтрино  $\nu_i$  и  $\nu_j$ . Видно, что если бы нейтрино не имело массы (или массы  $\nu_i$  и  $\nu_j$  были бы одинаковы), то никаких осцилляций не происходило бы. Таким образом, если находят осцилляции, значит, у нейтрино есть масса. Однако саму величину массы нейтрино определить из осцилляционных характеристик нельзя. Только разность квадратов масс.

Поскольку в реальности у нас есть три массовых нейтрино, то надо ввести две разности квадратов масс, численные значения которых, известные на сегодня, таковы:

$$\Delta m^2 = (7,53 \pm 0,18) \times 10^9 \text{ эВ}^2$$

$$\Delta m^2 = (2,51 \pm 0,05) \times 10^8 \text{ эВ}^2 \text{ (36)}$$



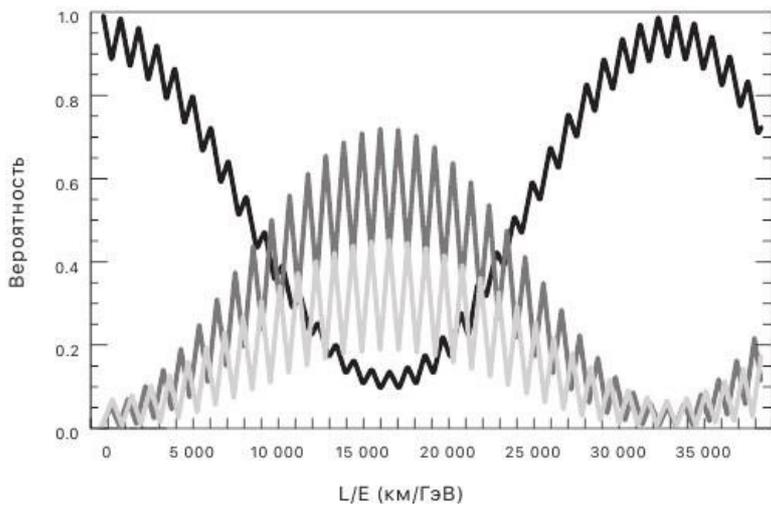
**Рис. 36-4. Вероятность найти на разных расстояниях мюонные (темная линия) и тау-нейтрино (серая линия) в пучке, первоначально состоявшем только из электронных нейтрино (черная линия).**

Но это означает, что должны быть осцилляции двух типов с разными длинами осцилляций. На Рис. 36-4 показано, как меняется вероятность найти нейтрино разного типа на различных расстояниях от источника, испускающего чистый пучок электронных нейтрино с энергией 1 ГэВ (черная линия).

Эта довольно причудливая картина получается именно из-за наличия двух разных длин осцилляций. В известном шарже Миши Биленького, показанном на Рис. 36-5, все намного понятнее.

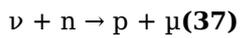
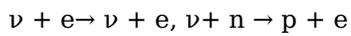
Первыми были найдены осцилляции атмосферных нейтрино, возникающие при бомбардировке космическими лучами атмосферы Земли. Произошло это в 1998 г. после долгого набора статистики коллаборацией «Супер-Камиоканде» в Японии.

Детектор «Супер-Камиоканде» представлял собой большой цилиндрический бак, 39 метров в диаметре и 42 метра в высоту, который был заполнен 50 000 тоннами воды, очищенной от радиоактивных примесей. Для улучшения фоновых условий детектор находился в шахте на глубине 1 км. Все стенки бака были устланы фотоумножителями. Зрелище огромного бака воды, по стенкам которого находятся 11700 фотоумножителей, а сотрудники во время замены ФЭУ плавают на резиновых лодках, выглядит очень эпично ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/22](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/22)).



**Рис. 36-4.** Вероятность найти на разных расстояниях мюонные (темная линия) и тау-нейтрино (серая линия) в пучке, первоначально состоявшем только из электронных нейтрино (черная линия).

Фотоумножители регистрировали черенковский свет электронов или мюонов в реакциях рассеяния электронного или мюонного нейтрино:



В этих реакциях направление движения электрона или мюона хорошо коррелирует с направлением нейтрино. Поэтому можно определить, откуда прилетают нейтрино. Более того, можно отличить мюонное нейтрино от электронного по характеру черенковского излучения, которое оставляет мюон или электрон в детекторе.

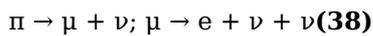




**Рис. 36-5.** Бруно – дрессировщик нейтрино (с разрешения М. Биленького).

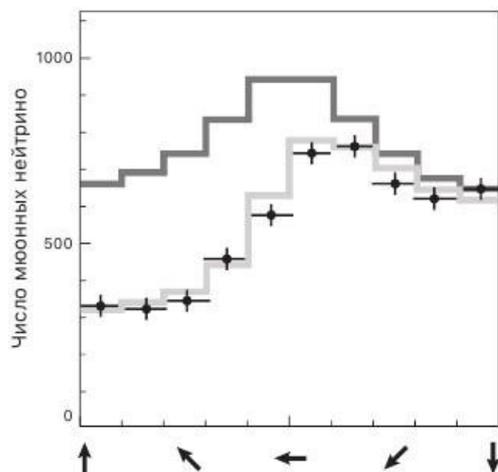
**Рис. 36-5.** Бруно – дрессировщик нейтрино (с разрешения М. Биленького).

В результате взаимодействия космических лучей с атмосферой в основном образуются короткоживущие мезоны различных знаков и происходят следующие цепочки распадов:

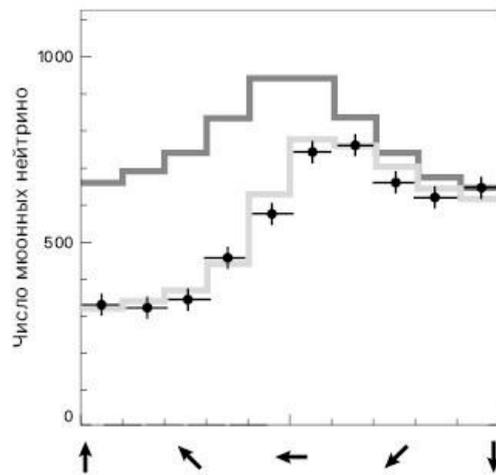


Беглый взгляд на процессы (38) позволяет прикинуть, что, наверное, мюонных нейтрино должно быть в два раза больше, чем электронных. Точные расчеты дают похожее соотношение для энергий в районе 1 ГэВ. Однако уже первые эксперименты не подтвердили эти предсказания. Почему-то мюонных нейтрино оказалось на 40 % меньше, чем ожидалось. Объяснение было получено после того, как коллаборация «Супер-Камиоканде» смогла измерить распределения электронных и мюонных нейтрино, прилетающих в детектор под разными углами.

На Рис. 36-6 показано распределение мюонных нейтрино в зависимости от угла, под которым частица вошла в детектор. Экспериментальные результаты показаны точками с ошибками, теоретический расчет в предположении об отсутствии осцилляций – черной линией, серой линией показан расчет с осцилляциями. Стрелки под осью абсцисс показывают, под каким углом нейтрино попадало в детектор. Видим, что для нейтрино, которые попали в детектор сверху, никаких проблем нет, но по мере увеличения угла входа в детектор число мюонных нейтрино все меньше согласуется с теоретическими ожиданиями. Наконец, число нейтрино, которые пришли в детектор снизу, то есть прошли достаточно большое расстояние сквозь Землю, почти в два раза меньше, чем ожидалось.



**Рис. 36-6.** Распределение мюонных нейтрино в зависимости от угла, под которым частица вошла в детектор. Экспериментальные результаты показаны точками с ошибками, теоретические расчеты без осцилляций – черная линия, с учетом осцилляций – серая линия.

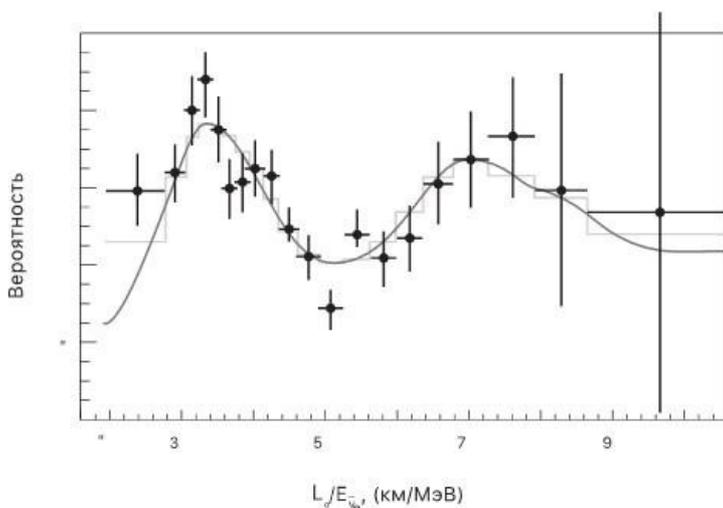


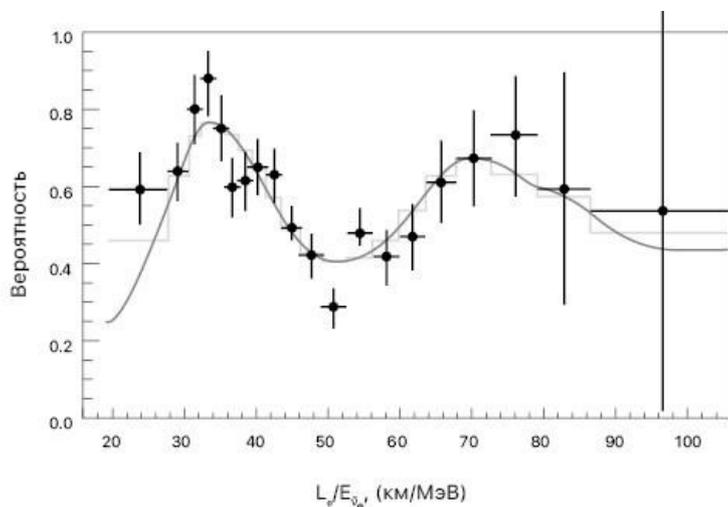
**Рис. 36-6.** Распределение мюонных нейтрино в зависимости от угла, под которым частица вошла в детектор. Экспериментальные результаты показаны точками с ошибками, теоретические расчеты без осцилляций – черная линия, с учетом осцилляций – серая линия.

Важно отметить, что такая картина наблюдалась только для мюонных нейтрино. Для электронных нейтрино никакого дефицита событий под разными углами нет.

Все эти закономерности естественным образом объясняются осцилляциями. Нейтрино, приходящее в детектор сверху, пролетает в атмосфере около 15 км, тогда как нейтрино, попадающее в детектор снизу, может путешествовать в толще Земли до 13 000 км. Длина осцилляций (35) для нейтрино с энергией 10 ГэВ и  $\Delta m \sim 10$  эВ составляет порядка 10 000 км. То есть нейтрино, приходящие в детектор сверху, практически не успевают проосциллировать. Тогда как нейтрино, приходящие в детектор снизу, имеют практически нулевую вероятность сохранить свой флейвор. И поскольку мы видим, что исчезают именно мюонные нейтрино, а с электронными ничего не происходит, то наиболее подходящее объяснение состоит в осцилляции мюонных нейтрино в тау-нейтрино.

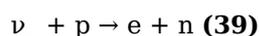
Следующим подтверждением идей Бруно было открытие осцилляций реакторных нейтрино. Типичная энергия антинейтрино из реактора составляет порядка 4 МэВ, тогда для  $\Delta m \sim 7,65 \cdot 10$  эВ длина осцилляций будет порядка 130 км. То есть, чтобы зарегистрировать эффект осцилляций, детектор антинейтрино нужно размещать на сотню километров от реактора. Конечно, поскольку заранее величина  $\Delta m$  была неизвестна, никто не знал, как правильно выбрать расстояние. При жизни Бруно было проведено несколько экспериментов по поиску осцилляций реакторных нейтрино. Всякий раз получались некоторые намеки, но в целом никаких убедительных доказательств существования осцилляций не было найдено. И лишь в 2002 году эксперимент KamLAND, в котором среднее расстояние от 53 реакторов составляло 180 км, получил четкое подтверждение существования осцилляций у реакторных нейтрино. Была набрана большая статистика реакции





**Рис. 36-7.** Вероятность выживания антинейтрино, рассчитанная как отношение числа найденных в эксперименте KamLAND событий к теоретическому предсказанию в отсутствие осцилляций (точки с ошибками). Сплошная кривая и гистограмма – расчет в предположении осцилляций с длиной осцилляции  $L_0 = 180$  км [153].

**Рис. 36-7.** Вероятность выживания антинейтрино, рассчитанная как отношение числа найденных в эксперименте KamLAND событий к теоретическому предсказанию в отсутствие осцилляций (точки с ошибками). Сплошная кривая и гистограмма – расчет в предположении осцилляций с длиной осцилляции  $L = 180$  км [153].



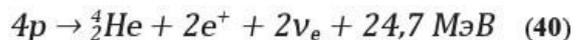
которая позволила обнаружить не только недостаток антинейтрино, но и увидеть характерные изменения числа антинейтрино на разных расстояниях (см. Рис. 36-7).

Конечно, настоящая трагедия Бруно состояла в том, что он не увидел всех этих результатов, подтверждающих одну из основных его физических идей. Также не повезло ему с обнаружением осцилляций нейтрино от Солнца. Правда, в этом случае сам феномен дефицита солнечных нейтрино был обнаружен еще при жизни Бруно. Однако опыты для полного объяснения причин этого эффекта были сделаны значительно позже.

## 37. Солнечные нейтрино

Мы все живем под непрерывным нейтринным дождем. Через каждый сантиметр нашего тела проходит в секунду 60 миллиардов нейтрино от Солнца и миллион геонейтрино от распадов радиоактивных элементов в нашей Земле. Благодаря уникально слабому взаимодействию нейтрино с веществом весь этот нейтринный поток никак не влияет на наш организм.

В основном эти нейтрино рождены в ядерных реакциях, которые постоянно происходят на Солнце. В ходе этих реакций водород перегорает в He. Схематично цепочку реакций можно записать так:



Все живое на Земле должно быть благодарно этой реакции, поскольку 24,7 МэВ, которые выделяются при каждом слиянии четырех протонов в гелий, и составляют энергетическую основу нашей земной жизни. Важнейшая особенность этой реакции состоит в том, что она происходит за счет слабого взаимодействия, то есть имеет очень малую вероятность. Водород превращается в гелий очень медленно, и это обеспечивает нам долгую жизнь Солнца.

Понтекорво, как мы знаем, еще в конце 40-х годов в Канаде пытался детектировать солнечные нейтрино. Для этого он придумал хлор-аргонный метод детектирования нейтрино. Однако воплотить эту идею в реальность – сделать экспериментальную установку и увидеть в ней взаимодействия нейтрино – довелось не ему, а Раймонду Дэвису из Брукхейвенской национальной лаборатории США.

В 1964 году Раймонд Дэвис и Джон Бакал опубликовали в *Physical Review Letters* две идущие друг за другом статьи о необходимости и возможности построить детектор из 400 000 литров перхлорэтилена для измерения потока солнечных нейтрино. Предполагалось использовать хлор-аргонный метод регистрации нейтрино. В 1965 г. всего лишь за 600 тыс. долларов было отстроено помещение в шахте Хоумстейк (Южная Дакота) и размещена экспериментальная аппаратура. Первые результаты были опубликованы в 1968 г. и опять в двух связанных друг с другом работах: группа Дэвиса представляла экспериментальные результаты, а Джон Бакал – теоретические расчеты. Основным вывод состоял в том, что наблюдается почти в три раза меньший поток нейтрино, чем предсказывала теория.

Однако поначалу никто в этот результат, который потом принес Дэвису Нобелевскую премию, особо не верил и не беспокоился. Дело в том, что теоретическое предсказание потока солнечных нейтрино сильно зависело от параметров модели Солнца, которые в ту пору были плохо известны. Да и статистика в эксперименте Дэвиса была, мягко говоря, не очень большой. Судите сами: в год установка Дэвиса регистрировала всего лишь порядка 100-150 атомов аргона-37.

Мы говорили, что Бруно еще до получения первых данных Дэвиса предсказывал уменьшение потока нейтрино от Солнца за счет осцилляций в работе [111]. Более подробно он разбирал эту возможность в работе 1969 г. с В. Грибовым [112]. Однако реакция на это оригинальное объяснение уменьшения потока солнечных нейтрино в первое время тоже была нулевой. Осцилляции нейтрино все еще считались «из области научной фантастики».

Как писали впоследствии Дэвис и Бакал [119]: «В это объяснение, которое сегодня стало общепризнанным, не верил практически никто из физиков, с кем мы обсуждали этот феномен в то время».

Затем, в течение почти 25 лет (!), Дэвис улучшал статистику, а Бакал – ликвидировал теоретические неопределенности. Причем в первые 20 лет эксперимент Дэвиса был единственным, где регистрировались солнечные нейтрино. Однако в конце 80-х годов в существование проблемы поверили и другие физики.

В 1963 г. В. А. Кузьмин из Института ядерных проблем в Троицке предложил использовать для проверки парадокса солнечных нейтрино детектор из галлия – редкого металла с температурой плавления 30 градусов. Особая роль галлия заключалась в аномально низком энергетическом пороге реакции



Дело в том, что хлор-аргоновый метод был чувствителен только к небольшой части спектра солнечных нейтрино. Поэтому всегда оставались сомнения, является ли дефицит солнечных нейтрино общим явлением. Однако результаты экспериментов с галлием, проведенных в Баксанской лаборатории, а также в итальянской подземной лаборатории в Гран-Сассо, подтвердили существование такого же дефицита солнечных нейтрино, как и в опытах по хлор-аргоновой методике.

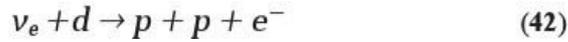
Измерения, выполненные на детекторе «Супер-Камиоканде», также обнаружили недостаток солнечных нейтрино. Было предложено множество объяснений, почему не хватает нейтрино, но точку в потоке гипотез поставили опыты группы SNO (Sudbury Neutrino Observatory) в Канаде. Они полностью подтвердили именно идею Понтекорво об осцилляциях как причину недостатка солнечных нейтрино.

Детектор SNO представлял собой 1000 тонн сверхчистой тяжелой воды D<sub>2</sub>O, окруженной водным слоем для подавления фона. Установка была по частям собрана в бывшей никелевой шахте на глубине 2 км. Основной фон для эксперимента должна была давать естественная радиоактивность. Поэтому были предприняты особые меры, чтобы свести к минимуму радиоактивное загрязнение. Все рабочие перед спуском в шахту принимали душ и надевали чистые безворсовые комбинезоны. Руководитель коллаборации Артур Макдональд с гордостью приводит число душевых процедур, понадобившихся для сборки установки, – 70 тысяч!

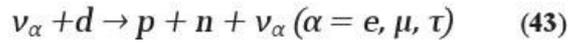
Тяжелая вода была заключена в акриловую сферу диаметром 12 м, которую просматривали 9500 фотоумножителей. Этот шар был, в свою очередь, помещен в резервуар со сверхчистой водой размером с десятиэтажный дом ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/23](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/23)). Вода должна подавлять радиационный фон от распадов урана и тория в окружающей горной породе.

В дейтериевой сфере под действием нейтрино происходили три реакции:

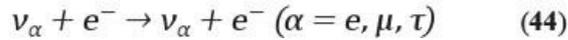
1) развал дейтерия электронным нейтрино



2) развал дейтерия без образования электрона



3) упругое рассеяние нейтрино на электроны



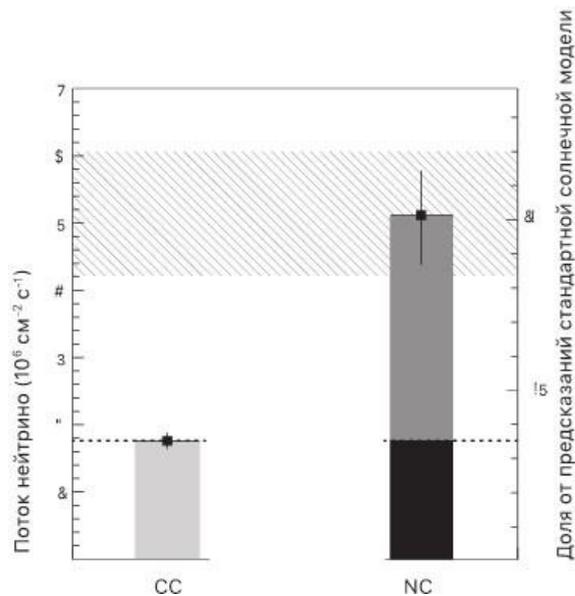
В первой реакции (42) может принимать участие только электронное нейтрино, поскольку в конечном состоянии есть электрон. В реакции (43) разваливать дейтрон могут все типы нейтрино. Но откуда в потоке солнечных электронных нейтрино могут взяться мюонные или тау-нейтрино? Только за счет осцилляций. Если бы их не было, то число событий от реакций (42) и (43) были бы одинаковы. Дополнительную проверку имеем по измерению реакции (44). В ней могут участвовать все типы нейтрино, но вклад электронного нейтрино в шесть раз больше других.

Опыт показал, что наблюдается в три раза больше событий от реакции (43), нежели от реакции (42). Это означает, что число мюонных и тау-нейтрино в три раза превышает число электронных нейтрино!

Удивительно, из Солнца вылетают только одни электронные нейтрино, но когда они добираются до Земли, только 1/3 из них сохраняет свое электронное «обличье», а 2/3 переходят в мюонные и тау-нейтрино.

Другая важная вещь – общее число событий от реакций (42) – (43) хорошо согласуется с предсказаниями числа нейтрино, ожидаемого по моделям Солнца (см. Рис. 37-1).

Это полностью решает проблему солнечных нейтрино – и теоретические расчеты потоков нейтрино от Солнца оказываются верны, и экспериментаторы, которые наблюдали только 1/3 от ожидавшегося потока солнечных нейтрино, тоже правы.



**Рис. 37-1.** Поток электронных нейтрино от реакции (42) (левый столбик), полный поток всех типов нейтрино от реакций (42) и (43) (правый столбик). Точка с ошибками – результат SNO, штриховая полоса – расчеты по модели Солнца [120].

Объяснение парадокса состоит в том, что все опыты до SNO, начиная с опыта Дэвиса, были чувствительны только к электронным нейтрино, а они, как оказалось, составляют только часть потока нейтрино, приходящего на Землю.

Очень красивый опыт, и вполне заслуженно руководитель коллаборации SNO Артур Макдональд получил в 2015 г. Нобелевскую премию. Интересно, что в 1988 г., когда определялась судьба проекта, Бруно написал очень важное письмо канадским научным руководителям, назвав SNO «великолепным экспериментом по многим причинам». В письме Бруно подчеркивал, что этот «эксперимент может быть осуществлен только в Канаде, где по историческим причинам было аккумулировано большое количество  $DO$ ». А в каком месте было собрано большое количество тяжелой воды? Да в том же реакторе, на котором работал Бруно в Чок-Ривер. Как интересно закольцевалась эта канадская линия его судьбы!

А. Макдональд приводил письмо Бруно в своем выступлении на конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Бруно, где благодарил его не только за прямую поддержку эксперимента, не только за предложение гениальной идеи осцилляций, проверка которой составила основное содержание проекта SNO, но и за вклад в разработку многих других идей, которые использовались в этом эксперименте. Например, для калибровки нейтронных счетчиков был задействован инструментарий нейтронного каротажа, изобретенного Бруно [121].

Вместе с А. Макдональдом Нобелевскую премию получил Такааки Кадзита. Он назвал Бруно Понтекорво своим предшественником: «Его идеи стали фундаментом для моих исследований, мы просто подтвердили верность этой теории практическими наблюдениями... Бруно Понтекорво первым в мире обосновал наличие нейтринных осцилляций и то, что у нейтрино есть масса. Этот советский ученый был первопроходцем и лидером» [122].

Дэвис и Бакал [119] писали, что в эпопее с солнечными нейтрино они особо хотели бы отметить роль трех личностей: Ганса Бете, за его теорию ядерных реакций в звездах, Уильяма Фаулера, известного астрофизика, и Бруно Понтекорво, который «открыл всем глаза на природу этого явления, включая его предложение использовать хлор для регистрации нейтрино и его гипотезу о нейтринных осцилляциях для объяснения парадокса солнечных нейтрино».

Бакал признается, что когда они с Дэвисом писали статью, в которой аргументировали необходимость создания хлорного детектора на 600 тонн для регистрации солнечных нейтрино, им и в голову не приходило, что его можно использовать для физики частиц. Они надеялись узнать что-то интересное о механизмах эволюции звезд [123]. Бруно же, пишет Бакал, «имел понимание и смелость утверждать, что астрономические нейтрино могут потенциально дать уникальную информацию о характеристиках нейтрино» [123].

Роль Бруно очень четко сформулировал Маури Гудман в докладе на Рочестерской конференции 1964 г. [124]:

«Как все знают, Земля и Солнце были созданы для того, чтобы осуществить эксперимент по нейтринным осцилляциям. Расстояние между ними было выбрано так, что соответствовало характерной длине осцилляций, плотность внутри Солнца была выбрана так, чтобы работал МСВ-эффект, и само Солнце было сделано как идеальный источник электронных нейтрино. Когда все это было приготовлено, были созданы Бруно Понтекорво, чтобы изобрести идею осцилляций нейтрино, Джон Бакал, чтобы вычислить поток солнечных нейтрино, Рэй Дэвис, чтобы выполнить эксперимент с солнечными нейтрино, и все остальные люди, связанные с солнечными нейтрино, чтобы проделать эту трудную работу».

Шуточное замечание М. Гудмана о том, что «Земля и Солнце были созданы для того, чтобы осуществить эксперимент по нейтринным осцилляциям», отмечает нетривиальный факт, что нам очень повезло с Природой и мы имеем возможность наблюдать осцилляции солнечных и реакторных нейтрино только благодаря удивительному стечению обстоятельств: разность квадратов масс нейтрино (36) очень мала, поэтому можно наблюдать осцилляции, когда расстояние между детектором и источником нейтрино составляет тысячи километров (или сотни километров, как в случае реакторных нейтрино). Однако, как видно из формулы (34), вероятность осцилляций определяется еще одним параметром – углом смешивания. Если бы он был мал, то никаких осцилляций мы бы не увидели. К счастью, нам опять повезло и углы смешивания для нейтрино достаточно велики.

Никто не знает, почему разности квадратов масс и значения углов смешивания именно такие, как дает эксперимент. Нет теории, которая бы объясняла, откуда берутся эти значения. Нам сильно повезло, что есть возможность наблюдать красивые эффекты осцилляций.

## 38. Нейтринная астрономия

В 1961 г. Бруно вместе с Я. А. Смородинским написали статью о возможности существования во Вселенной «нейтринного моря». Они обсуждали дерзкий для того времени вопрос, может ли во Вселенной плотность энергии нейтрино превышать плотность барионов [125]. Характерная фраза из статьи:

«Хотя общепринято считать, что материя во Вселенной представлена в основном водородом, возникает естественный вопрос: не может ли энергия, приходящаяся на нейтрино и антинейтрино во Вселенной, оказаться сравнимой и даже большей энергии водорода?».

Это еще один пример удивительной способности Бруно угадывать красивую физическую идею задолго до того, как ею стали интересоваться в массовом масштабе другие. Пример проявления «хорошего вкуса в физике».

Да, в 1961 году общепринято было считать водород основным веществом во Вселенной. Однако сейчас мы знаем, что не только живем под непрерывным дождем нейтрино от Солнца. Вдобавок мы постоянно купаемся в океане реликтовых нейтрино, оставшихся от Большого взрыва. В каждой чашке кофе-эспрессо (точнее, в кубическом сантиметре) находится порядка 300 реликтовых нейтрино с крошечной энергией  $\sim 10$  эВ. В этом смысле «нейтринное море» во Вселенной действительно существует.

Удивительно, что Бруно обсуждал этот вопрос задолго до обнаружения в 1965 г. А. Пензиасом и Р. Вильсоном реликтового теплового излучения, природа которого точно такая же, как и у реликтовых нейтрино. Пензиас и Вильсон увидели, что со всех сторон к нам приходят фотоны с характерным спектром излучения черного тела с температурой 2,725 кельвина. Изотропность реликтового излучения очень высока  $\sim 10$ . Этот свет, не связанный ни с какими звездами, достался нам от ранней Вселенной, которая представляла собой горячую плазму из электронов, барионов и фотонов. Примерно через 380 000 лет после начала расширения температура Вселенной уменьшилась настолько, что электроны с протонами смогли образовать нейтральные атомы, а энергии фотонов перестало хватать для того, чтобы эти атомы развалить. Вселенная стала прозрачной для излучения, которое начало свободно распространяться, теряя энергию по мере расширения. Точно такой же процесс происходил и с нейтрино, с той разницей, что для нейтрино Вселенная стала прозрачной гораздо раньше, чем для фотонов. Плотность реликтовых нейтрино несколько меньше, чем реликтовых фотонов, однако она на фактор 10 превосходит плотность частиц обычного вещества, из которых состоит все окружающее нас великолепие. Поэтому среди элементарных частиц, обладающих массой, нейтрино – самая распространенная во Вселенной.

Благодаря своей уникальной проникающей способности нейтрино является идеальным мессенджером о процессах, происходящих во Вселенной. Бруно сделал много для того, чтобы мы лучше понимали, как выглядит небо в «нейтринном свете». В 1959 г. он написал важную статью о роли взаимодействия нейтрино с электронами для эволюции звезд [126]. В ней он показал, что на определенной стадии эволюции звезды, когда ее температура и плотность достигают больших значений, интенсивность нейтринного потока возрастает настолько, что энергия, уносимая нейтрино, будет превосходить потери энергии звезды в оптическом диапазоне. Поэтому вспышки сверхновых должны сопровождаться гигантским всплеском нейтринного излучения.

Это предсказание Понтекорво нашло свое подтверждение 23 февраля 1987 г., когда практически одновременно детекторы Баксанской подземной лаборатории, LSD под Монбланом, IBM в США и «Камиоканде» в Японии зарегистрировали всплеск событий от нейтрино. По расчетам, это был сигнал от мощного импульса в 10 нейтрино, которые образовались при вспышке сверхновой, расположенной в карликовой галактике на окраине Млечного пути на расстоянии 170 000 световых лет от Земли. Примечательно, что всего было зарегистрировано 24 нейтринных события, однако синхронность их прихода в разные детекторы не вызывала сомнений для интерпретации этого явления. К тому же установка «Камиоканде» смогла восстановить координаты участка неба, откуда пришел нейтринный импульс. Они совпали с координатами световой вспышки. По свидетельству Мафаи [6], Бруно был исключительно обрадован этому подарку природы.

В 1963 г. Бруно суммирует интересные задачи нейтринной астрономии в обзоре [127] под названием «Нейтрино и его роль в астрофизике». Отдельная глава обзора носит название «Экспериментальная нейтринная астрономия». Чтобы писать об этом в 1963 г., когда даже опыты Дэвиса еще не были начаты, нужны были большая смелость и фантазия. Бруно отмечает:

«После того как будут зарегистрированы нейтринные потоки от Солнца, необходимо будет сделать следующий шаг – измерить потоки от космического пространства и от отдельных галактик. Для этого необходимо увеличить чувствительность современных методов регистрации в миллион раз».

Казалось бы, увеличение чувствительности в миллион раз – это чистая маниловщина. Но сейчас это все реализовано. Программа исследований, которую Понтекорво начертал в 1963 г., сегодня осуществляется на гигантских экспериментальных установках, которые расположены в таких экзотических местах, как Антарктида или озеро Байкал. Бруно способствовал осуществлению первых шагов по развитию экспериментальной нейтринной астрономии. Он стоял у истоков создания в Баксанском ущелье Приэльбрусья подземной лаборатории для регистрации нейтрино ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/24](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/24)).

В 1963 г. М. В. Келдыш подписал постановление Президиума Академии наук о создании подземной нейтринной лаборатории. Директором был назначен Г. Т. Зацепин. В постановлении отмечалось: «считать целесообразным привлечь к руководству исследованиями в области нейтринной физики члена-корр. АН СССР Б. М. Понтекорво и члена-корр. АН СССР М. А. Маркова» [77].

В архиве Бруно сохранился документ под названием «Основные физические задачи нейтринной станции

ФИАН». Просили на пятилетку 5 млн рублей. Предлагалось регистрировать нейтрино от Солнца радиохимическими методами и регистрировать высокоэнергетические мюоны. Планировалось также использовать станцию для низкофоновых экспериментов. Уже тогда Бруно предлагал начать с хлор-аргонового метода регистрации солнечных нейтрино и продолжить затем эксперименты с галлием.

### 39. Нейтрино на ускорителях

Совершенно замечательную историю про Бруно рассказывал нам, студентам кафедры элементарных частиц МГУ, А. А. Тяпкин. Он читал курс по статистике и ошибкам эксперимента. Его подход был очень своеобразен: за первые две лекции он не написал на доске ни одной формулы и только с увлечением рассказывал про типичные ошибки и разные казусы из жизни экспериментаторов. Мы, глупые студенты, не привыкли к такому стилю изложения, и на третьей лекции староста группы деликатно посетовал лектору, что он нам мало формул пишет. Алексей Алексеевич страшно (и справедливо) возмутился: формулы – стандартные, можно найти в любом учебнике, а рассказ о реальных проблемах – бесценен. После чего написал на доске формулу гауссова распределения и продолжил рассказ об ошибках экспериментаторов:

Было это в начале 60-х годов. Уже был построен синхрофазотрон ОИЯИ на энергию 10 ГэВ. И тут Померанчук, Кобзарев и Окунь выпустили статью о возможности нового «сверхсильного» слабого взаимодействия, которое объясняло бы большую массу мюона по сравнению с электроном. Если бы такое взаимодействие действительно существовало, то открывалась возможность зарегистрировать мюонное нейтрино в эксперименте на ускорителе за счет регистрации реакции



Обычное слабое взаимодействие давало слишком малое сечение для этого процесса. На тогдашнем пучке синхрофазотрона с небольшой интенсивностью наблюдать его было невозможно. Но если в природе действительно существует новое «сверхсильное» слабое взаимодействие, то такой эффект становился наблюдаемым. Причем тогда это был бы первый опыт в истории по регистрации нейтрино на ускорителе. Более того, все эксперименты с нейтрино до этого относились к процессам заряженного тока, а реакция (45) – это слабый нейтральный ток, который будет открыт в ЦЕРН только четырнадцать лет спустя.

Бруно рассказал о возможности существования «сверхсильного» слабого взаимодействия А. А. Тяпкину ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/25](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/25)). Алексей Алексеевич пошел к В. И. Векслеру, который был тогда директором Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, пробивать эксперимент. Основная идея была проста: импульсный пучок протонов бьет по мишени, а экспериментальная установка, надежно экранированная и расположенная в отдаленном месте, должна зарегистрировать всплеск сигналов, совпадающих с «плевком» протонов из ускорителя. Поскольку из всех частиц нейтрино обладают самой большой проникающей способностью, только они могли быть ответственны за такой сигнал.

Векслер идею поддержал и сам принял активное участие в эксперименте [91]. Домик экспериментатора был сделан из металла неиспользованных магнитов и обложен бетонной защитой. Установили внутри детектирующую систему из счетчиков Гейгера. Подали пучок на мишень. Стопроцентная корреляция! Как только пучок бьет в мишень, счетчики в домике начинают считать. Сделали 9 «плевков» на мишень – 9 срабатываний счетчиков. Счет детекторов возрастал в два раза. Все взволнованные собрались на обсуждение. Как никак стоят на пороге открытия нового взаимодействия элементарных частиц!

Тяпкин рассказывал: «Народ говорит, если на десятый раз счетчики сработают, пойдем писать статью в ЖЭТФ!». А Бруно отвечает: «Нет! Если сработает в десятый раз, надо думать, как усилить защиту и повторить опыт!» В результате решили надежно заэкранировать место нахождения мишени, чтобы поглотить все обычные частицы. Для этого нужно было положить бетонную плиту на трубу ускорителя.

Главный инженер ЛВЭ сказал четко: «Только через мой труп! Будете укладывать плиту – непременно уроните или стукнете – ускоритель выйдет из строя. Ни за что!»

Тяпкин долго уговаривал Векслера, в конце концов тот отдал приказ: «Положить плиту! Ради такого эксперимента, если он увенчается успехом, можно пожертвовать ускорителем!»

Плиту положили – совпадения исчезли. Эффект пропал. Оказалось, прежняя защита надежно экранировала заряженные частицы, но образовывавшиеся во вторичных взаимодействиях нейтроны, вылетали из защиты и, отражаясь от крыши экспериментального зала, попадали в домик со счетчиками.

Этот случай очень хорошо характеризует стиль Бруно-экспериментатора: всё надо проверять и перепроверять! Здесь ясно проявляется воспитание, полученное в группе Ферми. Столкнувшись в юности с ситуацией, когда желание разобраться, на первый взгляд, с абсолютно несущественной деталью эксперимента (какая разница, на каком столе стоит аппаратура!) привело к открытию Нобелевского масштаба – Бруно через всю жизнь пронес это обостренное внимание к мельчайшим обстоятельствам опыта.

В. А. Жуков, который работал в группе Понтекорво, вспоминает [83], что во время сеансов на ускорителе часто возникали ситуации, когда набор статистики по разным причинам прерывался. Возникла типичная и, казалось бы, пустяковая проблема – записывать ли в лабораторный журнал результаты при сбое пучка?

«При крупных сбоях, которые нам казались почти аварийными, мы предлагали просто исключить показания приборов и не записывать их в лабораторный журнал», – пишет Жуков. Эти попытки решительно пресекались Бруно Максимовичем: «Вы должны записывать все, в том числе и условия, при которых произошел сбой. Что плохо работало: ускоритель или ваша аппаратура? И только потом, после тщательного и обоснованного анализа записи, вы вправе исключить эти измерения».

Сам Бруно писал [15]:

«Ферми глубоко презирал научный авантюризм, субъективизм в науке, тенденцию некоторых экспериментаторов получить именно те результаты, которые априори им хочется найти. Он считал совершенно антинаучной и вредной для развития физики поспешность в опубликовании научных работ, вызванную желанием завоевать приоритет, и встречающуюся в некоторых лабораториях атмосферу “охоты за открытиями”.

Ферми нетерпимо относился к часто встречающейся тенденции экспериментаторов переоценивать точность своих измерений. В институте было известно правило, которым руководствовался Ферми в отношении к новому или “странному” результату: увеличь втрое приведенную экспериментатором ошибку измерения и только после этого начинай свое рассуждение».

Постоянную строгость Бруно в суждениях отмечает С. С. Герштейн [44]: «Бруно никогда не говорил - данный эксперимент подтверждает теорию. Но - этот эксперимент не противоречит теории». Эту же черту Бруно подчеркивал Л. Б. Окунь [128] ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/27](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/27)):

«Бруно всегда отстаивал надежность в экспериментах и с подозрением относился к “психологически мотивированным систематическим ошибкам”, вытекающим из тяги сделать открытие или выдать желаемое за действительное».

То же самое мне говорил Бруно Максимович во время экспериментов по измерениям реакций Понтекорво.

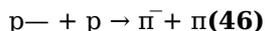
## 40. Реакции Понтекорво

История с изучением процессов аннигиляции антипротонов, названных впоследствии реакциями Понтекорво, в некотором смысле анекдотична.

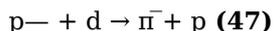
В начале 80-х годов в ЦЕРН было создано уникальное накопительное кольцо LEAR (Low Energy Antiproton Ring) для исследований с антипротонами малых энергий. Уникальность этой установки объяснялась принципиально новым способом получения пучков антипротонов. Обычно антипротоны создавались при соударении частиц высоких энергий с некоторой мишенью. При этом образовывался целый спектр отрицательно заряженных частиц, из которого отбирались антипротоны. Сепарация антипротонов никогда не была стопроцентной, и большая примесь отрицательных К- и п-мезонов всегда составляла проблему для экспериментаторов. К тому же такой метод мог производить только пучки антипротонов с интенсивностью не более 1000 антипротонов в секунду. Ускорительщики ЦЕРН предложили накапливать антипротоны в несколько приемов: сначала обычная стадия рождения антипротонов в протон-ядерном взаимодействии. Затем антипротоны вместе с примесью других отрицательно заряженных частиц поступали в специальное кольцо-накопитель. При этом, поскольку антипротон – стабильная частица, а каоны и п-мезоны – короткоживущие частицы, через некоторое время в накопителе оставались одни чистые антипротоны. Примесь других частиц исчезала, интенсивность антипротонов увеличивалась. Затем порция антипротонов подавалась в другое кольцо магнитов – LEAR, которое подравнивало антипротоны по импульсу и раздавало на экспериментальные установки. Работа этой фабрики антипротонов улучшила условия экспериментов в 1000 раз по интенсивности, в 100 раз – по однородности пучка, и при этом пучки были совершенно чистыми – одни антипротоны.

Такой подарок для экспериментатора, конечно, породил целый бум в антипротонной физике. Интересно было размышлять, как лучше использовать эти новые возможности. Послеобеденные дискуссии за кофе – лучшее место для рождения новых идей. В тот раз мы пили кофе с румынским физиком Флорианом Никитиу и Александром Ильиным из Института ядерных исследований в Троицке. Обсуждался вопрос взаимодействия антипротонов с ядрами, и в типичном стиле послеобеденных размышлений был задан вопрос, а нельзя ли придумать такие реакции аннигиляции, которые на ядрах могли происходить, а на свободном нуклоне – запрещены? После недолгого размышления Флориан Никитиу воскликнул:

– Я придумал! Все реакции аннигиляции на свободном нуклоне должны иметь в конце минимум два мезона. Например,



Не может быть аннигиляции в один мезон – закон сохранения импульса не разрешает. Но на ядре мы можем устроить аннигиляцию, где в конце будет только один мезон, а второй частицей, необходимой для выполнения закона сохранения импульса будет нуклон или ядро-остаток. Например,



Всем эта идея очень понравилась. Действительно, простая бинарная реакция – зная энергию начального антипротона, можно точно предсказать импульсы вторичных частиц. Экспериментальная «подпись» реакции – две заряженные частицы, разлетающиеся в противоположные стороны с фиксированными импульсами – лучше не придумаешь. Стали думать, как посчитать сечение процесса, есть ли другие аналогичные реакции... И выходили мы из кафетерия уже с распределением обязанностей, кто и что должен подготовить для будущей статьи.

Через неделю случайно встречаю в коридоре Бруно Максимовича. У него была удивительная привычка – при встрече всегда задавать простой вопрос: «Ну, что у вас нового по науке?» – причем делал он это с такой искренней заинтересованностью и участием, что всегда повергало меня, в те годы студента, а затем молодого научного сотрудника – в тихое замешательство. Надо было что-то отвечать, что-то отнюдь не банальное. Но в этот раз я был готов к вопросу и с радостью рассказал, что есть замечательная идея про реакции аннигиляции, которые на нуклоне запрещены, а на ядрах разрешены. Вот, сейчас статью пишем.

– О, – воскликнул Бруно, – это действительно интересно, я про это писал много лет тому назад.

– Как, много лет назад? Вы, наверное, путаете что-нибудь. Мы это придумали на прошлой неделе и никому пока не рассказывали.

– Нет-нет, – замахал руками Бруно Максимович, – пойдите ко мне в кабинет, я вам оттиск статьи покажу. Я тогда еще писал и про безмезонную аннигиляцию: что при аннигиляции антипротонов на ядрах вообще может никаких мезонов не возникать.

В своем кабинете Бруно с большим трудом, но все-таки отыскал оттиск статьи тридцатилетней (!) давности, в которой, тем не менее, было написано практически все, что мы придумали неделю назад и собирались опубликовать.

Работа [129] была написана в 1956 г., примерно через полгода после открытия антипротона. Сейчас, как мы показали на собственном примере, такую статью мог бы написать любой грамотный научный сотрудник. Но в те времена требовалась определенная смелость мышления, чтобы быстро воспринять новый экспериментальный факт и правильно поставить задачу – аннигиляция на свободном нуклоне существует, в чем может быть принципиальное отличие аннигиляции на ядрах?

Именно смелость в постановке задачи и свежесть мышления характерна для всего научного творчества Бруно. Мы видели это и в гениальной догадке об универсальном характере слабого взаимодействия, и в совершенно авантюристической для 40-х годов идее зарегистрировать нейтрино, и в предложении о возможности осцилляций нейтрино по аналогии с осцилляциями каонов.

Интересно, что экзотические процессы антипротон-ядерной аннигиляции, предложенные Бруно в 1956 г., были впервые измерены только через двадцать лет. Оказалось, что сечение их образования – чуть ли ни самое малое из реакций антипротон-ядерной аннигиляции. Поэтому к 80-м годам было поставлено всего лишь пара экспериментов по измерению таких реакций. Не удивительно, что мы ничего о них и не слышали. Однако с началом работы антипротонной фабрики LEAR в ЦЕРН возможность изучения этих процессов становилась совершенно реальной, и мы всерьез задумались над тем, какая физика может за ними стоять. Вместе с Л. А. Кондратьюком из Института теоретической и экспериментальной физики (Москва) мы написали работу по расчету характеристик этих реакций, которые рискнули назвать реакциями Понтекорво [130]. Рискнули – потому что не очень принято в научной литературе «персонифицировать» объекты изучения. И хотя есть нейтрино Майорана, диаграммы Далитца и нелинейный член Весса – Зумино, определенные сомнения, стоит ли изобретать новый термин, у нас были. Все-таки научное сообщество довольно консервативно относится к подобным попыткам. Однако наш термин прижился.

Экспериментальное исследование реакций Понтекорво преподнесло нам много сюрпризов. И обсуждения с Бруно Максимовичем запомнились мне надолго. В то время мы проводили эксперимент по изучению реакции (47). Выделять такой процесс довольно просто: две частицы в конце должны иметь один, точно определенный импульс. Трудность с поиском реакции Понтекорво – в их малой вероятности. Но если у вас нет проблем со статистикой, то, как нам казалось, найти эти процессы большого труда не составит. Примерно в таком ключе я и объяснял Бруно Максимовичу ход наших работ. К моему удивлению, выслушав все эти очевидные соображения Бруно сказал:

– Будьте осторожны! Особенно в тех случаях, когда вы заранее знаете, что должно получиться в ходе вашего эксперимента.

Это ровно то, о чем упоминал выше Л. Б. Окунь: «психологически мотивированные систематические ошибки».

Надо сказать, что Бруно тогда был уже сильно болен. У него была болезнь Паркинсона. Его беспрерывно трясло, говорил он с трудом, поэтому эти его слова меня только удивили:

– Причем здесь осторожность? Бруно Максимович, какой может быть подвох в бинарной реакции, где все параметры заранее фиксированы?

Бруно покачал головой и еще раз повторил: «Будьте особенно осторожны, когда заранее знаете, что должно получиться!»

Честно говоря, тогда у меня была только одна мысль: «Грустно, что болезнь сделала с таким человеком!». Не воспринимались эти слова как пророческие, настолько они были просты и очевидны. Однако прошло время, мы опубликовали наши результаты, а потом действительно обнаружили ошибку. Неправильно определили полный выход реакции – пришлось исправлять и писать новую статью.

Мораль: конечно, Бруно не видел нашу конкретную ошибку уже тогда. Просто он пытался сообщить нам мудрость, накопленную многими поколениями экспериментаторов.

Итак, молодые экспериментаторы, помните завет Понтекорво: будьте особенно осторожны, когда заранее знаете (или думаете, что знаете), что должно получиться в результате вашего опыта!

## 41. Сильное взаимодействие нейтрино

Бруно очень любил нестандартные идеи. Непредвзятость, свежий взгляд на проблему, фантазия и оригинальность были одними из основных черт его научного таланта. Вероятно, сказывалось влияние учителей – Э. Ферми и Ф. Жолио-Кюри. Мы уже говорили, что Понтекорво особо отмечал непредвзятость как одну из важных черт Жолио. Не менее интересно Бруно писал о другом своем учителе – Ферми:

«Мне хотелось бы отметить полное отсутствие у Ферми научного догматизма. Это редчайшее явление для таких физиков, каким был Ферми, с такой огромной эрудицией и удивительной способностью использовать “незыблемые” законы и основы науки. Кстати, мне кажется, что как раз одна из самых характерных черт Ферми – это его требование “золотой середины” или, если хотите, необходимости борьбы на два фронта в науке: крайне важны основные принципы, но вредна предвзятость; да здравствует новое, но пусть новое узаконивается только тогда, когда старое оказалось негодным; физика движется вперед благодаря открытиям, но не только благодаря открытиям; очень хорошо, если физику удастся открыть новое явление или предсказать неожиданную закономерность, но физика не делается охотой за открытиями; оригинальность и научная фантазия хороши только в сочетании с глубоким знанием» [10].

Итак, не «охота за открытиями», но открытость разным идеям, желание обсуждать разные возможности (даже из разряда диких предположений) – все это входило в научный стиль Понтекорво. Причем важно отметить, что обдумывание различных идей шло не в стиле маниловского теоретизирования, а совершенно прагматично. Бруно рассматривал все нестандартные идеи исключительно с точки зрения возможных экспериментов по их проверке.

Хороший пример – история с «сильным взаимодействием нейтрино». С. М. Биленький вспоминает [45], как начиналось его сотрудничество с Понтекорво ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/28](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/28)). Все пошло от неправильной работы Райнеса, в которой было заявлено, что сечение рассеяния нейтрино на электроны в 200 раз больше, чем предсказывалось теорией слабого взаимодействия. Препринт Райнеса стимулировал лавину обсуждений. Бруно лично докладывал эти результаты Райнеса на семинаре ЛЯП. Последующее обсуждение вылилось в мозговой штурм с привлечением самых диких идей. Например, Самоил Михелевич предложил: а что, если существует аномально сильное взаимодействие между нейтрино? Предположим, мы рассеиваем пучок нейтрино на мишени из нейтрино. Диаграмма такого процесса проста и показана на Рис. 41-1.

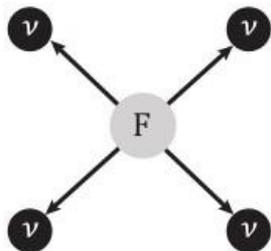


Рис. 41-1. Схема взаимодействия нейтрино.

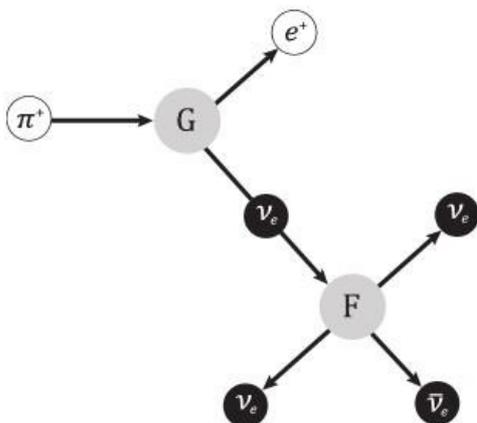


Рис. 41-2. Взаимодействие нейтрино в конечном состоянии.

Откуда мы знаем, что константа взаимодействия F нейтрино с нейтрино имеет ту же величину, что и константа слабого взаимодействия G? Может нейтрино участвовать в сильном взаимодействии? Или, точнее, откуда мы знаем, что нейтрино участвует только в слабом взаимодействии? Из какого эксперимента можно узнать что-то о силе взаимодействия нейтрино с нейтрино?

Этот вызов так увлек Бруно, что, как вспоминает Самоил Михелевич, обсуждение затянулось до позднего вечера, а рано утром Бруно разбудил Биленького и предложил возможное решение.

Рассмотрим такой распад п-мезона:

$$\pi \rightarrow e + \nu \text{ (48)}$$

Предположим, энергия п-мезона строго фиксирована, например, он покоится. Тогда позитрон и нейтрино унесут, грубо говоря, одинаковую энергию и энергетический спектр позитрона – это одна линия в районе 70 МэВ. Если же есть взаимодействие нейтрино с нейтрино, то в конечном состоянии реакции (48) возможно образование еще пары нейтрино, то есть реакция

$$\pi \rightarrow e + \nu + \nu + \nu \text{ (49)}$$

Это приведет к тому, что энергетический спектр позитрона будет несколько размазан, помимо основной линии в нем возникнет небольшой «наплыв» при меньших энергиях. Величина этого наплыва будет зависеть от соотношения констант взаимодействия G и F.

Эта красивая идея была изложена в работе [131], повлекшей за собой серию экспериментов, последний из которых был сделан уже на ускорителе LEP в ЦЕРН. Аномально сильного взаимодействия нейтрино обнаружено не было, константы G и F оказались приблизительно одинаковыми, но здесь важен сам подход Бруно: даже лихая идея о сильном взаимодействии нейтрино не была отвергнута с порога. Реакция Бруно была всегда предельно конкретна: какие эксперименты можно поставить для проверки?

Сильное взаимодействие нейтрино – не единственная «сумасшедшая» идея, над которой работал Бруно. Долгое время его занимала проблема долгоживущих метастабильных частиц. Бруно призывал не забывать о существовании возможных нетривиальных частиц, которые в силу неизвестных нам сегодня принципов могут иметь долгое время жизни. В статье [132] он рассматривал возможность детектирования частиц со временем жизни большим 10 секунд – типичным временем слабого взаимодействия. Он называл такие эффекты – «новая радиоактивность».

Опять же, Бруно не спекулировал о том, какие механизмы могут порождать долгоживущие частицы. Его логика, как и в случае с рассмотрением универсальности слабого взаимодействия, как для осцилляций нейтрино, как и размышлений о сильном взаимодействии нейтрино – всегда была одинакова: предположим, такой феномен существует, как нам можно его измерить, какие реакции можно было бы наблюдать и каким экспериментальным способом это лучше сделать?

## 42. Статья, возникшая на железнодорожном переезде

Есть легенда, что однажды Бруно с Львом Борисовичем Окунем возвращались в Дубну на машине и застряли на железнодорожном переезде. Стояли они очень долго, минут 20. Естественно, стали обсуждать физику переходов  $K \rightarrow K^-$ . И тут к ним пришла идея, которую они прямо на переезде проверили, а когда приехали в Дубну, сразу написали статью [133]. Примечательна она своей простотой и четким физическим содержанием.

Мы говорили о том, что переходы  $K \rightarrow K^-$  идут через цепочку процессов:

$$K^0 \rightarrow \pi + \pi \rightarrow \bar{K}^0 \quad (50)$$
$$S = +1 \quad S = 0 \quad S = -1$$

В каждом таком процессе странность изменяется на 1. Бруно с Окунем задумались, а может ли странность меняться на две единицы? И переход выглядит таким образом

$$K^0 \rightarrow \bar{K}^0 \quad (51)$$
$$S = +1 \quad S = -1$$

Пока стояли на переезде, выяснили: нет, такого быть не может, исходя из простого анализа размерностей.

Их рассуждения были таковы: если идет цепочка процессов (50), за которую ответственно слабое взаимодействие, то разность масс  $\Delta m$  собственных состояний каонов должна быть пропорциональна квадрату константы слабого взаимодействия  $G$

$$\Delta m \sim G \quad (52)$$

Константа слабого взаимодействия - константа Ферми - имеет размерность:

$$G = 10^{-5} / M = 1,17 \cdot 10^{-5} \text{ ГэВ} \quad (53)$$

где  $M$  - масса протона. Поэтому, чтобы получить правильную размерность, надо правую часть уравнения (52) умножить на пятую степень какой-то типичной массы. Уравнение, которое Бруно с Окунем написали «на коленке», выглядело так

$$\Delta m \sim G \sim (0,1 G) m \quad (54)$$

Фактор 0,1 появился в (54), поскольку слабые взаимодействия со странными частицами подавлены по сравнению с обычными слабыми взаимодействиями.

Но какую типичную массу  $m$  надо брать в уравнении (54)? Не мудрствуя, они подставили в (54) массу каона -  $m = 498 \text{ МэВ}$ . Тогда получили, что

$$\Delta m \sim 10 \text{ МэВ} \quad (55)$$

что довольно близко к правильному значению (26)  $\Delta m \sim 10 \text{ МэВ}$

Если же переход  $K \rightarrow K^-$  осуществлялся через скачок странности на две единицы, как показано в (51), то  $\Delta m$  должна быть пропорциональна  $G$ , и для достижения правильной размерности нужно умножать правую часть на третью степень массы

$$\Delta m \sim G \sim (0,1 G) m = 0,144 \times 10 \text{ МэВ} \quad (56)$$

Это на 8 порядков больше, чем экспериментальное значение (26). Колоссальное расхождение. Отсюда был сделан вывод о том, что обычное слабое взаимодействие не может порождать процессы с  $|\Delta S = 2|$ .

В этой статье нет завораживающих идей и оригинальных предложений. Но история ее написания учит нас, что прикидки «на пальцах» тоже важны и могут подсказывать нам правильный ответ прежде, чем выписывание сложных формул.

### 43. Профессор МГУ

Вы выбрали такую профессию, при которой без ежедневной, упорной и кропотливой работы невозможно получить удовлетворение, то есть достичь успехов в научных исследованиях. С другой стороны, если вы их достигли, трудно найти другую область человеческой деятельности, которая приносит такое наслаждение, как научная работа.

С 1966 по 1986 г. Бруно заведовал кафедрой физики элементарных частиц физического факультета МГУ ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/29](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/29)). Эту должность он получил после смерти В. И. Векслера. Необычность этой кафедры МГУ была в том, что она находилась в Дубне. Студенты жили в Дубне, здесь им читали лекции, они проходили дипломную практику в лабораториях ОИЯИ. Кафедра готовила физиков-экспериментаторов.

К этой своей обязанности Бруно относился исключительно ответственно. Он говорил: «Преподаватель получает от процесса обучения ничуть не меньше, чем студент, которому он преподает». Бруно не только читал лекции, но и активно занимался всеми аспектами преподавательской жизни – от привлечения студентов на кафедру до их трудоустройства. Регулярно проходили заседания кафедры, на которых обсуждались и работа студентов, и содержание лекций преподавателей [45] ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/32](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/32)). Что было совсем нетривиально – содержание курсов могли изменить в зависимости от мнения студентов. Например, в 1976 г. студенты попросили увеличить объем материала, читаемого по физике элементарных частиц, и ввести теоретический курс – решение стандартных задач. Так к преподаванию на кафедре был привлечен молодой кандидат наук В. Г. Кадышевский, будущий академик РАН и директор ОИЯИ ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/30](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/30)).

На физфаке МГУ в то время студенты первые два года обучались по единой программе, а на третий год происходило распределение по кафедрам, и студент должен был выбрать свою будущую специальность. Каждая кафедра стремилась набрать к себе как можно больше лучших студентов и организовывала различные мероприятия для завлечения молодежи. Именно на таком мероприятии я впервые встретился с Бруно Максимовичем.

Пришел по объявлению: академик Понтекорво проводит для всех желающих лекцию о работе кафедры элементарных частиц в Дубне. Точно в назначенное время в аудитории появился исключительно элегантно одетый Бруно Максимович. На нем все было, что называется, с иголочки. Великолепно сшитый костюм, прекрасный галстук, до блеска начищенные черные туфли ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/31](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/31)).

Цель лекции была завлечь студентов на кафедру. Народ неохотно бросал Москву ради того, чтобы учиться в отдаленном провинциальном городе. Бруно соблазнял нас не только работой в прекрасном институте, но и тем, что вокруг замечательная природа, рыбалка и много грибов. Студенты посмеивались меж собой над этим достоинством: в семидесятые годы экологические проблемы никого не трогали, пробок в Москве не было, а главная забота была – получить жилплощадь. Но сегодня понимаешь, насколько Дубна является райским уголком для физиков.

Бруно в тот вечер запомнился не столько самой лекцией, сколько манерой отвечать на вопросы студентов. Не было никакого ощущения, что генерал от науки общается с младшим ефрейтором. Он искренне радовался вопросам про физику, про деятельность кафедры. Словом, всему, что показывало заинтересованность студентов.

В своей статье, обращенной к будущим студентам кафедры, он писал [134]:

«Учтите, когда говорят, что у экспериментатора хорошие руки – главным образом имеют в виду, что у него прекрасная голова... Более 70 % крупных экспериментальных открытий были не только сделаны экспериментаторами, но сама задача была поставлена ими. Очень важно для современных исследований задать себе правильный вопрос. И в этом экспериментатор ничуть не хуже теоретика».

На кафедре Бруно вел курс «Введение в физику элементарных частиц». Он был рассчитан на два семестра, первый читал М. Г. Мещеряков, второй – Бруно. Лекции были просто блестящие. До сих пор помню, как Бруно рассказывал о проблемах, которые испытывал Ферми при построении теории бета-распада. Он говорил, что основная трудность для Ферми была не в написании формул. Главное было понять, что электрон и нейтрино не сидят в нейтроне, а рождаются в момент его распада [57]. «Представьте себе, – говорил Бруно, – что взрывается дом. Что должно вылетать при взрыве дома? Столы, стулья, кровати, а тут из дома вылетают жирафы и крокодилы! Это и есть бета-распад».

Студенческий фольклор хранит много историй про Бруно. Рассказывают, что однажды он пришел на экзамены с температурой сорок градусов. Удивительно, что вообще в таком состоянии решил выбраться из дома. Извинился за нездоровье и... лег на длинный кафедральный стол. Так лежа и принимал экзамены. Причем температура – температурой, а требовательность ничуть не понизилась: моему рассказчику эта история запомнилась именно тем, что как раз лежа Бруно поставил ему три балла.

Студенты попадались всякие. Были совершенно фантастические случаи. Дипломник перед самой защитой загулял. Подходит срок, а он сутками играет в преферанс и на работе не появляется. Руководитель диплома, не зная, что делать, решил замять назревающий скандал, собрал сотрудников, и они все вместе написали обороту дипломную работу. Идет защита дипломов. Михаил Григорьевич Мещеряков, который был профессором на кафедре Бруно, читает газету. Дипломник излагает «свою» работу. Михаил Григорьевич

откладывает в сторону газету и задает простой вопрос: «Молодой человек, а вы свой диплом вообще-то читали? Только честно?» Молодой человек, несмотря на наркотическое увлечение преферансом, оказался, тем не менее, человеком порядочным и ответил прямо: «Нет, не читал».

Бруно пришел в тихий ужас. Защиту немедленно перенесли. Понтекорво объявил руководителю диплома, что больше никогда к нему не направит ни одного студента.

Вообще, Бруно отличался исключительной благожелательностью по отношению к студентам. Он заботливо следил за трудоустройством всех, даже самых нерадивых. Один из выпускников кафедры рассказал мне, как Понтекорво спас его от распределения в закрытый «ящик». Студент пришел к Бруно с просьбой помочь: на дипломе он начал работать над интересной физической проблемой, а его распределяют в закрытый город, где с чистой наукой придется прощаться. (В СССР действовала система официального распределения студентов по заявкам предприятий.) Бруно внимательно выслушал юношу и сказал: «Узнайте мне номер “вертушки” руководителя». В советские времена, помимо обычной телефонной связи, существовала особая телефонная сеть, которая соединяла высших руководителей с еще более высоким руководством. С большими приключениями номер «вертушки» был раздобыт. Бруно при студенте позвонил на предприятие и сказал с нарочито преувеличенным иностранным акцентом:

- С Вами говорит академик Понтекорво. Скажите, пожалуйста, насколько важен для вашего предприятия инженер X?

Директору «ящика» по «вертушке» звонили не чаще одного раза в год. И обычно это был уровень ЦК КПСС. И вдруг из «ЦК» ему звонит какой-то явно иностранец, да к тому же академик. Разумеется, ответ был, что инженер X важен и ценен, но таких инженеров у нас на предприятии миллион. Тогда Бруно попросил дать студенту свободное распределение.

Из этой истории видно, насколько хорошо Бруно разбирался в устройстве общества, в котором жил. И как креативно использовал магическую силу «вертушки».

Интересны воспоминания сына Луиджи Лонго Джузеппе, который одно время учился на кафедре Бруно. Он вспоминает [6], что ему надо было срочно возвращаться в Италию, и он попросил Бруно сдать экзамен досрочно.

- Хорошо, - ответил Бруно, - приходите завтра, поужинаем в Доме ученых и заодно примем экзамен.

Наивный Джузеппе думал, что все будет пустой формальностью, но Бруно устроил ему настоящую проверку, и парень весь вечер писал формулы на салфетках.

Однако, с точки зрения деканата физфака МГУ, дела на кафедре Бруно обстояли совсем не блестяще. Справка о работе с аспирантами фиксирует: «По выполнению диссертационных работ в срок кафедра ФЭЧ на Отделении ядерной физики находится на последнем месте. В среднем аспиранты Отделения ядерной физики, не защитившиеся к моменту окончания аспирантуры, защищают свои диссертационные работы через 2-3 года. На кафедре физики элементарных частиц с 1972 по 1976 гг. защит диссертаций не было вообще. За период с 1964 г. по 1974 г. из 22 выпущенных кафедрой аспирантов представили в срок диссертацию 4 аспиранта».

Действительно, требования к диссертациям в ОИЯИ были очень высокими. Неофициально считалось, что экспериментатор просто не может защититься до 30 лет. Поскольку для того, чтобы собрать установку, отладить, набрать статистику, обработать результаты и опубликовать в реферируемых журналах 4 работы - таков был негласный критерий «проходимости» диссертации - трех аспирантских лет, как правило, не хватало. Высокая научная требовательность с бюрократической точки зрения была только помехой. Поэтому конфликтов с деканатом у Бруно было немало. В ноябре 1974 г. он написал декану физфака В. С. Фурсову такое письмо:

«Глубокоуважаемый Василий Степанович, хочу предупредить, что острый характер этого письма является выражением моего возмущения и не относится лично ни к Вам, ни к доценту Н., ни к любому определенному человеку. Мною получено письмо от Вашего заместителя Н., в котором указывается, что в 1971-1972 и 1972-1973 гг. преподавателям-совместителям незаконно выплачена заработная плата за дни болезней, командировок и отпусков по основному месту работы... Секундный взгляд на письмо Н. обнаруживает, что там имеются ошибочные данные... Много раз нами подчеркивалось, что без широкого привлечения ученых ОИЯИ на работу по совместительству дубненский филиал МГУ бессмыслен. Многолетняя практика филиала показала, что кафедры выполняют в полном объеме необходимую запланированную учебную работу. Нужно прекратить формальное отношение к нам. Как следствие такого, по существу, не делового отношения к профессорско-преподавательскому составу наших кафедр, работающему по совместительству, мы можем ожидать и впредь получение документов, подобных оскорбительному для преподавателей и более всего для персонала филиала МГУ письму доцента Н. По моему мнению, это письмо в официальном порядке должно быть аннулировано в ближайшее время, без чего я намерен не работать больше в МГУ. Аннулирование я буду расценивать как изменение формального отношения к нашей кафедре, без которого нормальная работа становится невозможной».

Фамилию доцента Н. я убрал специально. Сама суть этого производственного конфликта нам сейчас не важна. В этом письме интересен зачин: «Хочу предупредить, что острый характер письма не относится лично ни к Вам, ни к любому определенному человеку». Не думаю, что Бруно читал руководства по бизнес-менеджменту, где как раз очень рекомендуется пользоваться этим приемом - деперсонификацией. Советуют критиковать не человека X, а состояние бизнеса, за которое он отвечает. Человек X на критику в свой адрес чаще всего просто обижается. А критика состояния бизнеса - нечто объективное, и X тоже должен быть заинтересован в его успешном развитии.

И, конечно, удивительная конструкция в конце письма: «...без чего я намерен не работать больше в МГУ». Первое впечатление, что написано просто не по-русски. Стандартная фраза должна быть: «я не намерен работать в МГУ». Однако сразу видно, что формулировка Бруно намного жестче и определеннее: человек уже принял решение, а не просто намеревается его принять.

Вообще надо сказать, что по-русски Бруно говорил с сильным акцентом. Писал, даже в поздние годы, с грамматическими ошибками. Но все печатные работы – научные и научно-популярные статьи, официальная переписка – все написаны прекрасным русским языком, чистым и точным. Причина в том, что Бруно Максимович очень ответственно относился к печатному слову. С. М. Биленький вспоминает, что первые совместные работы с Бруно писались бесконечно долго [45]. Бруно требовал, чтобы статья была написана точно, ясно и логично. Грамматику русского языка он знал лучше всех, но правильно выразить свои мысли на русском ему было трудно. Он просто чувствовал, что в определенной фразе что-то недоговорено, но как ее надо написать – сформулировать не мог. В результате на обсуждение одной фразы порой уходил час. В конце концов соавторы перешли на более гуманный метод: сначала писали по-английски, затем Биленький переводил на русский, а бессменный секретарь Бруно Ирина Григорьевна Покровская вносила литературную правку в печатный текст ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/33](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/33)).

Она сыграла очень большую роль в чистоте русского языка печатных работ Бруно. Ирина Григорьевна окончила двухлетние курсы секретарей-стенографистов при Министерстве высшего образования и в 1955 г. была направлена на работу в Дубну. С тех пор все свои статьи и выступления Бруно диктовал ей. Работа протекала следующим образом:

«Бруно Максимович произносил очередную фразу на своей версии русского языка, которую я стенографировала... Мы “обкатывали” очередное предложение, повторяя его много раз в разной форме, пока Бруно Максимович не удовлетворялся ясностью фразы, а я – правильностью и даже красотой русского выражения» [135].

Огромная работа была проделана ею при подготовке издания на русском языке избранных научных трудов Э. Ферми. Мариам Мафай пишет [6] о том, как была озадачена Ирина Григорьевна, получив черновик статьи Бруно, в котором было написано, что Ферми провел последние месяцы своей жизни «без печи». Неужели у великого физика в конце жизни не было отопления? Выяснилось, что так Бруно записал свою мысль о том, что Ферми «беспечно» провел последние месяцы жизни.

Академик РАН Л. Б. Окунь так отозвался о работе, проделанной Ириной Григорьевной [135]:

«Мы очень благодарны Вам за помощь, оказанную Бруно. Ведь мы в начале его пребывания в Союзе помогали ему при подготовке статей, приезжая в Дубну. Но это было чрезвычайно тяжело и занимало много времени. И вдруг что-то изменилось, и мы несколько лет недоумевали, как ему удается посылать в редакции статьи, в которых самые требовательные редакторы не находили дефектов языка или смысловых неточностей и принимали статьи сразу. Мы были уверены, что Бруно помогает кто-то из способных дубненских физиков, окончивших физфак МГУ».

#### 44. Бартини

Эту историю я слышал еще студентом. Рассказывали: Бруно поспорил, что с его именем любую, даже совершенно идиотскую статью примут в любом научном журнале. Он сотворил некий набор научных фраз, совершенно бессмысленный, но тем не менее статью приняли и напечатали в известном научном журнале. Пари Бруно выиграл.

Позже, совершенно случайно, я наткнулся в «Докладах Академии наук» («ДАН») на статью «Некоторые соотношения между физическими константами» автора с необычным для средней полосы России именем Роберт Орос ди Бартини. «ДАН» – особый журнал, присланные в него статьи он не реферировал, а печатает по представлению академиков. Статью Роберта Ороса ди Бартини представил Б.М.Понтекорво.

Но особый интерес представлял текст [136], который начинался просто:

«Рассмотрим некоторый тотальный и, следовательно, уникальный экземпляр А. Установление тождества экземпляра с самим собою  $A \equiv A$ ;  $A \cdot 1/A = 1$  можно рассматривать как отображение, приводящее образы А в соответствие с прообразом А. Экземпляр А по определению может быть сопоставлен только с самим собой, поэтому отображение является внутренним и, согласно теореме Стилова, может быть представлено в виде суперпозиции топологического и последующего аналитического отображения».

– Так вот как выглядит знаменитая пародия Бруно на научную статью! – подумал я тогда. – Здорово закручено – видно, что это просто набор научных слов, но не подкопаешься, теорема Стилова не позволит.

Но когда мы готовили к изданию книгу «Избранные научные труды и воспоминания о Б. М. Понтекорво», Семен Соломонович Герштейн подробно написал об этой удивительной истории [137]. Оказывается, Роберто Орос ди Бартини – реально существующий человек. Более того, с удивительной судьбой, в чем-то схожей с судьбой Бруно. Сын губернатора итальянского города Фиуме (ныне хорватский город Риека) попал в русский плен во время Первой мировой войны. Коммунистическими идеями пропитался в 1918 г., когда вместе с другими военнопленными перемещался через всю Россию во Владивосток. Вернулся в Италию убежденным коммунистом. В 1923 г. партия сказала, что «красные крылья должны летать быстрее черных крыльев», и направила товарища Бартини в Москву, чтобы помочь нам строить самолеты. Авиаконструктор Бартини построил ряд оригинальных моделей, первый самолет целиком из нержавеющей стали с рекордной для того времени скоростью. Перед войной самолет Бартини «Сталь-7» побил мировой рекорд по дальности полета. Сам конструктор в это время уже сидел. В «шарашке» он руководил целым отделом эзков. Другой отдел возглавлял А. Н. Туполев, третий – Ю. Б. Румер. Именно в отделе Бартини работал чертежником (и отбывал срок) С.Н.Королев. Он навсегда сохранил самые теплые воспоминания о Бартини, называл его своим учителем.

История со статьей Бартини в «ДАН» – проста и запутана одновременно. Первоначально он отправил ее в «Журнал экспериментальной и теоретической физики» – один из самых солидных физических журналов в СССР. Однако там статью не приняли. Тогда М. В. Келдыш обратился к Н. Н. Боголюбову с просьбой опубликовать эту работу в журнале «Ядерная физика» («ЯФ»). Боголюбов призвал на помощь С. С. Герштейна, поскольку видно было, что печатать труд в оригинальном варианте было нельзя. С. С. Герштейн долго обсуждал и правил с автором текст. Дело в том, что в статье были две основные темы. Во-первых, автор утверждал, что «тотальный и, следовательно, уникальный экземпляр А» – наша Вселенная – является 6-мерным образованием из трех пространственных и трех времениподобных «протяженностей». Во-вторых, для 6-мерного пространства автор вычислил три характерные геометрические константы  $\delta$ ,  $E$  и  $V$  и постулировал, что все физические константы  $K$  должны выражаться через эти фундаментальные параметры

$$K = \delta E V(57)$$

где  $m$  и  $n$  – некоторые целые числа. После чего подбором этих целых чисел автор получил значения фундаментальных констант – гравитационной постоянной, электрического радиуса электрона, массы электрона, массы нуклона и т. д., в полном соответствии с экспериментальными числами.

Предположения о 6-мерной Вселенной тогда, в начале 60-х годов, казались совершенно дикими. Однако сегодня мы всерьез обсуждаем многомерную Вселенную и даже пытаемся экспериментально увидеть проявления дополнительных измерений. Эту часть и пытался отстоять Герштейн. Вторая же линия – подгонка значений физических констант через некоторый набор производных параметров, будь то характеристики 6-мерного пространства или степени числа  $\pi$  – это типичная тема для определенного типа любителей науки, которые обожают играть с числами.

Но все попытки Герштейна убрать этот слой из работы натолкнулись на стойкое сопротивление Бартини. Герштейн даже просил редакцию «ЯФ» отправить статью на отзыв именно ему. Но все эти протекционистские меры успеха не имели – редакция «ЯФ» в конце концов статью тоже отвергла. Тогда родилась идея послать эту статью в «ДАН». Как вспоминает С. С. Герштейн [137], Н. Н. Боголюбов сказал: «Видите ли, если эту статью представлю я – теоретик, может выйти скандал. Лучше, если это сделает экспериментатор, который сможет потом сослаться, что он не специалист. Вот, например, Бруно Максимович как раз недавно избран академиком. Он теперь имеет право сам представить статью в «ДАН». Герштейн пошел к Бруно. «Не хотелось бы, конечно, мне в качестве первой статьи представлять эту, – сказал Бруно, – но что поделаешь, Бартини надо спасти».

И Бруно послал статью в несколько исправленном виде. Когда она была опубликована в «ДАН», Бруно

удивился, что Бартини подписался своим полным именем, сохранив приставку «ди». Бруно очень переживал за судьбу Бартини: «Он попал в Союз совсем молодым человеком. В Италии, даже в компартии, о нем никто не знает, может быть, его помнят только несколько старых людей...».

Последствия опубликования статьи были самыми непредсказуемыми. Во-первых, пошла гулять легенда о пари Бруно, что это просто пародия на научную работу. Во-вторых, как вспоминает С. С. Герштейн, пошли письма от «сумасшедших», которые утверждали, что Бартини украл их идеи. В-третьих, академики и профессора, возмущенные осквернением страниц «Докладов Академии наук СССР», нажаловались, естественно, в ЦК КПСС. Правда, они тоже не могли представить, что Бартини – реальная персона. Поэтому Бруно довольно легко отверг обвинения в научном хулиганстве, посоветовав чиновнику из ЦК обратиться в оборонный отдел.

Самое удивительное – статья Бартини стала популярной. В архиве Бруно хранятся записки, которые он получал на различных публичных лекциях. Среди них много записок такого рода: «Как Вы относитесь к утверждению: “Рассмотрим некоторый тотальный и, следовательно, уникальный экземпляр А”?» или «Как вы относитесь к статье Роберто Ороса ди Бартини?»

История с Бартини – это пример того, как Бруно, по сути дела, рискнул своей научной репутацией, чтобы помочь достойному человеку. Поддержать таких людей – даже ценой потери своей научной респектабельности – это вполне соответствовало представлениям Бруно о нравственности. В его архиве сохранился препринт статьи Бартини с надписью автора: «Дорогому товарищу Бруно, с выражением благодарности за акт большой солидарности и доверия». И мы теперь понимаем, в чем состоял этот акт солидарности и доверия.

## 45. Жизнь в ОИЯИ

Бруно занимал, как сейчас говорят, активную жизненную позицию. Сохранилось много его выступлений по самым разным проблемам организационной жизни ОИЯИ, партийной организации, Академии наук, городской жизни Дубны. Например, выступление на партийной конференции Института 25 декабря 1965 г. [138], посвященное теме старения Института. Бруно с ужасом говорил: «Сегодня средний возраст научных сотрудников в ЛЯП – 38 лет, в ЛТФ – 35 лет. Это очень тревожно. Через 10 лет средний возраст научных сотрудников Института будет около 45 лет! Это совершенно недопустимо для научного учреждения!»

Он предложил ряд мер: больше привлекать в ОИЯИ аспирантов, построить общежитие для молодых ученых, открыть в Дубне высшее учебное заведение и закончил свое выступление четким призывом:

«Если такие “минимальные” меры не будут приняты, я боюсь, что через 10 лет наш Институт будет, по существу, Институтом пенсионеров и на партконференции через 10-15 лет будет обсуждаться, конечно, не строительство общежития, а будет дана санкция на строительство очередного кладбища!»

Твердая позиция Бруно во многом помогла тому, что в ОИЯИ стали заботиться о молодых ученых. Построили общежитие, открыли учебно-научный центр. Очень помогли с организацией университета в Дубне. Образовательная составляющая стала одним из важных направлений в деятельности ОИЯИ.

С. С. Герштейн вспоминает [44] об активной позиции Бруно во время «китайского» кризиса 1961 г. Тогда размолвка Хрущева и Мао Цзэдуна привела к тому, что китайские физики покинули ОИЯИ. Возникла проблема с бюджетом, поскольку взнос КНР был тогда вторым по величине после СССР. Высшее руководство рекомендовало ОИЯИ урезать бюджет на 20 %. В администрации ОИЯИ не решались возражать против «мнения». Но Бруно был резко против. В конце концов он убедил директора ОИЯИ Н. Н. Боголюбова не соглашаться с официальной линией.

С самого начала появления в Дубне Бруно возглавлял небольшую группу научных сотрудников – сектор № 62. Секретные тетради Бруно, расшифрованные Р. Кастальди [98], показывают большую организаторскую деятельность, которую Бруно проводил с сотрудниками сектора. Для каждого сотрудника он составлял детальную программу работ, регулярно проводил семинары, заботился о поддержании правильных отношений между специалистами в разных областях.

Сейчас забавно читать речь Бруно в 1952 г. о том, что электронщики – это тоже физики. Оказывается, разделение труда было уже в те времена и создавало определенные проблемы в коллективе. «Электроника и ядерная физика – это две части физики одинаковой важности», – наставлял Бруно своих сотрудников.

В последние годы официальная должность Бруно в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ называлась «начальник отдела слабых и электромагнитных взаимодействий» ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/34](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/34)). В его подчинении в 1971 г. находилось 54 человека, в том числе 18 рабочих. Как начальник отдела Бруно получал 600 рублей, тогда как зарплата младшего научного сотрудника Г. В. Мицельмахера в то время была 150 руб.

Взгляды Бруно на административную работу довольно оригинальны. Их лучше всего иллюстрирует выступление на одном из собраний отдела [139]. Он говорил:

«Руководитель в научной группе – типичный научный сотрудник, немного старше и опытнее других, но зато менее способный воспринимать новое... Руководитель не должен требовать от подчиненных, чтобы они были похожи на него. Пример: может быть такой руководитель, который очень хорошо разбирается в инженерном осуществлении трудного опыта, но у которого не очень глубокая теоретическая база или небогатая фантазия, позволяющая придумать новые постановки опытов. Плохо будет, если такой руководитель с высокомерием смотрит на желание сотрудника с большой теоретической направленностью, скажем, бывать часто в библиотеке... Есть люди, которые любят работать день и ночь в первом корпусе (самым ярким примером этого у нас был Ю. Д. Прокошкин). Это очень хорошо, но никто не доказал, что все люди должны быть такого типа и что это единственный способ успешного существования научного сотрудника. В действительности руководитель должен как раз использовать различные характеры и склонности сотрудников. Сила группы, особенно сегодня, когда опыты стали сложными, состоит как раз в дополнении различных качеств. Должен сказать, что указанный недостаток руководителя встречается довольно часто. Руководитель должен быть психологически готовым учиться у молодых сотрудников не менее, чем они у него. Я даже сказал бы, что молодые сотрудники и представляют собой единственную возможность руководителя не стареть слишком быстро... Нет ничего хуже, чем неспособность руководителя признать свою неправоту, пусть в научном споре или в чем-либо другом. Отказаться от этого, основываясь на “престиже” – это довольно смешно».

Удивительное впечатление производят эти простые, ясные слова. Вряд ли кто может что-то возразить против этой позиции. Но вы видели таких начальников?

Кто говорит своим сотрудникам, что им вредно много работать в экспериментальном зале, ибо тогда у них не будет времени посещать библиотеку?

Кончается конспект выступления просто: «Лаконичность. Собрание каждый понедельник, но меньше 40 мин.».

Любопытно, как Бруно использовал в своем выступлении цитату из Ленина, заменив «социализм» на «наука», «социалистов» – на «ученых»:

«Когда-то, в 1916 г., Ленин произнес следующие слова. Мне кажется, что эти слова можно использовать по поводу отношений к молодежи, которая приходит в науку.

«Нередко бывает, что представители поколения пожилых и старых не умеют подойти как следует к молодежи, которая по необходимости вынуждена приближаться к социализму (*науке – Б. П.*), иначе – не тем путем, не в той форме, не в той обстановке, как ее отцы.

Поэтому, между прочим, за самостоятельность молодежи мы должны стоять безусловно и по существу дела. Ибо без полной самостоятельности молодежь не сможет ни выработать из себя хороших социалистов (*ученых – Б. П.*), ни подготовиться к тому, чтобы вести социализм (*науку – Б. П.*) вперед.

За полную самостоятельность союзов молодежи, но и за полную свободу товарищеской критики их ошибок. Лыстить молодежи мы не должны!».

Оригинальность мышления, которая проявлялась у Бруно в науке, также видна и в его жизни, в общении с людьми. Например, как Бруно решил стандартную коллизию, когда у человека полностью готов материал для кандидатской диссертации, но написать саму диссертацию он все никак не может (не хочет)?

Очень просто: он запретил сотруднику появляться на работе, пока тот не напишет диссертацию. Есть совершенно уникальный документ под названием «Договоренность между Б. Понтекорво и М. Баландиным» [140]. В чем состояла договоренность?

1. М. П. Баландин обязуется с 1 ноября 1970 г. не приходить на работу в лабораторию совсем, с тем чтобы писать дома диссертацию. В виде исключения разрешается посещать библиотеку...

4. В январе 1971 г. диссертация должна быть полностью напечатана или, если не полностью, то почти полностью. При этом о значении слова почти могут судить Б. Понтекорво и Г. Селиванов.

5. Если эти пункты не будут выполнены, обещания, сформулированные Б. Понтекорво по отношению к М. Баландину, потеряют силу.

Бруно не раз принимал нестандартные организационные решения. Например, история с сектором Мицельмахера. Генах Викторович Мицельмахер – один из немногих, кто может назвать себя учеником Понтекорво. Есть симпатичная фотография ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/35](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/35)), на которой Бруно что-то объясняет Мицельмахеру, сидящему в смиренной позе послушника. На обороте этого фото Бруно написал: « $2 + 2 = 4!$  Это вы должны знать!».

Мицельмахер был не в ладах с парткомом. А именно партком давал добро при утверждении на должность начальника сектора. Тогда Бруно предложил директору Лаборатории В. П. Джелепову оригинальный ход – создать новый сектор с начальником Б. Понтекорво. Формально начальник отдела мог быть и начальником сектора в том же отделе. Против этого партком сказать ничего не мог, и новая административная единица была образована без всяких возражений. После этого Бруно поручил управление сектором Мицельмахеру, назначив его своим заместителем.

Я присутствовал на одном заседании партбюро ЛЯП, где обсуждался вопрос – запретить Мицельмахеру принимать в сектор новых сотрудников. Бруно тогда был уже сильно нездоров. Пришел на заседание, сел во главе стола, положил голову на скрещенные руки и... заснул. Я, молодой коммунист, впервые присутствовал на таком священном мероприятии и был поражен, что никто и не подумал делать Бруно какие-то замечания. Заседание пошло своим чередом, Бруно спал. Но как только вопрос дошел до дела Мицельмахера, Бруно пробудился и четко, ясно заявил, что невозможно заранее, абстрактно, не зная причин и всех обстоятельств, запретить переходы людей.

Оригинальность мышления Бруно проявлялась во всем. Одно время ОИЯИ участвовал в большом эксперименте DELPHI на электронном коллайдере LEP в ЦЕРН и в сравнительно маленьком эксперименте OBELIX на накопителе антипротонов LEAR. Руководитель OBELIX проф. Г. Пираджино был в Дубне и во время банкета, за кофе, стал склонять руководителей ОИЯИ, что финансирование этого проекта надо бы увеличить. Умный институтский администратор, пользуясь тем, что рядом сидел Понтекорво, сказал:

– А что вы меня спрашиваете, вот давайте спросим Бруно Максимовича, какой эксперимент более важен – DELPHI или OBELIX? Как он решит, так и будет!

Бруно в это время сосредоточенно расправлялся с десертом, затем хитро улыбнулся и сказал:

– Конечно, OBELIX!

Все рассмеялись, а Бруно сказал:

– Зря смеетесь. Я могу это обосновать. Ценность эксперимента лучше всего можно понять, если представить себе, что произойдет, если его не делать. Предположим, не делаем DELPHI. Что произойдет? Да ничего, поскольку на кольце LEP планируется создать еще 3 таких же установки. А если не будет OBELIX? Это уникальный эксперимент, который никто не повторяет. Поэтому мой выбор за OBELIX!

Сохранился текст поздравления, которое Бруно сочинил по случаю 70-летия В. П. Джелепова. Начинается оно длинным списком, иллюстрирующим перечень дел, которые Венедикт Петрович должен выполнить в свой день рождения 12 апреля. А кончается так:

«Поздравляя дорогого Венедикта Петровича с днем рождения и желая ему всего хорошего, пользуясь случаем, хочу попросить его выделить ОСЭВ ЛЯП одну штатную единицу младшего сотрудника и прошу записать это в перечень дел, намечаемых им на 12 апреля 1983 г.».

В 1955 г. был конфликт с тогдашним директором ЛЯП М. Г. Мещеряковым. В архиве Бруно хранится заявление о переходе из ЛЯП в Лабораторию высоких энергий, а также письмо о переводе туда сотрудников его сектора вместе с экспериментальным оборудованием. Говорят, Мещеряков настоял на том, чтобы Бруно пришел на встречу во время приезда английской делегации, а англичане отказались пожать ему руку. Другая версия [141], что конфликт разыгрался из-за распределения времени на ускорителе. Бруно открыто выступил на партсобрании против Мещерякова, в ходе разыгравшегося скандала Мещерякова сняли с директорства, понизили до руководителя отдела, но в 1966 г. Мещеряков возглавил другую лабораторию ОИЯИ.

Интересны взгляды Бруно на планирование науки. Он всегда ратовал за уменьшение бюрократического контроля и большую гибкость в принятии решений по распределению финансирования. В письме к ученому секретарю ОИЯИ [142] Бруно отмечал, что одна из наиболее ярких работ Института по определению времени жизни  $\mu$ -мезона «была выполнена быстро и незаконно, т. к. она не находилась в плане». Далее он писал, что «вся деятельность по  $\psi$ -частицам, которая бурлит в Институте в настоящее время, явно незаконна, т. к. ее нет в плане». Ситуация с  $\psi$ -частицами, открытие которых называли Великой Ноябрьской революцией, очень хорошо иллюстрирует сказанное. Действительно, к счастью, в науке бывают неожиданные открытия. Опять-таки, к счастью, их нельзя предвидеть в рамках твердо фиксированных планов. Именно на это обращал внимание Бруно [142]:

«Совершенно необходимо, чтобы дирекция Лаборатории имела определенную свободу в перераспределении ресурсов по темам и внутри тем... Недопустимо превращать план, детально расписанный по этапам и расходованию ресурсов по разным видам на несколько лет вперед, в мертвый костяк. В этом случае либо заведомо вполне осознанно снижается производительность вплоть до полного развала работы, либо заведомо поощряется очковтирательство и тройная бухгалтерия... Оценкой результата работы по теме должна быть оценка научной значимости результата (например, оценка, данная экспертами НТО и дирекцией лаборатории), а не степень соответствия первоначально написанному плану».

Сейчас эти слова Бруно звучат актуально, но наивно. Возможность сделать что-то «быстро и незаконно» резко уменьшилась.

## 46. Семинары, конференции, розыгрыши

Бруно придавал большое значение регулярному проведению семинаров в своем секторе. В его «лабораторном журнале» за 1953 г. есть запись о начале с 1954 г. семинаров группы Понтекорво. Они проводились каждую пятницу в 16:30. Практически на каждом семинаре делался доклад по текущей литературе и оригинальное сообщение. Каждый сотрудник обязан был в начале обсуждения указать на то или иное новое сообщение в литературе по теме своей работы.

Семинары в те годы существенно отличались от сегодняшних. Если сегодня на семинарах, как правило, заслушиваются оригинальные доклады, то в те времена, очень часто люди рассказывали про чужие работы. Семинары Ландау проходили в Москве по четвергам, и С. М. Биленький вспоминает [45], что из Дубны давали специальный автобус, чтобы теоретики могли принять участие в семинаре. Больше половины докладов были посвящены обзору литературы.

Другим отличием был стиль обсуждений, который я для себя называю стилем Ландау. То есть никакой политкорректности в высказываниях, никакой пощады докладчику, главное – показать все неправильности и ошибки в его работе. Никогда не забуду своего доклада в Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ) в Москве. Меня прервали сразу же после первой фразы: «Здравствуйте, спасибо за приглашение, тема моего доклада такова...».

– Это что за ерунда! – громко произнес голос из зала.

Другой голос из зала ответил:

– Ничего не ерунда, а очень интересный вопрос!

После чего я стоял 20 минут и с удивлением следил, как люди ругаются, обсуждая только название доклада! Что же говорить о том, как проходила дискуссия по самому докладу...

Обсуждения на семинарах в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ были не такими разносными как в ИТЭФ, но очень тщательными [https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/36](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/36). Это важно, поскольку здоровая критика коллег помогала избежать ляпсусов и выявляла слабые стороны экспериментальной работы.

Бруно писал [143]:

«Экспериментальные работы Лаборатории ядерных проблем характеризуются, как правило, большой достоверностью. Этот стиль работ был выработан в течение многих лет и не только благодаря старшему поколению физиков, но и благодаря особому духу многих молодых тогда физиков (я имею в виду время жизни лаборатории). Это такие люди, как А. А. Тяпкин, Р. М. Суляев, Ю. Д. Прокошкин, В. И. Комаров, Л. Л. Неменов и многие-многие другие. Необходимо сказать, пусть это никого не обидит, что нигде в ОИЯИ нет такого семинара, где так положительно действует критика. В этом смысле в нашей лаборатории неверная экспериментальная работа рассматривается как позор. Неплохо было бы, если бы так было и во всех других лабораториях ядерной физики Советского Союза».

Однако семинары были не только «местом для дискуссий». В историю вошел розыгрыш, который Понтекорво, А. Б. Мигдал и Мариан Даныш устроили на семинаре Л. Ландау в 1958 г. В то время была популярной некоторая теория В. Гейзенберга, в которой все частицы возникали из универсального фермионного поля. Мариан Даныш прославился обнаружением гиперядер – ядер, в которых один из нуклонов заменен  $\Lambda$ -гипероном. Так вот, Мигдал и Бруно решили разыграть теоретиков, написав на бланке какой-то гостиницы как бы письмо от Вольфганга Паули к Понтекорво. В этом тексте утверждалось, что теория Гейзенберга получила экспериментальное подтверждение в последних экспериментах с  $\Lambda$ -гиперонами. Идея Гейзенберга очень нравилась Ландау. Обычно на семинарах Ландау выступали его ученики, но С. М. Биленький вспоминает [45], что был на семинаре, когда сам Ландау решил выступить с рассказом именно об этой идее Гейзенберга. Когда Ландау вслух зачитал это письмо на семинаре, возник большой ажиотаж. Обсуждали вопрос часа два. Как вспоминает Б. Л. Иоффе [74]:

«Вывдвигались разные гипотезы, один молодой теоретик даже вышел к доске и попытался представить, каким мог бы быть тот эксперимент, о котором пишет Паули. Тем временем, Мигдал взял письмо и сказал: «Здесь есть одна странная вещь. Если прочитать первые буквы всех строк сверху вниз, то получается русское слово “дураки”».

Другой пример поведения Бруно: он был председателем на одном из заседаний Отделения ядерной физики АН СССР. Во время доклада вскакивает ученый X и начинает ругать выступающего, дескать все, о чем он говорит, общеизвестно, у него такие работы аспиранты делают за два вечера и т. д. Тут Бруно говорит докладчику: «Очень хорошо. Вы пока подождите, а Вы, уважаемый X, не могли бы закончить доклад, если это все так общеизвестно!» [144].

Классическими стали розыгрыши Бруно. Как-то раз он получил в подарок бутылку белого кьянти. Что довольно необычно, поскольку стандартный кьянти – красного цвета. Это стало темой для розыгрыша: он перелил кьянти в обычную бутылку, а в бутылку из под кьянти налил «Цинандали». Вечером обе бутылки были представлены экспертной компании, в составе которой были А. Б. Мигдал, С. П. Капица и другие уважаемые лица. Когда все эксперты устали восхищаться благородным белым кьянти, Бруно начал убеждать их, что все-таки грузинское вино – не хуже. Апогей наступил, когда один из знатоков держа в руке бокал грузинского вина, все-таки согласился – да, не хуже, но посмотрите, какой у кьянти замечательный цвет! Первым, кто догадался, что это розыгрыш – был А. Б. Мигдал [66].

С. С. Герштейн рассказывал [44], что как-то Бруно позвал его на семинар в ФИАН, где были иностранцы. Герштейн отказывался ехать, потому что у него не было приглашения на семинар и он предвидел проблемы с пропуском. Бруно убедил его поехать: давайте я буду иностранцем, а Вы будете моим переводчиком. Герштейн спросил: «На каком языке мы будем разговаривать? У меня английский плохой».

- Тогда давайте на итальянском!

И вот так, бормоча «Нуово Чименто, Муссолини, Бадolini» - они прошли на семинар в ФИАН. С трудом верится!

Анекдотический случай рассказывает Дж. Фидекаро [29]: Бруно опаздывал на какое-то совещание, но на проходной Института обнаружил, что забыл пропуск. Тогда он попросил пропуск у какой-то женщины и немедленно показал его охраннику. Лицо охранника вытянулось, но Бруно он пропустил. Каким образом это стало известно Джузеппе Фидекаро - непонятно, но это есть отражение мифов, которые витали вокруг Бруно. В реальной жизни, мне говорили, что охрана Института имела негласное указание пропускать Бруно в любом виде - с пропуском или без него.

Многие путешествующие с Бруно на машине вспоминали его любимый розыгрыш: во время поездки он вдруг переставал держать руль, начинал сильно жестикулировать, размахивать руками. Попутчик замирал, а Бруно меж тем все держал под контролем, управляя коленями рулем машины.

Ренато Риччи, в то время президент Итальянского физического общества, рассказывал [144], как Бруно пригласил его домой, где Джиль пригготовил гостям спагетти. Я не удержался и спросил, где же в те времена можно было достать спагетти в Советском Союзе? На что Джиль четко ответил: использовалась яичная вермишель высшего качества.

Но что спагетти! В те времена с обычным красным сухим вином были проблемы. Джиль признался, что он просто смешал спирт с клюквенным соком и получил напиток красного цвета, который понравился всем итальянцам.

Забавный случай описывает Б. М. Барбашов [147]: как-то раз Бруно судил футбольный матч между командами лабораторий ОИЯИ. Игра выдалась упорной, никто никак не мог открыть счет. Тогда Бруно неожиданно назначил пенальти в сторону одной команды, а через некоторое время - в сторону другой команды. Когда его спросили, в чем дело, он объяснил, что хотел таким нетривиальным способом оживить игру.

Однако не только Бруно разыгрывал друзей, но и советская действительность шутила над Бруно. Замечательный анекдот рассказывал Г. В. Мицельмахер: в дубненский магазин завезли прекрасные меховые шапки и продавали их, как тогда было принято для многих дефицитных товаров, по спискам. Бруно увидел за прилавком симпатичные шапки - его совсем износилась - и спросил продавщицу:

- Нельзя ли купить эту шапку?

Продавщица отвечает:

- Это только по спискам, для больших ученых, академиков.

- О, это как раз для меня!

- Как фамилия?

- Понтекорво.

Тетка вытащила список, в котором значились фамилии всех дубненских хозяйственников и партийных функционеров, просмотрела его и говорит:

- Вас, гражданин, в этом списке нет. Значит, вы не большой ученый! Отойдите, не создавайте очередь!

## 47. Академическая жизнь

Важной стороной жизни Бруно было участие в работе Академии наук СССР. А важной стороной академической жизни были выборы новых членов. Новых академиков избирали сначала на заседаниях соответствующих отделений, а затем утверждали на общем собрании Академии. Причем отделение должно было голосовать не более трех раз, чтобы определить наиболее достойных кандидатов на выделенные вакансии. Если высокое собрание не могло определиться с трех раз, вакансии передавались другому отделению.

В Отделении ядерной физики, членом которого Бруно был с самого основания, типичный конкурс был 1:100 – поэтому выборы становились серьезным испытанием организационных способностей как конкурсантов, так и академиков. Для избрания необходимо получить 2/3 голосов состава Отделения, поэтому на практике процедуру официального голосования всегда предваряли неофициальные обсуждения кандидатов, так называемые «игры». В процессе обсуждения академики договаривались, как они будут голосовать, и только затем шли к урнам. Однако, случалось, что результаты тайного голосования совсем не совпадали с результатами открытого обсуждения. Бруно сильно возмущался таким поведением почтенных ученых, полностью недостойных их званиям и титулам. Один раз он потребовал вообще проводить официальное голосование открыто. Всерьез стал обсуждать вопрос о своем переходе из Отделения ядерной физики в Отделение общей физики.

К счастью, все трения удалось уладить, но отголоски этой борьбы остались в архиве Бруно. В его речи на заседании ОЯФ АН интересны не столько технические проблемы академических выборов, сколько моральные принципы Бруно [148]:

«Отделение ядерной физики, в котором я состою с момента его основания, всегда отличалось своей доброжелательностью. Несмотря на то, что в него входят ученые различных школ, оно отличалось значительной способностью находить разумные компромиссы. Это особенно проявлялось во время выборов. Мы гордились этим и даже смеялись над другими отделениями, которые на выборах теряли места. К сожалению, на последних выборах эта атмосфера доброжелательности и щедрости исчезла, и мы позорно потеряли места... Естественно, что в нашем Отделении существуют различные мнения, например, относительно удельного веса административной работы кандидата на выборы. Я, например, думаю, что хороший директор института или лаборатории – это плюс, который следует учесть при прочих условиях... Но есть и другие мнения. Вообще, нам нужна терпимость по отношению ко всем различным мнениям членов Отделения.

Понятно, что любой член Отделения может голосовать против любого данного кандидата, скажем, Иванова. Но при большом обилии достойных кандидатов неприлично голосовать против всех кандидатур, кроме Иванова... Итак, я призываю к миру и прочту вам стихотворение Бориса Заходера:

Люди! Вы отныне – братья! Эра братства – наступила: Или братские объятья, Или – братская могила».

Очень характерны для Бруно слова, о которых вспоминает С. С. Герштейн [137]. Бруно говорил: «Я очень хочу, чтобы X был избран в академию, он мой первый кандидат, но я никогда не буду голосовать против Y, поскольку Y – превосходный и оригинальный физик».

«Объективность, – отмечает С. С. Герштейн [44], – одна из главных черт в характере Бруно. И она сильно мешала ему в академической жизни, где подковерная борьба научных группировок велась отнюдь не по правилам рыцарских турниров. Бруно был один, сам по себе, не примыкавший к какой-либо “школе”. Причем, и свою “мафию” он тоже не создал».

Очень интересно письмо Понтекорво академику-секретарю Отделения ядерной физики АН СССР М. А. Маркову по такому, казалось бы, рутинному поводу как вопрос о деятельности Комитета по делам изобретений и открытий [149]. В СССР было такое учреждение, которое регистрировало, в частности, научные открытия. Человек получал красивую бумагу, номер открытия и денежную премию. Никаких юридических прав это действие не имело, и смысл этого акта сейчас трудно понять. Нигде в мире факт совершения научного открытия не регистрируется каким-либо комитетом. Это прерогатива самого научного сообщества – решать, кем и что было открыто. Другое дело патенты и изобретения, где есть четкое юридическое законодательство. Так вот, интересно, как Бруно относился к этому советскому обычаю:

«Вопрос о том, следует ли отмечать первоклассные научные работы дипломами открытий (и денежными премиями) – это спорный вопрос. На этот вопрос 15 лет тому назад я, например, ответил бы отрицательно. Однако это обсуждение – пройденный этап. Комитет по делам изобретений и открытий – уже существующее учреждение, которое, в частности, живет тем, что распределяет дипломы открытий, награждая при этом авторов. Этот способ, может быть, неудачен по форме, но он теперь фактически дополняет существующие формы награждения ученых, такие как Ленинские и Государственные премии, премии АН СССР и т. д. Тот факт, что нам не нравится эта форма, ничего не изменит. Если мы “саботируем” данный Комитет, это означает просто, что все будет сделано помимо нас. Дипломы “открытий” будут выдаваться, но вне рамок АН СССР. В настоящее время не следует нам обсуждать вопрос, что является открытием и что не является открытием. Суммируя – если существует учреждение, которое желает оказывать почести и выдавать деньги ученым, не следует самим ученым отказываться» [149].

Далее Бруно предлагает, как надо регулировать этот процесс в рамках деятельности Академии. Примечательна трезвость и прагматичность подхода. Никаких иллюзий по поводу очередной акции, никаких экивоков по поводу «успехов советской науки» – отражена только суть вопроса.

Надо сказать, что вообще деловая переписка Бруно поражает почти полным отсутствием официальной коммунистической фразеологии того времени. Нет каких-то стандартных оборотов, устойчивых

словосочетаний. Удивляет именно простота и обыденность его языка в официальных письмах и выступлениях.

С. С. Герштейн вспоминает [44], как он присутствовал вместе с Бруно на заседании Ученого совета ОИЯИ, где шли доклады в совершенно бравурном стиле «впервые в мире, успех за успехом». Герштейн пожаловался Бруно: «Ну как так можно выступать!». На что Бруно ответил: «Не обращайтесь внимания, сейчас все так докладываются. Даже Франк. Просто у него голос тихий». Чтобы понять иронию Бруно – Илья Михайлович Франк, Нобелевский лауреат и директор Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ был интеллигентнейшим человеком.

#### 48. Что дает изучение нейтрино колхознику из Рязани?

По моему мнению, человек не имеет права не изучать структуру вещества

*Б.Понтекорво, Лекция «Наука и человечество» в ДК им. И. В. Курчатова.*

По легенде именно такой вопрос задал Бруно один партийный начальник после экскурсии по ОИЯИ. Существует также много версий ответа Понтекорво. В шуточной версии он сказал: «Некоторым изучение нейтрино позволяет очень хорошо жить. Например, мне». В серьезных ответах Бруно всегда подчеркивал две вещи:

- фундаментальные исследования – это не прихоть редких чудаков, а *обязанность* человечества,
- фундаментальные исследования неизбежно дают практические применения.

Мысль о том, что человечество *обязано* проводить фундаментальные исследования, что это не забава для кучки гиков, а долг человека – не совсем тривиальна. Вполне законен вопрос – зачем изучать свойства нейтрино, искать сверхтяжелые элементы или бозон Хиггса? Ведь все это требует многолетних усилий большого количества людей, значительных материальных затрат.

Бруно отвечал на этот вопрос словами Одиссея из «Божественной комедии» Данте. Там есть эпизод, когда корабль Одиссея выходит в открытый океан и перед ним открываются пугающие своей неизвестностью просторы. И Одиссей убеждает своих спутников, которые боятся неизвестности, двигаться вперед:

Considerate la vostra semenza  
Fatti non foste a viver come bruti  
Ma per seguir virtute e conoscenza

Как я узнал у своих итальянских друзей – эти слова знает каждый образованный итальянец, они для них – как для нас строки Пушкина. Недаром эта сцена изображена на логотипе SISSA – Международной школы передовых исследований в Триесте ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/52](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/52)).

Бруно приводит эти слова в переводе В. Лозинского ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/37](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/37)). Но мне кажется более точным перевод Д. Мина:

Припомните, как знаменит наш род!  
По-скотски ль жить мы рождены?  
Нет, знания и доблести – вот цель земных забот!

То есть человек хочет не только есть и пить. Как животное. Человек хочет познавать окружающее. Люди всегда смотрели на звезды и задумывались над их сущностью. Это базовое состояние человечества. «Знания и доблести – вот цель земных забот!» Поэтому общество обязано заниматься познанием окружающего. Это его долг!

Слова Данте так привлекали Бруно, поскольку образ Одиссея перед океаном неизвестности очень хорошо подходит для описания процесса фундаментальных исследований. Как и Одиссей, ученый, занимающийся фундаментальными исследованиями, принципиально не знает, что его ждет впереди. Подобно Колумбу, у него есть некоторые гипотезы, но куда он приплывет, что же покажет эксперимент – этого он не знает.

Однако, история показывает, что несмотря на принципиальную непрогнозируемость результатов фундаментальных исследований, они обязательно приносят пользу человечеству. Тому есть масса примеров. Мне очень нравится пример, связанный с теорией относительности. В начале прошлого века это была игра чистого разума, никто не мог подумать, что колхознику из Рязани понадобится специальная теория относительности. Но сейчас, оказывается, релятивистские поправки обязательно учитываются при расчете движения спутников GPS. В противном случае навигатор рязанского фермера может совершить ошибку в положении грибного места или уловистой лунки величиной в 30 метров!

Другой классический пример пользы фундаментальных исследований, который всегда приводил Бруно, – это открытие замедления нейтронов. Никто из группы Ферми не ожидал, что настольные опыты с радиоактивными источниками и парафиновыми клиньями позволят создать новую индустрию – атомную промышленность. Кто мог ожидать, что манипуляции пары физиков в бассейне на виа Панисперна помогут создать атомную бомбу? Но не только бомбу. Замедление нейтронов – ключевое явление для приборов, с помощью которых ищут нефть. Нейтронный каротаж тоже вышел из бассейна на виа Панисперна.

А искусственная радиоактивность, обнаруженная супругами Кюри? В 30-е годы кто мог предположить, что этот эффект будет использоваться для лечения рака? Даже космические мюоны, которые Бруно исследовал в Харуэлле, и тогодились для просвечивания египетских пирамид на предмет обнаружения в них скрытых пространств. Таких примеров применений фундаментальных исследований в практике – сотни и тысячи.

Наш президент недавно задал вопрос: «Можно ли вооружить нейтрино?». Вооружить – вряд ли, а вот использовать для контроля за гонкой вооружений – это вполне реально. Идея состоит в том, чтобы удаленно контролировать состояние ядерного реактора с помощью сравнительно небольшого нейтринного детектора массой порядка 10–20 тонн. Технология создания таких детекторов, которые к тому же не требуют экранировки под землей, была разработана для экспериментов по поиску стерильных нейтрино [150]. Оказалось, что ее можно применять и для контроля за состоянием реактора. Во-первых, можно удаленно, не проводя

непосредственной инспекции реактора, проверить, работает он или нет. Во-вторых, при использовании ядерного реактора для наработки плутония в военных целях необходимо время от времени выбирать плутоний из реактора. Это приводит к изменению энергетического спектра нейтрино от реактора, что может зарегистрировать нейтринный детектор.

Бруно также подчеркивал и другой аспект: «Вопрос прикладных исследований – важнейший, но если пренебречь исследованиями в области фундаментальной науки, то теряется интеллектуальный климат, что приводит, в свою очередь, также и к падению уровня прикладных исследований» [151].

Интересные мысли высказал Понтекорво во время обсуждения роли науки в современном обществе, которое было организовано журналом «Вопросы философии» [152]. Он процитировал лекцию Майкла Фарадея с замечательным названием: «Наблюдения об умственном воспитании», прочитанную перед Его Королевским Высочеством принцем-консортом и членами Королевского Института 6 мая 1854 г.:

«В настоящее время вы слышите, что некоторые люди, положив свои ладони на стол и затем приподняв руки, могут поднимать столы и нести их куда угодно; что кусок мебели, довольно тяжелый, может подниматься и что их руки не поддерживают груз. Находятся люди, которые верят в это и говорят о том, что это выдающийся факт, великое открытие среди истин природы. Ваш сосед, добропорядочный, добросовестный человек верит в это; и утверждение находит сторонников во всех слоях общества, в том числе среди классов, которые считаются образованными. А из этого следует, однако, что общество, вообще говоря, является невежественным не только по отношению к вопросу умственного воспитания, но является также невежественным в отношении своего невежества...»

Изобретения Фарадея полностью преобразили наш мир. Однако «невежество в отношении своего невежества», к сожалению, по-прежнему остается актуальным и в сегодняшнем обществе. Гомеопатия, хилеры, позорное зачитывание астрологических гороскопов по федеральным телевизионным каналам – к сожалению, можно привести массу таких примеров в нашей жизни. Меня лично поразил случай с «микрелептонами».

Мы как-то направили в Роспатент заявку на изобретение. Получаем ответ – в целом все хорошо, но оформлено не совсем по правилам, посылаем вам в качестве образца патент на использование микрелептонов. Я, профессиональный физик, всю жизнь занимающийся физикой элементарных частиц, первый раз услышал, что такие частицы существуют. Читаю в тексте образцового патента:

«В настоящее время определены сверхлегкие субатомные частицы, которые входят в состав материи, вещества. Для удобства их обозначили, по аналогии с лептонами, микрелептонами. Экспериментально определена масса покоя микрелептона величиной порядка  $10^{-9}$  эВ, которая меньше массы покоя электрона на 10 порядков.

Сравнительно малыми массами и слабыми зарядами микрелептонов прежде всего и определяется их колоссальная проникающая способность в природных средах. Иначе говоря, микрелептоны месторождения или залежи практически не экранируются твердыми породами Земли и водами прибрежного шельфа и, свободно распространяясь в космическом пространстве, будут отображаться на соответствующем кадре фото пленки космического фотоаппарата во время экспозиции того или иного региона, где расположена залежь».

В этом тексте – все сплошная ложь! Никаких микрелептонов, вылетающих из нефтяных месторождений, ни в каких экспериментах, проводимых в мире, не найдено. Как при «колоссальной проникающей способности» частица будет регистрироваться «фото пленкой космического фотоаппарата» – вообще непонятно. Но самое удивительное, что такой бред официально зарегистрирован в Российской Федерации и имеет патент на изобретение.

## 49. Популяризация науки

Бруно активно занимался популяризацией науки. Например, в 1972 г. он прочел 17 лекций пограничникам по линии общества «Знание», о чем с гордостью пишет в отчете о проделанной общественной работе для парткома ОИЯИ [153]. Это было знаменитое путешествие Бруно на Курильские острова.

На юбилейном заседании секции ядерной физики РАН по случаю 100-летия со дня рождения Бруно в Дубне показывали любительский фильм о том, как в 1966 г. Понтекорво в компании других физиков ездил от общества «Знание» читать лекции пограничникам Камчатки. Камчатка была закрытой территорией, приехать туда можно только по предъявлению разрешения, на котором большими буквами было написано «Комитет Государственной Безопасности», а далее мелкими буквами вписывались фамилии путешественников. По прилете в Петропавловск в самолет заходил пограничный наряд и проверял документы. Если что-то было не так, потенциального диверсанта сразу везли в кутузку. Дело осложнялось тем, что Бруно прилетал на Камчатку позже всей группы, а разрешение было одно на всех. Жестокие друзья решили разыграть Бруно, и когда в самолете пограничники обнаружили отсутствие разрешения, то взяли его под стражу, посадили в машину и отвезли... но не в застенки, а в гостиницу, где остановились его жестокосердные товарищи. Они потом спрашивали, было ли ему страшно.

- Нет, - отвечал Бруно. - Мне было страшно только один раз, в Крыму, когда меня сразу после выхода на берег поймали пограничники.

Это хорошо известный случай, когда, действительно, Бруно был застигнут на берегу после подводной рыбалки. Плохо говорящий по-русски человек в экзотическом костюме для подводного плавания - просто типичный диверсант из советского шпионского фильма. Пограничники шли и обсуждали, какую награду они получают от начальства - внеочередной отпуск или представление к награде. Один из них нес ружье для подводной охоты, и Бруно боялся, что он по неосторожности может выпустить гарпун.

На Камчатке ученые, исполнив обязательную программу лекций, попросили разрешения сходить в Долину гейзеров. От ближайшего населенного пункта до Долины гейзеров было 90 км. Никаких дорог, машин, автобусов туда не было, и отважный отряд трое суток пробирался по таежным тропам. Любительский фильм об этом походе очень впечатляет - особенно кадры, где Бруно добывает рыбу самодельной острогой, сделанной из палки и прикрученной к ней столовой вилки.

Другой поездкой Бруно по линии общества «Знание» было посещение в 1972 г. Курильских островов. Это была еще более закрытая экзотическая территория. Об этом также был снят любительский фильм. Поездка пришлось на август, и день рождения Бруно отметил на острове. Камера показывает жуткую развалюху, перед которой сидит праздничная группа за столом из голых досок с алюминиевыми мисками и кружками. Именно на этой рыбалке была снята знаменитая фотография, на которой Бруно изображен с трофейной рыбой ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/39](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/39)). Она долго украшала кабинет Бруно.

Секретарь Бруно, Ирина Григорьевна Покровская, утверждала, что это постановочный кадр: рыбу поймал другой человек, а Бруно упросил его дать сфотографироваться (я, как рыбак, этому не верю).

Большая просветительская работа Бруно среди пограничников была отмечена получением звания «Почетный пограничник СССР». Бруно этим гордился, тем более, что соответствующий документ имел вес и у инспекторов ГАИ [154].

## 50. Не теряйте золотого времени!

Бруно не только читал лекции, но и написал несколько статей для научно-популярных изданий. Редактор сборника «Наука и человечество» выражался прямо: «Вы пишете куда лучше, чем большинство наших популяризаторов, всю жизнь писавших лишь на русском языке».

Статья Понтекорво «Не теряйте золотого времени!» появилась в № 8 журнала «Юность» в 1964 году и сразу же привлекла внимание читателей [155]. Редакцию завалили грудой писем, статью перепечатала главная газета СССР «Правда», журналы в Чехословакии, Венгрии и Польше. Главный редактор «Юности» – известный советский журналист Борис Полевой – писал Бруно ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo/4](https://t.me/bruno_pontecorvo/4)):

«С превеликим удовольствием сообщая Вам, что журналист из Вас получается отменный. Напишите еще статью, ей-богу. О чем хотите. О чем считаете полезным побеседовать по душам с молодежью. Читатель у нас лучший в мире. Есть, конечно, журналы лучше «Юности», но читателей лучше у нас нет. Учтите это. Поэтому с удовольствием предоставим Вам слово в любом из ближайших номеров».

Письмо Б. Полевой адресовал: «товарищу Бруно Понтекорво – академику, лауреату, знаменитому физику, менее знаменитому пловцу и лыжнику и начинающему журналисту».

О чем же написана эта знаменитая статья? Вообще говоря, если взять чисто информационную сторону, то ничего особенного в этом тексте нет: Бруно описывает молодость Ферми, его взаимоотношения с инженером Амидеем, который советовал юноше, какие книги по физике и математике надо читать. Когда мы готовили «Избранные труды Б. М. Понтекорво» («ИТ») [1], то несмотря на то, что очень хотелось, не стали включать ее в сборник, поскольку все, что написано в этой статье, Бруно уже рассказал и в своей книге о Ферми, и в других воспоминаниях, включенных в «ИТ». Однако на многих советских юношей и девушек, читателей очень популярной в те годы «Юности», эта статья произвела неизгладимое впечатление.

Я сужу по себе – мне было двенадцать лет, когда я прочел эту статью. Даже сейчас отчетливо помню, что меня поразило – странная фамилия автора, рассказ о каких-то несоветских людях – Ферми, Амидей... Она очень отличалась от стандартных очерков о проблемах советских комсомольцев. Чего стоил только зачин: корреспондент «Юности» приехал в Дубну, чтобы убедить Бруно написать статью на тему «как не потерять золотого времени». Бруно наотрез отказался:

«Я сказал ему, что никак не сумею написать для литературно-художественного журнала статью вообще и на указанную тему в частности, хотя определенные мысли о том, как блестяще можно потерять время, у меня имеются... Вечером я спокойно пошел обедать в нашу роскошную гостиницу “Дубна”. Там в компании моих друзей-физиков сидел все тот же корреспондент “Юности”, который, очевидно, уже ознакомил их со своими намерениями... Мы шутили, рассказывали анекдоты. Но постепенно наш разговор стал более серьезным. Я вспомнил случай, происшедший с великим итальянским физиком Энрико Ферми. Когда он был еще мальчиком, ему очень помог добрый пожилой человек – инженер Амидей... И тут один из сидевших в ресторане физиков заметил, что вот об этом и стоило написать в “Юности”. Удивительно, что предложенное название “Не теряйте золотого времени!” вполне подошло к данному случаю [155]».

В молодости я перечитал эту статью несколько раз. В памяти осталось – Дубна, физики, Понтекорво. Конечно, я не мог предполагать тогда, что мне действительно повезет попасть в Дубну и общаться с Бруно, а потом решать, что делать с этим текстом в сборнике его Избранных трудов.

Точно такое же ощущение магии, как оказалось, возникло и у других моих сверстников. Призыв не терять золотого времени и без долгой раскочки всецело посвятить себя одному большому делу – очень важен для молодого человека. Помогает то, что в статье Бруно нет никаких общих рассуждений и советов, которые не выносит молодежь, а пример Ферми все полностью иллюстрирует.

Письма в архиве Бруно полны удивительно теплых слов. Школьница Света Попова из Воронежа:

«Брат рассказывал о каком-то итальянце-ученом, который после войны бежал в Советский Союз. Вы не представляете мое ощущение. Его даже трудно передать. Было в этом что-то таинственное, загадочное, интересное. Душу тревожило какое-то странное чувство. И оно повторялось всегда, когда я встречала Ваше имя».

Школьник Владимир Пистоль из Бендер:

«Я прочел Вашу статью в “Юности”, и она мне очень понравилась и произвела большое впечатление... Очень прошу Вас выслать мне список книг для полного и глубокого изучения физики и математики».

Студенты техникума электронных приборов, Смоленск:

«Очень просим Вас, напишите о себе или пришлите свою автобиографию, а также несколько фотографий».

Бруно отвечал просто: «Спасибо за Ваше письмо. Посылаю Вам фотографию. Писать о себе, как Вы понимаете, мне неудобно».

Джилло Понтекорво отмечал необычайную скромность Бруно [156]. Он приводит несколько эпизодов, один из которых случился с его женой во время визита в Москву. Они с Бруно поехали осматривать достопримечательности на машине Академии наук с водителем. Застрали в каком-то магазине, и Бруно стал их

торопить: «Надо возвращаться, водитель нас ждет, а я даже газету ему не оставил!».

Наглядное проявление интереса Бруно к судьбам других людей – истории его переписки с заключенными. В его архиве есть несколько писем от людей, сидевших в то время в различных местах заключения.

Заключенный А. Куницкий: «Я бредил Вами, Вашей “Нейтрино и Вселенной”, искал всюду Ваши выступления и буквально каждое слово, сказанное Вами, впитывал в себя». Бруно хлопотал за этого человека, писал письма в «Комсомольскую правду», слал ему книги по математике.

Заключенный В.Еремеев:

«Прочитал Вашу статью “Не теряйте драгоценного времени!”, которую выучил наизусть. У меня нет ни знакомого Амидея, ни подобных ему людей... Я буду очень признателен Вам, если Вы вышлете мне программу для разумного изучения математики, вышлете бандеролью нужные книги и учебники по математике, логарифмическую линейку, циркуль, лекало и транспортер. Если можно, то вышлите, пожалуйста, итало-русский и русско-итальянский словари и грамматику итальянского языка».

Бруно отвечал:

«Направляю Вам книгу для изучения высшей математики, которая написана простым языком и очень разумно. Если Вы знакомы с элементарной математикой в объеме среднего образования, Вы вполне сможете изучить эту книгу при наличии силы воли. Направляю Вам также циркуль, транспортер, лекало, немного бумаги. Что касается словарей, то мне затруднительно в Дубне приобрести их».

Да, интересная картина – академик, высылающий заключенным циркуль, транспортер и книжки по высшей математике. И, конечно, характерная деталь советской жизни – сейчас трудно представить себе масштаб книжного голода в СССР, когда даже академик не мог не то что купить, «достать» русско-итальянский словарь.

## 51. Коммунист

Бруно был убежденным коммунистом. Он вступил в подпольную Компартию Италии еще в 1936 г. и до определенного времени искренне верил в коммунистические идеи. По свидетельству Дж. Сальвини [157]:

«Он убежденно верил в коммунизм как вдохновляющую и правящую в мире силу, как человек, верящий в религиозное “кредо”. Я употребляю это выражение, так как он сам мне говорил, что верил в “слово”, идущее от Сталина, Молотова и других. Об этом он мне рассказывал в 1990 г. во время своего пребывания в Риме».

Бруно говорил Мириам Мафай [6], что знал о сталинских процессах и осуждал смертные приговоры, знал о существовании сталинских лагерей и осуждал рабский труд. Но, как и многие коммунисты по всему миру, он считал происходящее следствием непрекращающейся классовой борьбы. Он думал, что как террор якобинцев спас французскую революцию, так и террор Сталина позволил предотвратить триумф фашизма. Позднее он начал в этом сомневаться, но и в сомнениях говорил себе – ты не понимаешь, ты буржуа, ты интеллигент.

Бруно одобрял пакт Молотова – Риббентропа и называл его гениальным шагом. С. С. Герштейн с ним спорил [44]. Но Бруно отвечал Герштейну: «Вы ничего не понимаете, а я жил за границей в то время и видел, как все буржуазные газеты писали, что надо сравнить Сталина с Гитлером, пусть они друг с другом дерутся».

Мафай пишет, как стыдно было потом Бруно за его споры с братом Гвидо о Вавилове и Лысенко. Гвидо в свое время номинировал Н. И. Вавилова для вступления в английское Королевское общество и очень переживал, когда в конце сороковых годов в СССР началась эпопея борьбы с «буржуазной генетикой». Бруно же выступал как истинный коммунист и атаковал брата сомнениями: «А откуда известно, что Вавилов мертв, – это буржуазная пресса утверждает. Может, опыты Лысенко – новое слово в науке?» Гвидо в ответ страшно ругался и называл Лысенко мошенником. У него вообще были серьезные сомнения в идеализме кремлевских руководителей.

Представление о настроениях Бруно того времени можно получить по уже упоминавшейся книге его кузена Эмилио Серени [35], которого приводил в восхищение масштаб дискуссии в Советском Союзе по проблемам генетики. Серени пишет, что на Западе проблемы генетики интересуют только узкий круг специалистов, а в Советском Союзе их обсуждают широкие народные массы, огромным тиражом издаются труды совещаний по генетике. Конечный результат привлечения масс для решения этой научной проблемы мы знаем: «генетика – продажная девка империализма».

Правда, непосредственная встреча с бытом советских партийцев оказалась для Понтекорво непростой. Мириам Мафай фиксирует удивление Бруно характером партсобраний в СССР, которые напоминали ему средневековые действия – только вместо священника выступал секретарь парторганизации. Обсуждения персональных дел действительно вызвали такие ассоциации. Я хорошо помню свое первое партсобрание. У меня родилось ощущение, что присутствую на представлении какой-то оперы – настолько хорошо все было срежессировано и происходило в строгом порядке по четкому сценарию.

Есть много свидетельств, что в Советском Союзе Бруно долгое время вел себя как ортодоксальный коммунист. Б. Л. Иоффе вспоминает [74], как в 1956 г. они оказались вместе с Бруно на конференции по физике частиц в Ереване. Бруно только что вернулся из поездки в Китай ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/40](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/40)) и с большим энтузиазмом рассказывал о том, как здорово идет жизнь в коммунах, как люди с большим подъемом строят коммунизм. Борис Лазаревич попробовал остудить его пыл: «Бруно Максимович, если вы смотрите на страну со стороны или в течение короткого визита, вы можете сделать ужасно неправильные выводы о ней». Бруно, как пишет Иоффе, сильно обиделся и потом никогда не поддерживал с ним дружеских отношений.

Юрий Орлов пишет в своих воспоминаниях [158], как после своего изгнания из ИТЭФ в 1956 г. он случайно встретил Понтекорво. Бруно приветствовал Орлова и спросил, в чем была сущность его выступления на знаменитом партсобрании. «Мы хотели объединить социализм и демократию», – сказал Орлов. «Но ведь при социализме буржуазные свободы невозможны», – возразил Бруно.

А история с членом-корреспондентом АН СССР С. М. Поликановым? Известный ученый, работы которого высоко ценились всеми специалистами, должен был ехать в годичную командировку в ЦЕРН вместе с женой. Дело было в 1976 г., когда такое предложение считалось верхом счастья. Потом где-то передумали и Поликанову сказали, что жена не поедет. Обычная история, но Сергей Михайлович заупрямился и заявил, что без жены вообще никуда не поедет. Сейчас эта история кажется наивной, а тогда вся жизнь человека рухнула из-за этого простого желания. Поликанов стал писать письма Брежневу, потом примкнул к диссидентам, потом его лишили всех наград и степеней. Наконец, начали процесс исключения из партии. Это была многоступенчатая процедура, когда отступнику давали время одуматься. Вот тогда, вспоминает Поликанов [159], партком поручил его уговаривать именно Бруно Максимовичу. И тот очень искренне пытался переубедить Поликанова.

Однако надо отметить, что в отношениях с партначальниками Бруно был так же своеобразен, как и в остальной жизни. В его бумагах сохранилась переписка с парткомом ОИЯИ. Сейчас, по прошествии долгого времени, эти документы вызывают только теплое чувство: «Была же система!».

Действительно, регулярно проводились партконференции – общие собрания коммунистов ОИЯИ. Все замечания/выступления на собраниях фиксировались. Затем партком утверждал план мероприятий по критическим замечаниям коммунистов. Так, на 6-й отчетно-выборной конференции ОИЯИ в 1966 г. коммунисты Л. И. Лапидус, В. В. Волков и Б. М. Понтекорво выступили с замечанием:

«В дирекции ОИЯИ при решении вопросов отсутствует коллегиальность, а директорское совещание работает

слабее, чем раньше. При дирекции ОИЯИ надо создать президиум во главе с директором ОИЯИ, который бы руководил деятельностью этого международного центра».

Партком решил:

«Поручить т. т. Блохинцеву Д. И., Желепову В. П., Понтекорво Б. М., Чувило И. В. – членам Ученого совета ОИЯИ и секретарю парткома т. Соловьеву В. Г. добиться внесения в Устав ОИЯИ пункта о директорском совещании. Ответственные за исполнение – Понтекорво Б. М., Соловьев В. Г., срок исполнения – 1 квартал 1967».

Решение принято 22 декабря 1966 г., а уже 5 января 1967 года (!) коммунист Понтекорво получает выписку из решения с просьбой представить справку о выполнении. 10 января он честно рапортует [160]:

«В ответ на Вашу просьбу представить парткому справку о выполнении поручения парткома добиться внесения в Устав ОИЯИ пункта о директорском совещании сообщаю, что этого не добились».

Но «добились – не добились», это и не суть важно! Главное – система. Критические замечания коммунистов собраны? Собраны. Оформлены в план мероприятий? Оформлены. План – утвержден? Да! Выписки – направлены? Конечно. И, главное, отчеты по каждому пункту плана мероприятий – собраны. Что же там получилось в итоге – дело десятое. Просто квинтэссенция работы любой бюрократии!

К этой стороне коммунистического движения Бруно относился со свойственным ему юмором и изяществом. Существовало так называемое движение за социалистический... или коммунистический труд. (Уже стал забывать, а ведь сколько бумаг в свое время заполнил!) Одним из проявлений этого движения было то, что каждого заставляли писать «социалистические обязательства». В них должно быть написано, что человек обязуется совершить за отчетный период в работе, учебе и личной жизни. Была специальная графа – личные обязательства.

Легенда говорит, что Бруно один раз написал в этом разделе: «Обязуюсь бороться с прогрессирующей потерей памяти».

Регулярные политинформации тоже были характерной приметой времени. В архиве Бруно есть конспект выступления на тему «Государственный переворот в Индонезии», где, по всей видимости, на политинформации Бруно рассказывал о резне коммунистов в 1965 г. в Индонезии. Интересно, что 15 страниц выступления написаны от руки хорошим русским языком.

В нашем секторе политинформации проводил сын Бруно – Джиль. Он постоянно читал газету английских коммунистов Morning Star и знакомил нас с отдельными текстами. Надо отметить, что Джиль всегда очень взвешенно относился к происходящим событиям. Его комментарии были далеки от ортодоксальных коммунистических. Например, он осуждал вторжение в Чехословакию в 1968 г.

Мафаи пишет, что 22 августа 1968 г. Бруно исполнилось 55 лет – небольшой юбилей. Он пригласил Луиджи Лонго и корреспондента Unita Адриано Гуерро с женой. Но празднование не получилось, поскольку за два дня до этого советские танки вошли в Прагу. Лонго не приехал, обсуждение ситуации с Гуеррой кончилось на повышенных тонах. Бруно был очень расстроен, огорчен и выглядел замкнутым.

Интересную деталь вспомнил замечательный главный фотограф ОИЯИ Ю. А. Туманов во время моего интервью с С. С. Герштейном [44]. Юрий Александрович осуществлял съемку, но, как человек живой и непосредственный, иногда начинал не просто снимать, но и задавать вопросы интервьюируемому. В частности, когда Герштейн не смог вспомнить, как Бруно относился к событиям 1968 года, Ю. А. Туманов добавил, что он был вместе с Бруно, когда они уговаривали чешских физиков, работавших в ОИЯИ, не выходить на улицу. Дело в том, что чешское землячество в ОИЯИ было возмущено происходящим и готовилось выйти на митинг с лозунгами, осуждающими вторжение. Но Бруно и другие уважаемые люди уговорили их не делать этого.

## 52. Теннис и подводная рыбалка

Как мы уже знаем, с юношеского возраста Бруно был большим теннисистом. Когда мы снимали фильм про Бруно [2], наши друзья из Пизы познакомили нас с человеком, который когда-то был партнером Бруно по теннису – неким Альберто Франко. Во время съемок ему было 92 года. К сожалению, его интервью не вошло в фильм. Но воспоминания у него были интересные.

По его словам, именно у его родителей Массимо Понтекорво купил в 1919 г. маленькое предприятие, которое затем превратилось в большую фабрику, где работало до 3500 рабочих. Синьор Альберто вспоминал, что тогда в Пизе был один корт. Играли в длинных штанах, деревянными ракетками со струнами из куриных жил. Или ездили играть в Ливорно, где было пять кортов. По его воспоминаниям, Бруно никогда не спорил с судьями или с партнерами. Играл не очень сильно, главным в его игре была техника исполнения ударов, а не сила или нетривиальные ходы на корте. К сетке тогда не принято было ходить, играли на задней линии. Бруно говорил, что он самый слабый чемпион Италии. Он научил играть Джилло. Тот вспоминает, что удар слева у Бруно был поставлен очень хорошо. Бруно дразнил брата, как самого высокого карлика – чемпиона Италии.

Бруно играл в теннис в каждом месте своего проживания: в Париже, в Чок-Ривер, в Абингдоне и в Дубне. В Чок-Ривер турнир на кубок местного теннисного и яхт-клуба проводят с 1948 г. Бруно был первым победителем этого турнира.

В Дубне первый корт был построен уже в 1951 г., поэтому у Бруно были все возможности для удовлетворения своих спортивных потребностей. По свидетельствам очевидцев, играл он на уровне первого разряда по советской классификации. Любовь к теннису привил и всем своим детям. Старший, Джиль, с гордостью вспоминает, как играл за сборную Калининской области на соревнованиях, но признает, что уровня отца в теннисе не достиг.

Т. Д. Блохинцева рассказывала, что как-то раз Бруно специально съездил в Таллин, чтобы посмотреть финал Уимблдона. В Таллине принималось финское телевидение и была уникальная возможность на территории СССР посмотреть Уимблдон. На самом деле в Таллине тогда работал замечательный физик Э. Липмаа, который делал важные опыты по определению разности масс трития и гелия-3, что существенно для экспериментов по определению массы нейтрино. Именно для дискуссий с Липмаа Бруно приехал в Таллин, с финалом Уимблдона это совпало чисто случайно [45].

С. С. Герштейн вспоминает [44], как однажды спросил мнение Бруно о книге Лауры Ферми «Атомы у нас дома».

– О, там много ерунды, – ответил Бруно. – Например, она пишет, что Ферми хорошо играл в теннис...

Подводная рыбалка также оставалась большой страстью Бруно всю жизнь. Вместе с А. Б. Мигдалом и С. П. Капицей они регулярно выезжали в самые интересные места для подводной рыбалки – Крым, Камчатка, Курильские острова. Реки вокруг Дубны также были постоянными целями воскресных поездок Бруно. Он особенно любил выезжать на Плещеево озеро под Переславлем-Залесским.

Надо сказать, что для 60-70-х годов подводная рыбалка была очень редким увлечением. Какое впечатление создавал костюм для подводного плавания на пограничников – описывалось, но есть рассказ о впечатлении, которое произвел этот костюм на маленького ребенка. Дело было в Крыму, отец ребенка тоже занимался подводной рыбалкой, но костюма у него не было. Он вернулся через двадцать минут, вода была холодна. Бруно вылез из моря через два часа, когда все уже начали волноваться. Он подстрелил только одну рыбу, и ребенку было ее ужасно жалко. Ему было три года, но зрелище человека в зловещем костюме для подводного плавания с бедной одинокой рыбкой он запомнил на всю жизнь.

А. А. Тяпкин был большим энтузиастом водных лыж. Он приобщил к этому Бруно. Сохранились уникальные кадры хроники, где Бруно мчится на водных лыжах вместе со своим младшим сыном Антонио [2].

Очень хорошая координация движений позволяла Бруно совершать различные, подчас просто цирковые трюки. Например, он не просто любил ездить на велосипеде, но часто ездил не держась за руль. Говорят, иногда он на велосипеде читал газету. С. С. Герштейн рассказывает о том, что видел, как Бруно ехал, сидя спиной к рулю [44]. Именно так его изобразил в своем шарже Миша Биленький.

В конце жизни, уже страдая от болезни Паркинсона, Бруно предпочитал тем не менее передвигаться на велосипеде – так его тремор был меньше. Он смеялся:

– У охранников глаза делаются квадратные, когда они видят меня на велосипеде. Как же, человек почти покойник, а забрался на велосипед!



**Рис. 52-2.** Из коллекции шаржей М. Биленького, подаренных на 75-летие Бруно (с разрешения М. Биленького).

В холле филиала НИИЯФ МГУ стоял большой дубовый стол. В перерыве между лекциями Бруно развлекал студентов тем, что просил повторить простой трюк: ставил монету на ребро и легкими касательными движениями пальцев гонял ее из стороны в сторону. Задача состояла в том, чтобы держать монету на ребре и постоянно увеличивать расстояние между руками.

Известна замечательная фотография Бруно, жонглирующего палочкой, на которую он опирался при хождении ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/41](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/41)). Говорят, он делал это для того, чтобы уменьшить тремор. Фотография снята в последний год жизни Бруно, когда болезнь Паркинсона трясла его всю. Попробуйте повторить!

### 53. Коктебель

Как пишет Мафай, Бруно первый раз попал в Коктебель вместе с А. Б. Мигдалом в конце 50-х годов [6]. Коктебель в то время был самым модным местом отдыха советской интеллигенции. Мафай называет его «советским Капри». Евгений Евтушенко, Василий Аксенов, Роберт Рождественский, Андрей Вознесенский и многие другие шестидесятники сделали это место культовым. Очень хорошо описал атмосферу этого крымского курорта В. Аксенов в романе «Таинственная страсть».

В Коктебеле Бруно познакомился с Родам Амирэджиби, сестрой известного грузинского писателя Чабуа Амирэджиби. Она была ассистентом режиссера у Михаила Ромма и Григория Александрова. Преподавала во ВГИК. Именно ее архитектор Николай Топуридзе избрал моделью для скульптуры грузинки на знаменитом фонтане «Дружба народов» на ВДНХ.

Встреча с Родам переросла в серьезные отношения, которые длились долгие годы. Ее даже ошибочно считали второй женой Бруно.

Родам ввела Бруно в круг московского бомонда. Каждую неделю Бруно ездил на уикенд в Москву и часто бывал в Доме кино и Доме писателей. С. М. Биленький [45] рассказывал нам, что Бруно обожал фильмы Феллини, Тарковского. Чтобы посмотреть «Зеркало», специально поехал в Москву, где родственники Биленького достали билеты на просмотр. Бруно рекомендовал Биленькому стихи Беллы Ахмадуллиной, с которой он был хорошо знаком. Ценил поэзию Евгения Евтушенко. Из музыкальных вкусов Самоил Михелевич отмечал Моцарта, которого Бруно любил слушать в машине. Джилль вспоминал, что когда в доме появился первый магнитофон, очень часто слушали «Севильского цирюльника» Россини. В семье была веселая легенда, что бабушка Бруно, Пеллегрини Понтекорво, любил говорить, что Моцарт все украл у Россини.

Мафай описывает диплом, выданный ему Майей Плисецкой: «Подтверждаю, что танцевала с Бруно Понтекорво, причем с большим удовольствием». Плисецкая танцевала с Бруно, а Белла Ахмадуллина – отказалась. На одной из вечеринок она, желая поддразнить Бруно, сказала: «Я с коммунистами не танцую» [161]. No comment.

## 54. Бруно и поезд

Потребители должны требовать – это необходимое условие движения по пути к коммунизму!

Этот четкий лозунг отражает внутреннюю жизненную позицию Бруно. Его всегда поражали и удивляли покорность и спокойствие окружающих перед лицом бюрократического произвола властей. История с поездом Дубна – Москва была знаковой для того времени. Помимо обычных грязных электричек, Дубна в советское время имела редкую привилегию – из Москвы в нее можно было приехать на прямом поезде, без всяких остановок в пути. Ходили чистые вагоны, с туалетом, без щелей в окнах, где действительно было очень удобно не просто добраться до Москвы, но и читать, работать, чувствовать себя нормальным человеком.

Однако в 1971 году Министерство путей сообщения отменило эту «льготу». Все дубненские ученые восстали. Бруно написал по этому поводу целый ряд статей в местные и центральные газеты. В них были берущие за душу строчки:

«Я родился до Первой мировой войны и был во многих отсталых странах, включая Сицилию и Сардинию, но такого отношения к людям, как на железной дороге Москва – Дубна, я никогда не видел».

В железнодорожной эпопее Бруно видел то, что мы до сих пор не изжили, – удивительную покорность перед произволом властей. Он пишет в газету об обычной по тем временам истории, когда поезд ушел на 30 минут раньше расписания.

«Опоздавшие внешне очень спокойно реагировали на это несчастье, за что я, старый скандалист, глубоко уважаю их, но я не могу примириться с мнением, что неуважение к рядовому потребителю – явление нормальное, и меня очень беспокоит отсутствие требовательности к виновникам таких безобразий. Иначе мы вечно будем видеть магазины закрытыми в рабочие часы, будем сворачивать автомобиль в неправильном направлении из-за того, что в Дмитрове указатель поворота на Дубну помещен за плакатом, будем покупать туфли со шнурками недостаточной длины, успокаиваясь тем, что нужные шнурки можно найти за 2 копейки в другом магазине и т. д.»

Сейчас безостановочный поезд Дубна – Москва ходит регулярно и, казалось бы, отошли в прошлое страсти вокруг этой мелкой проблемы «развитого социалистического общества». Однако горестные слова Бруно: «Все эти действия обнаруживают поразительную неспособность планирования (или просто лень), полное отсутствие юридического подхода и удивительное пренебрежение интересами людей... Может быть, у администрации железной дороги есть уверенность в том, что люди, с мнением которых они считались бы (генералы, министры, директора лабораторий и т. д.) не пользуются поездом и ездят на государственных машинах?» – к сожалению, не перестают быть актуальными и в наше время.

В годы перестройки Бруно опубликовал в «Литературной газете» небольшую статью «О бюрократизме» [162]. Там есть такие замечательные строки:

«Беспринципность, некомпетентность, приспособленчество, консерватизм, отсутствие инициативы и презрение к чужому творчеству, полное пренебрежение чужим временем, лживость, черствость – вот черты, характерные для бюрократов, этих каждому из нас знакомых всемогущих ничтожеств».

## 55. Перестройка и гласность

Одним из близких знакомых Бруно был московский корреспондент газеты итальянской компартии «Унита» Джульетто Кьеза. Они провели много времени в обсуждениях и дискуссиях. Кьеза вспоминает [156], что Бруно использовал его как источник информации о внешнем мире. Он всегда задавал много вопросов: «Что происходит? Почему итальянцы так относятся к демократии и социализму? Куда идет ИКП под водительством Берлингуэра?». Много раз они обсуждали с Бруно и ход перестройки. Бруно говорил, что, наверное, кто-то в окружении Горбачева читает документы Итальянской компартии, а потом «подбрасывает» идеи еврокоммунистов.

К перестройке, затеянной Горбачевым, Бруно относился очень положительно. В интервью 1990 г. [163] он прямо говорил:

«Я испытываю к нему (*Горбачеву*) огромную симпатию. То, что он делает для СССР, необыкновенно. Он уникальный политик. У Сахарова, например, есть интересные идеи, но он никогда бы не смог пойти на какие-то политические шаги. Зато Горбачев знает, как реализовать свои идеи».

Бруно отказался подписать письмо академиков об антисоветской деятельности А. Д. Сахарова. Говорят [164], что прочитав текст письма, он заявил:

- Если Сахаров плохой, хотя я его знаю как хорошего, дайте мне аргументы и факты, на которых основано это мнение.

- А вы что - газет не читали?

- С какого времени газета стала документом, по которому можно человека уничтожить?

Однако письмо Сахарова он тоже отказался подписать. Произошло это в 1972 г. в Баку, где они встретились на одной из конференций. В перерыве между заседаниями довольно долго гуляли, обсуждали различные проблемы. Сахаров поднял тему преследований диссидентов, насильно помещавшихся в психиатрические клиники. Он передал Бруно свое письмо, тон которого, как вспоминает Бруно [6], был совершенно ужасным, совершенно антикоммунистическим. Он отказался его подписывать, тогда Сахаров попросил передать письмо итальянским коммунистам. Что Бруно и сделал, несмотря на то, что само письмо казалось ему ужасным: право на высказывания своего мнения никто не отменял.

Свои взаимоотношения с Сахаровым он резюмировал следующим образом [6]:

«У меня всегда было огромное уважение к Сахарову, которого я считал великим физиком и человеком с большой честностью. Сейчас я убежден, что, не будучи политиком в строгом смысле, он видел лучше, чем многие из нас, проблемы, стоящие перед советским обществом. Он не был политиком, в том смысле, что никогда не сказал бы об этом только по соображениям возможности, потому что это было подходящее время или потому что это могло быть полезно для него. Но он прекрасно понимал, как обстоят дела. Я же этого не понимал и не видел. Точнее, я не хотел понимать и не хотел видеть. Однажды, незадолго до его смерти, я рассказал ему все это. Я думаю, он был счастлив».

Письмо Сахарова Бруно не подписал, письмо против Сахарова - тоже не подписал. Поэтому интересно, что есть документ, под которым он поставил свою подпись. Речь идет о письме в ЦК КПСС, которое подписали в 1969 г. двадцать видных советских интеллигентов, включая известных физиков Л. Арцимовича, А. Мигдала, А. Алиханяна, Р. Сагдеева, в котором они высказывали резкое несогласие со взглядами, выраженными в романе В. Кочетова «Чего же ты хочешь?». Почему?

«Основная мысль романа Кочетова, пронизывающая под тем или иным прикрытием каждую его главу, сводится именно к возвеличению Сталина. Дается понять, что после осуждения культа личности Сталина советское общество начало вырождаться и что вырождение продолжается в наши дни... В дни, когда партия настоятельно призывает к сплочению и единству советского общества, Кочетов совершенно отчетливо пытается посеять рознь между различными слоями этого общества, возбудить недоверие и вражду между ними... В романе содержится грубая, нечистоплотная карикатура и на советскую молодежь... Он грязнит самую большую компартию Западной Европы, компартию Италии, обвиняя ее деятелей в корыстолюбии, в антиморальном поведении, даже в принадлежности к фашистам во времена Муссолини».

Бруно привлекли именно для «защиты» компартии Италии. Так, по крайней мере, утверждает академик Р. Сагдеев в своих мемуарах [165]. Один из отрицательных персонажей романа - итальянский коммунист Бенито Спада, глашатай неправильных взглядов:

«Такие, как я, как раз и настаивают на том, что к коммунизму есть иные пути, не обязательно русского, советского образца. Мы хотим прийти к коммунизму мирным путем. Поэтому-то нам не годятся и советская литература, и советское искусство. Они воинственны, они пропагандируют один, свой путь. Они без диктатуры пролетариата не мыслят возможности строительства социализма.

Дико представить себе, что у нас в Италии, в стране тонкого художественного вкуса, в стране передовой науки и техники, власть может оказаться в руках рабочих, в руках батраков Сицилии и Сардинии. Это же некультурные, темные люди, которых долгими годами надо просвещать. Могу ли я, окончивший два высших учебных заведения, подчиняться таким правителям?»

В книге нехорошего еврокоммуниста бросает жена, из итальянской компартии его в конце концов исключают. Так что упрек в полном очернении светлого облика ИКП не совсем верен.

Интересен конец письма 20-ти:

«Мы не считаем, что нужно запретить этот роман. После полувека своего существования советское общество не нуждается в подобных мерах, чтобы защищать себя и выдвигаться вперед. Даже таким, как Кочетов, не стоит затыкать рот. Но мы думаем, было бы хорошо, если бы партия и советская печать высказали свое мнение по поводу подобного произведения» [166].

На самом деле роман уже тогда инициировал две пародии: «Чего же ты хохочешь?» и «Чего же ты, кочет?». В наши дни текст Кочетова сам читается как чистая пародия:

«Заказали на всех пицци - народное, очень распространенное кушанье, напоминающее открытый пирог с начинкой из разной разности. Можно заказать пицци с помидорами и другими овощами, можно - с острым сыром, можно - с "плодами моря": креветками и ракушками».

В 1969 г. советскому читателю надо было объяснять, что такое пицца.

Я вспоминаю об одной встрече с Бруно в эпоху ранней перестройки. Тогда все были увлечены трансляциями со Съезда народных депутатов СССР, публикациями «Огонька» и митингами прогрессивных сил. Один из таких митингов, если не ошибаюсь, «Демократической России», проводился в самом большом конференц-зале Института, и все приличные люди спешили принять в нем участие. Я тоже бежал по коридору, встретил идущего навстречу Бруно и радостно спросил: «А Вы, Бруно Максимович, разве не идете на митинг "Демократической России"?» Бруно мгновенно ответил: "Дем. Россия" - так это же Каутский! Все это мы уже проходили».

## 56. Лошади Понтекорво

История конюшни Тито Понтекорво требует эпического размаха. Эта сага точно отражает российскую действительность, где все есть – энтузиасты, возводящие дворцы-конюшни, зависть окружающих, обман государства и целая вереница других событий и приключений вокруг одного – простого человеческого чувства любви к лошадям и умения работать ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/42](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/42)).

Я хорошо помню то время, когда на улицах Дубны появилась первая лошадь. Мы гуляли с сынишкой, которому в то время было годика три. Его восторг при виде такого необыкновенного, невиданного зверя был грандиозен. Именно дети в самом начале составляли наиболее преданную группу поддержки Тито Понтекорво по развертыванию того, что впоследствии получит название «Клуб любителей верховой езды». Мы жили в общежитии, где в коридоре стоял один общий телефон. Почему-то Тито часто пользовался именно им, чтобы обзванивать своих маленьких друзей. И тоже врезалось мне в память, что говорил он как раз с детьми, а не с их родителями, терпеливо объясняя все действия и правила, которые надо соблюдать, чтобы посещать клуб.

С первой лошади, которую Тито купил у цыган, развернулась огромная деятельность, в которую были включены сотни детей и взрослых. В отчете о работе клуба с гордостью отмечалось, что «ежегодно в нем занималось около 100 человек, 20 “трудных подростков”, 5 человек поступили учиться на зоотехников и ветеринаров». Количество лошадей со временем приблизилось к ста. Тито специализировался именно по ахалтекинской породе, доставая этих лошадей самыми различными способами. Говорят, что он даже купил жеребца, которого Насер подарил Брежневу. И все его стадо – потомки этого жеребца. Правда, Джиль Понтекорво упоминает [43] в качестве родоначальника другую лошадь – брата Анилина, знаменитого скакового жеребца 60-х годов. Особое удивление вызывало и вызывает то, как он смог организовать такое дело в начале 80-х годов, когда все, что можно, было не то чтобы запрещено, но по крайней мере не разрешено.

Недаром, когда началась эпопея вокруг конюшни и в лабораториях ОИЯИ стали происходить собрания коллективов, многие рабочие говорили, что вот если бы у них были такие руководители, как Тито Понтекорво, тогда бы и они жили так же хорошо, как и лошади Понтекорво. Этот лозунг «Хотим жить так, как лошади Понтекорво!» – был даже поднят на какой-то праздничной первомайской демонстрации.

А все началось после того, как Тито построил свою первую прекрасную конюшню. Даже сейчас, когда разнообразие архитектурных форм подмосковных строений и дач мало кого удивляет, здание конюшни на берегу Волги, у прекрасного Ратминского бора, обращает на себя внимание. Причем, в отличие от башенок «новых русских», ее необычный архитектурный вид полностью функционален – это именно конюшня. Конечно, построить такую красоту в 1987 году, когда в городе ничего подобного даже у людей не было, – это воспринималось как прямой вызов.

В эпоху перестройки всё приняло уродливые формы борьбы за... «сохранение экологии». Съедят, дескать, лошади заказник Ратминский бор. А здание лучше поделить по справедливости и отдать людям. Даже пересказывать эту мутную историю не хочется, но важно, как на нее реагировал Бруно. Он направил в партком заявление, в котором писал [167]:

«Мое заявление имеет целью убедить партком Института в совершенной необходимости того, что никакого решения о будущем Клуба не следует принимать во время отсутствия в Дубне теперешнего председателя совета Клуба Т. Б. Понтекорво. Я – отец Т. Б. Понтекорво. До сих пор я намеренно никакого участия в событиях вокруг Клуба не принимал, несмотря на клеветнические разговоры о якобы незаконных действиях Т. Б. Понтекорво, как будто прикрывавшихся моим именем. В частности, я всегда отказывался писать что-либо для центральной прессы. Однако теперь по причине партийной принципиальности, а также по причинам этического характера, я чувствую себя морально обязанным сделать некоторые замечания здесь и, если необходимо, в другом месте».

Смысл аргументации Бруно был прост [167]:

«...нельзя из-за недостатков в строительстве объектов социально-бытового сектора подводить людей к мысли, что корень всяческих бед кроется в новом здании клуба верховой езды, самом его существовании и даже в председателе клуба Т. Б. Понтекорво. Причем подается это под благородными лозунгами охраны природы и соблюдения социальной справедливости».

Победить и обобществить конюшню «экологам» не удалось. Но Тито вся эта история очень сильно не понравилась, и при первой возможности он затеял строительство новой конюшни, вдали от Дубны, на другом берегу Волги. В результате был построен комплекс, который местные жители окрестили просто и метко – «Кремль». А как по-другому назвать нечто, длиной 100 метров по фасаду? Помимо конюшни и зимнего манежа, была предусмотрена гостиница, оздоровительный комплекс. Прямо из окон номеров можно было смотреть, как работают с лошадьми.

Однако в 90-х общий развал не пощадил и этот «Кремль». Рынок ахалтекинцев схлопнулся. Но Тито нашел выход: распродал часть табуна и на вырученные деньги увез самых хороших лошадей в Техас, где сейчас и продолжает свое дело.

## 57. Возвращение в Италию

В 1978 г. в Академию наук СССР пришло приглашение послать представителя на 70-летний юбилей Эдоардо Амальди. Знаменитый опыт с «casteletto», давший толчок открытию замедления нейтронов, был сделан Бруно вместе именно с Амальди. Поэтому Бруно был наиболее подходящим кандидатом для встречи с юбиларом. Однако причины, по которым советское государство разрешало или не разрешало выезд за границу, в последнюю очередь диктовались разумностью.

Бруно был сильно невыездным, хотя в 1959 г. он был в Китае, а в 1975 г. участвовал в конференции по физике нейтрино в Венгрии. О степени закрытости Бруно говорит тот факт, что его не выпустили за границу даже на похороны родителей. Мать Бруно умерла в 1958 г., отец – в 1975 г.

Первой из родственников его навестила сестра Лаура в 1961 г. Через несколько лет приехал брат Джилло. К тому времени он уже снял свой замечательный фильм «Битва за Алжир» и стал знаменитым кинорежиссером. Бруно при нем представлялся не как «академик Понтекорво», а как «брат режиссера Понтекорво». Джилло бывал в Москве несколько раз и участвовал в Московском кинофестивале ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/43](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/43)).

Приглашение на юбилей Амальди стало триггером для больших закулисных переговоров. В книге Мафай [6] подробно рассказывается о демарше Бруно: он отправился на Лубянку и заявил, что хотел бы встретиться с председателем КГБ Ю. В. Андроповым. Ему предложили переговорить с заместителем, но Бруно сказал, что будет говорить только лично с Андроповым. Ему ответили, что это желание будет рассмотрено. Через некоторое время в Дубну приехал сотрудник КГБ, с которым Бруно был знаком с самого первого появления в СССР. Он первым допрашивал Бруно и был его своеобразным «ангелом-хранителем». После была встреча с важной персоной в КГБ. Бруно сказал ему: «Мне почти 60 лет, хочу перед смертью увидеть родину!» В итоге спецслужбы решили вопрос. Важную роль в этом решении сыграло и то, что в 1974 г. в командировку в Италию был выпущен и благополучно вернулся старший сын Бруно Джиль. Эта командировка прошла успешно, без всяких скандалов.

В результате, 7 сентября 1978 г. «Коррьере делла Серра» писала:

«Вчера в аэропорту Фьюмичино десятки журналистов, кинооператоров и просто любопытных встречали физика Бруно Понтекорво... Он сделал заявление: “Я никогда не работал ни над водородной, ни над какой другой бомбой, ни на Западе, ни в России, ни в Китае”».

Сохранились кадры кинохроники приезда Бруно. Окруженный толпой журналистов, сильно волнуясь, он говорит эти очень важные для него слова: «Сейчас я открою вам ужасный секрет: я никогда не работал над бомбой...».

«Коррьере делла Серра» отмечает звучный тосканский акцент, а также то, что профессор элегантно одет и хорошо загорел. Возвращение Бруно моментально сделалось большим информационным поводом. Описывали все, даже мельчайшие подробности («профессор был в элегантном серо-голубом костюме, рубашка в креповую полоску, коричневый галстук»). Среди новостного потока особенно занимательно было утверждение, что в России Бруно поменял фамилию и теперь его звать Бруно Максимович [168].

На конференции Бруно сделал почти двухчасовой доклад «Детство и молодость физики нейтрино», который был встречен с большим интересом. Переполненная аудитория долго аплодировала Бруно, физики с удовольствием с ним общались. Но холодность, с которой Эмилио Сегре пожал руку Бруно, не осталась незамеченной.

После первой поездки в 1978 г. Бруно активно участвовал в научной жизни Италии, много ездил на научные конференции, активно обсуждал различные научные проекты того времени: строительство SSC, подземную лабораторию в Гран-Сассо.

Видный итальянский физик Антонио Зикикки вспоминает [169], как на одной пресс-конференции журналисты спросили Бруно: «Профессор, как вы относитесь к наполеоновским планам профессора Зикикки по созданию подземной лаборатории в Гран-Сассо?». Бруно, в характерной для него манере после заболевания Паркинсоном, ответил медленно и тихо:

«Я очень сожалею, что мне уже столько лет и я недостаточно молод. Я очень сожалею, что я недостаточно молод, чтобы принять участие в этом замечательном проекте».

В 1979 г. Бруно вновь приехал в Италию по приглашению общества «СССР – Италия», читал лекции студентам. Был в Пизе, естественно, пошел навестить свой родной дом, и был очень растроган, когда прохожие узнали его, стоящего рядом с домом.

Бруно также посетил маленькие итальянские города: Перуджу, Ассизи, Урбино, Губбио. Я хорошо помню, что по возвращении Бруно устроил семинар, но на нем не столько говорил о физике нейтрино, сколько показывал слайды с изображениями различных соборов этих городов. Впоследствии Бруно принял самое активное участие в работе общества «Италия – СССР», стал членом его правления.

В 1981 г. Бруно избрали в старейшую итальянскую академию Accademia dei Lincei вместе с В. Паули, П. Пазолини и Б. Пиотровским. Рекомендовали Бруно Э. Амальди и президент Академии Дж. Сальвини. Причем обычно кандидатуры сначала номинируются, а затем голосуются. Однако для ученых, величие которых очевидно, процедура голосования не проводится. Именно так произошло в случае Бруно [29].

В 1982 г. Бруно был приглашен на Конгресс по истории физики в Париж. Однако французское правительство отказало ему в визе. Доклад Бруно был зачитан в его отсутствие. Друзья прислали ему поздравительную открытку, которую подписали Эдоардо Амальди, Пьер Оже, Чженьнин Янг, Юлиан Швингер, Леон Ледерман и Джек Стейнбергер.

В 1983 г. Понтекорво был приглашен в Италию на симпозиум по случаю 150-летия со дня рождения Нобеля, где было 40 Нобелевских лауреатов. Бруно потом рассказывал на семинаре, как он был председателем во время доклада изобретателя транзистора У. Шокли. Шокли был известен своими расистскими высказываниями и постоянными скандалами, а в своем докладе стал утверждать, что ядерная война – это не так уж плохо, она вновь включит механизм естественного отбора, и это волнет новую свежую кровь в дряхлое человечество. Бруно попал в сложное положение, но понял, что сделать ничего нельзя – человек просто сумасшедший.

Затем была поездка в Рим, где Ватикан организовал торжественную реабилитацию Галилея. 40 кардиналов сидели с одной стороны главного зала Ватиканского дворца, и 40 ученых – с другой ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/44](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/44)). Речи произносили папа Иоанн Павел II и Антонио Зиккики. Бруно понравилось то, что говорил папа, и удивило заявление Зиккики. «Представляете, – говорил Бруно. – В зале сидит Абдус Салам, а Зиккики в его присутствии говорит, что для ученых всего мира высшим авторитетом является папа римский».

В 1984 г. по случаю 50-летия открытия Ферми в Болонье проводился конгресс «Итальянская физика и слабые взаимодействия». Организаторы конгресса А. Бертин и А. Витале вспоминают, что на конгресс приехало много знаменитостей и они для себя каждому дали прозвище. Бруно получил звание «luminoso» (яркий). Как они пишут, Бруно поражал всех своим свойством смотреть на собеседника исключительно приветливо и добро. Хозяин ресторана, в котором Бертин и Витале обедали с Бруно, узнал Бруно и попросил автограф для своей дочери. Вместе с Бруно они посетили церковь Сан-Петронио. Там оба попали в неудобное положение, поскольку не смогли поддержать разговор о скульптурах Якопо делла Кверча. Оказалось, что Бруно знал о его творчестве намного больше, чем оба Антонио вместе взятые [145].

Президент итальянского физического общества Ренато Риччи тоже был удивлен знаниями Бруно о достопримечательностях Болоньи. В своем интервью [146] он говорил: «Мы хотели показать ему город, но оказалось, что он знал о нем больше, чем мы!» Риччи также подчеркивает тосканский акцент Бруно и его аристократический язык. Например, он никогда не называл жену – *mogliа*, только *spousa* – супруга.

В целом, абсолютно прав Эдоардо Амальди, который четко сформулировал, что и в Канаде, и в Советском Союзе Понтекорво был «выдающимся послом итальянской культуры и обычаев» [170].

До 1989 г. Бруно не давали визу во Францию. Но в 1991 г. он посетил Париж, где после долгих лет разлуки увидел здание Коллеж де Франс, где работал в молодости, и встретился со старыми коллегами. В частности, с Элен, дочерью Фредерика Жолио и Ирен Кюри, которую он в 1938 г. учил кататься на лыжах.

Итальянский физик Радикати ди Брозоло жил в Швейцарии рядом с братом Бруно – Гвидо Понтекорво. Он говорил, что отношения между братьями были довольно напряженными, поскольку в свое время Бруно никого не предупредил о своем решении и Гвидо много раз пришлось отвечать на неприятные вопросы о своем брате. Но время все лечит, и в конце жизни братья трогательно общались. Генах Мицельмахер рассказывал [59] об их первой встрече, поскольку именно он привез Бруно в горы к брату ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/45](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/45)). Жена Гвидо была швейцарка, и на пенсии он жил в швейцарском кантоне Вале. Он всегда собирал семена альпийских цветов, поэтому на пенсии мог предаться своей страсти без ограничения. Шале было расположено довольно высоко в горах, выше ближайшей деревушки. Жена Гвидо к тому времени умерла, и он жил один, время от времени спускаясь в деревушку за продуктами. Когда братья встретились, состоялся примерно такой диалог:

– Ну, как твоя жизнь в России? – спросил Гвидо.

Бруно в ответ неопределенно поморщился.

– О! Я тебе говорил! Я тебя предупреждал! – воскликнул Гвидо.

Старики завелись сразу, как будто они вчера расстались. Впрочем, довольно скоро успокоились и общались совершенно по-дружески.

В августе 1991 г. один из старейших университетов Италии – университет Феррары (в котором учился Коперник) присвоил Понтекорво степень почетного доктора. Известный итальянский физик Паоло Дальпиач представлял Бруно [29]. пышная почетная церемония прошла в переполненной аудитории. В качестве своей лауреатской лекции Понтекорво взял тему «Энрико Ферми: ученый и наставник» [47].

В декабре 1992 г. он участвовал в Пизе в праздновании 50-летия со дня запуска первого ядерного реактора, построенного Э. Ферми.

## 58. Письмо Сальвини

6 апреля 1990 г. президент итальянской Академии дей Линчеи Дж. Сальвини отправил Бруно письмо, в котором речь шла о стратегии развития физики элементарных частиц в мире. В то время были одобрены проекты двух больших ускорителей: LHC в ЦЕРН на энергию 13,5 ТэВ и SSC в США на энергию 40 ТэВ. Физическая программа исследований на обоих ускорителях была очень схожей, однако финансовые и человеческие ресурсы, которые необходимо было затратить для исследования этих проблем, удваивались. Мировую физику частиц ждала бы нездоровая конкуренция. Поэтому Сальвини предлагал рассмотреть другой сценарий развития: сначала все мировое сообщество строит LHC, работает на меньшей энергии, приобретает опыт, совершенствует детекторы, изучает физику в этом диапазоне энергий, а затем, опять же все вместе, строит SSC и гармонично работает на самой большой достижимой энергии.

Сальвини, подчеркивая что это его личная инициатива, ни с кем не согласованная, спрашивал, как Бруно и другие советские физики отнеслись бы к этой идее:

«В свое время американцы и русские спасли Европу. Почему бы не повторить еще раз этот опыт интернационального сотрудничества, – писал Сальвини. – А затем для нас, европейцев, и физиков СССР не будет представлять трудности создать, допустим, в Техасе новый мировой центр для физики элементарных частиц, в духе ЦЕРН».

Бруно ответил Сальвини достаточно трезво [32]. Он процитировал ремарку из фильма Вуди Аллена «Преступления и проступки»: «Жить в чьем-то прошлом намного ужаснее самого этого прошлого. Тогда как наиболее важная вещь – это жить в реальном мире». Поддержав, в принципе, идею всеобъемлющего международного сотрудничества в строительстве сначала LHC, а затем SSC, Бруно, тем не менее, смотрел на вещи более реалистично: «Я не думаю, что идея международной коллаборации будет приветствоваться американцами, причем не только политиками, но и некоторыми физиками».

Жизнь, как известно, полностью подтвердила опасения Бруно. В 1993 году Конгресс США принял решение остановить финансирование проекта SSC, работы по которому были уже в полном разгаре и были уже потрачены 2 миллиарда долларов.

## 59. Болезнь Паркинсона

В течение последних 15 лет своей жизни Бруно мучился от болезни Паркинсона. Он говорил: «У нормальных людей бывают инфаркты, а вот мне досталась эта трясучка» [163]. Внешне выглядело это ужасно – у него тряслись руки, голова. Чтобы унять тремор, он во время публичных выступлений хватался за кафедру ([https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/46](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/46)). Однако это только усугубляло ситуацию: кафедра начинала отчаянно дребезжать. Слушатели были в шоке. А Бруно, с трудом выговаривая слова, успокаивал:

«Не бойтесь! Я, конечно, умру. Это несомненно. Но не сейчас, прямо перед вами. Обещаю, что в следующие полчаса ничего ужасного не случится!»

В 1987 г. он три месяца лечился в Италии. Вернувшись шутил:

– После Италии мое дрожание практически прекратилось. Но как только вернулся, прочел, сколько отчетов надо написать для Академии наук, – опять затрясло!

Интересную деталь вспоминает Дж. Сальвини [32]. Оказывается, Эмилио Сегре активно помогал Бруно при лечении болезни Паркинсона. Как мы помним, именно Сегре сообщал ФБР о коммунистических наклонностях Бруно. Сальвини говорит, что хотя Сегре крайне отрицательно относился к политическим убеждениям Бруно, но помощь при болезни оказывал «come un fratello». Сальвини [32] приводит также слова Бруно:

«Из-за моей болезни многие люди на улице хотели мне помочь, поэтому благодаря Паркинсону я увидел, сколько есть добрых людей в Москве или Риме!».

Бруно перепробовал много различных методов лечения своей болезни, но с переменным успехом. Даже Джуна пробовала улучшить его состояние. Согласно легенде, Бруно от нее сбежал после того, как она, делая пассы, стала приговаривать, что видит летящие из Бруно нейтрино. Этого классик, конечно, не мог стерпеть.

Говорят, одной из причин этого заболевания был сильный стресс, который Бруно пережил в связи с угрозой ликвидации сотрудничества Дубна – Турин. История эта сама по себе фантастическая. В 1980 г. Я. Б. Зельдович предложил оригинальный способ проверить, было ли антивещество в больших количествах в ранней Вселенной. Идея была основана на уникальном элементном составе нашей Вселенной, которая на 75 % состоит из водорода, на 24 % – из гелия-4, а все остальные элементы дают вклад на уровне сотых процента. Образовался такой элементный состав в ранней Вселенной, когда с момента начала Большого Взрыва прошло всего лишь порядка 3 минут. Если бы в то время во Вселенной было достаточно много антивещества, то оно могло развалить ядра Не с образованием дейтерия и трития. Однако больше, чем наблюдаемые концентрации дейтерия и трития, такой процесс дать не мог. Поэтому, зная вероятность образования дейтерия и трития в аннигиляции антипротонов с Не, можно было бы получить ограничение на количество антивещества в ранней Вселенной. Очень красивая задача.

Аспирант Зельдовича, М. Ю. Хлопов спросил С. С. Герштейна, не знает ли он экспериментальных данных по аннигиляции антипротонов с Не. Семен Соломонович посоветовал обратиться к Бруно, зная про опыты с гелием в диффузионной камере [44]. Зельдович написал письмо Бруно. Никаких экспериментальных данных по взаимодействию антипротонов с гелием в тот момент не было, поэтому Бруно предложил измерить сечения выхода дейтерия и трития в аннигиляции антипротонов с Не нашей группе в ЛЯП ОИЯИ. До этого мы занимались изучением взаимодействий п-мезонов с Не и He. Но красивой физики за этими экспериментами не было. А тут – ограничение на антивещество во Вселенной! Надо было только найти пучок антипротонов, а детектор – гелиевая стримерная камера – у нас уже был.

Ближайший пучок антипротонов был на ускорителе ИФВЭ в Серпухове, и наш начальник быстро подал предложение для эксперимента в Серпухове. Но надо же так совпало, что в это время в ЦЕРН (Женева) ввели в действие уникальный накопитель антипротонов LEAR (Low Energy Antiproton Ring), который давал возможность проводить эксперименты на совершенно фантастическом пучке антипротонов, который был в сто раз интенсивнее серпуховского и не содержал никаких примесей вторичных частиц.

Мы рассказали идею Зельдовича профессору Гвидо Пираджино, с которым наша группа сотрудничала в течение многих лет. Сейчас международное сотрудничество физиков – стандартная вещь, а в 70-х годах Пираджино был одним из первых организаторов совместной работы западных физиков с советскими учеными. В нашей коллаборации он был единственным москвичом. Гвидо Ренатович был рожден в Москве в семье украинской девушки и итальянского инженера, который приехал от концерна «Фиат» поднимать автомобильную промышленность СССР. Он хорошо говорил по-русски. Пираджино попросил нашего разрешения и представил идею Зельдовича в виде проекта эксперимента на LEAR. На успех особо никто не надеялся, однако идея была настолько прозрачна и красива, что ЦЕРН одобрил выполнение эксперимента без каких-либо замечаний.

Сложилась несколько странная ситуация – один и тот же эксперимент был одобрен и в Серпухове, и в ЦЕРН. Но поскольку технические условия в ЦЕРН были несравненно лучше, то нам наивно казалось, что никаких вопросов нет – надо делать эксперимент в ЦЕРН. Однако наш начальник думал иначе. Он стал настаивать, что эксперимент должен быть сделан в Серпухове. У нас состоялось несколько оживленных обсуждений. Смысл всех аргументов сейчас уже мной забыт, тогда я был молодым ученым и больше думал о конкретных научных проблемах, нежели о научной политике. Однако хорошо помню, как на одном из обсуждений сотрудник нашей группы в сердцах сказал начальнику: «Перестаньте нас заставлять, а то мы будем жаловаться Сахарову!» Было это в пору разгара диссидентской деятельности академика Сахарова, когда его повсюду активно разоблачали и уличали. Наш начальник ухватился за эти слова и сделал неожиданный ход. Он написал на нас докладную в КГБ. Дескать, не хотят ставить эксперимент в Советском Союзе. Хотят гнить около Женевского озера.

Такой был специфически советский способ решения проблем.

Факт подачи докладной нам сразу же стал известен. Как сейчас помню лихорадку, захватившую сектор. Мы собирались, обсуждали возможные варианты развития событий. Придумали: надо говорить, что с Сахаровым начальник перепутал, что мы всего лишь хотели обсудить проблемы эксперимента с начальником выведенных пучков ускорителя в Протвино Васей Сахаровым. И, действительно, на наше счастье, был такой реальный человек.

И вот вызывает нас Венедикт Петрович Желепов – директор Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Это заседание я помню хорошо, были приглашены все его заместители, представители партбюро. Строгим голосом просят разъяснить ситуацию. Объясняем, почему эксперимент по аннигиляции антипротонов надо проводить в ЦЕРН. Рассказываем версию про Васю Сахарова. Впечатление – очень гнетущее, хотя обсуждение проходило довольно корректно. Однако время (1980 г.) было такое, что последствия могли быть самые разные. Кончилось тем, что потребовали всем написать объяснительные. Только мы начали их писать, как старшие товарищи разъяснили – ни в коем случае нельзя ничего писать. Если нас хотят «закрыть», никакие объяснительные не помогут, а если все кончится хорошо, то объяснительные останутся в наших личных делах навеки.

И тут приходит ошеломляющая новость – наш начальник так насолил кагэбэшникам, что те перевернули ситуацию – не является ли его донос попыткой очернить честных советских ученых?

Теперь уже начальника заставили писать объяснительную. В результате ему объявили выговор, а наше сотрудничество с итальянцами продолжилось. Однако им пришлось замереть в ожидании решения проблемы на полгода – ровно столько им отвечали, что их визит в СССР пока нежелателен. На время разбирательства им просто отказывали в какой-либо информации. Пираджино оказался в дурацком положении – эксперимент в ЦЕРН был принят, а коллаборатор, предложивший основную идею, молчит и непонятно, собирается ли продолжить сотрудничество.

История очень нетипичная. Г. Пираджино [168] считает, что ее благополучный исход стал возможным только благодаря Бруно. Я точно не знаю всех перипетий, но думаю, что Бруно действительно принял самое активное участие в нашем спасении. Я был свидетелем его жесткого разговора с В. П. Желеповым. Больше Бруно в таком разъяренном состоянии я никогда не видел. Сейчас им поставили общий памятник: Бруно с велосипедом разговаривает с Желеповым, держащим портфельчик. Идея памятника хорошая, но я не думаю, что их отношения были ровными и идеальными.



**Рис. 59-2.** Памятник Б. М. Понтекорво и В. П. Желепову в Дубне (скульптор Д. Ярмин, фото Н. Рязанцевой).

## 60. Прозрение

В 1990 г. Понтекорво выступал в Турине с публичной лекцией о Ферми и работе его группы. Рассказывал и о своем личном опыте, о судьбоносном выборе [163]:

«Прежде всего я должен объяснить себе, почему мне тогда так не хватало логики. Сегодня этот выбор кажется мне смешным. Прошло ровно сорок лет. Если здоровье позволит, я напишу длинную статью, чтобы подытожить этот опыт».

К сожалению, не сложилось – «длинную статью» Бруно не написал, но в целом его высказывания в последние годы были вполне определены. Он много раз говорил о своем состоянии как о кризисе истинно верующего. Так, Джилло Понтекорво вспоминал [171], что между ним и Бруно были жаркие споры. Джилло не нравилось, что происходило в Советском Союзе. Он вышел из коммунистической партии Италии еще после событий в Будапеште 1956 г. Бруно утверждал, что все это детали, главное – чтобы линия развития страны была социалистической. Однако через несколько лет он признался Джилло:

«Вот удивительно, как такой человек, как я, при моей профессии, которая требует исключительного рационализма, в течение многих лет жизни руководствовался принципами, которые кроме как религиозными назвать нельзя».

В 1992 г. Бруно дал интервью журналисту английской газеты Independent Чарльзу Ричардсу [172]. Тот написал:

«Для вынесения вердикта о жизни Бруно Понтекорво, возможно, нет лучшего судьи, чем его брат Джилло, режиссер, получивший международное признание за фильм “Битва при Алжире”. “Случай с Бруно очень прост, – сказал он мне. – Забудьте всю ложь, сказанную об этом. Мы жили в период больших перемен. Была целая вера в построение города будущего. Вера была почти иррациональной, но ее придерживалось целое поколение людей, прежде всего интеллектуалов... У него (Бруно) была эта религия, это чувство, что капитализм равносителен войне, периодическим кризисам и расизму. Все это нужно было свергнуть, чтобы идти в новый мир. Они были как первые христиане, которые верили во что-то прекрасное, чего не было на самом деле. Мы сделали ставку на то, что оказалось ложным. Это все равно что выйти из окна и надеяться спуститься медленно, не выбирая скучный путь по лестнице или лифту. Мы проигнорировали закон гравитации”».

Однако надо четко понимать, что в эпоху перестройки и гласности очень многие истинные коммунисты испытывали такой же кризис веры. Сама жизнь раз за разом показывала несоответствие коммунистических принципов и советской реальности. Поэтому надо очень осторожно воспринимать признания Бруно. Его старший сын Джиль в недавнем интервью [173] сказал следующее:

«Сейчас довольно часто цитируют слова отца: какой я был дурак! Однако понимают их совсем не в том смысле. Он не имел в виду, что ошибался. Он имел в виду, что полностью изменилась жизнь вокруг. Многие это понимают как то, что он понял, что коммунисты – идиоты, а капиталисты – умные. Ничего подобного! Совсем не так! Он не менял своего мировоззрения!»

Обратите внимание на это ключевое высказывание: «Он не менял своего мировоззрения». Кажется, тут явное противоречие: человек был настоящим коммунистом, искренне верил в правильность коммунистических идей. Во время перестройки он, как и многие советские коммунисты, увидел, что конкретное воплощение этих идей – не работает. Исчезла иллюзия о воспитании нового человека будущего, вместо царской бюрократии возникла партийная, экономические проблемы только росли по мере приближения к объявленному наступлению коммунизма. Если это не смена мировоззрения, то что это такое?

Понять этот кажущийся парадокс помогут слова Бруно, сказанные незадолго до ухода из жизни: «Я в мире с моей совестью, не то что с моим разумом» [174]. Мне представляется, что понимать их следует так: у человека была система ценностей и был набор решений, рецептов, с помощью которых, как ему представлялось, должно развиваться общество. Однако жизнь показала, что эти рецепты не сработали. Но система ценностей – основные понятия о добре и зле – они как были сформированы, так и остались неизменными.

М. Мафай очень хорошо написала про эволюцию коммунистических взглядов Бруно [6]. Она считала, что его нельзя назвать диссидентом:

«Его личная история – скорее история постепенного, молчаливого и болезненного отделения от церкви, утрата веры в догматы и идеалы, которым он верил, и в иерархии, которым он доверял свою судьбу».

В январе 1991 г. она спрашивала Бруно: «Как бы вы определили свою политическую позицию сегодня?» Бруно отвечал:

– Я смущен, как и все, кто был коммунистом. Но я не стыжусь того, что сказал и что сделал. Конечно, социализм потерпел неудачу, но вопрос о том, как добиться справедливости в этом мире, остается. Ответ, который мы дали, был неправильным, но это не означает, что нет правильного ответа. Кто-то будет искать его, и кто-то его найдет.

По-моему, это провидческие слова. Да, коммунизм в его советском воплощении полностью себя дискредитировал, но запрос на справедливость – остается. Нет ощущения, что сейчас мы живем в самом лучшем из миров.

## 61. Развал империи

Зима 1991 г. Мафай описывает свой приезд в Москву [6]. Бруно пригласил ее отобедать в столовую Академии наук. Она с ужасом описывает, как академики в поношенных костюмах молча съедают скромный обед. Особо отмечает, что в столовой ничего нет: ни воды, ни вина – только ужасный напиток, называемый лимонадом. В Дубне Мафай поражает скромность внутреннего убранства коттеджа Бруно. Много книг по искусству.

Время, в которое Мафай встречалась с Бруно, [https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/47](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/47) в истории нашей страны запомнится беспросветным кошмаром. Империя еще не рухнула, и это было еще хуже, поскольку все распадалось и висело в неопределенности. Пустые полки магазинов, карточки потребителя, ужасы Тбилиси и Вильнюса. Главное, что за фразой о перемене государственного строя не видно того факта, что у миллионов людей в стране рухнул обычный жизненный уклад. Их профессии стали вдруг никому не нужны, сбережения – испарились, а на зарплату оказалось нельзя прожить. Кризис затронул все слои общества – от колхозников до академиков.

Мне это время запомнилось историей с плачущим директором. У моего друга кабинет был рядом с директорским. Директор лаборатории иногда заходил к нему перекинуться парой фраз о работе. И вот как-то раз, в 90-е директор неожиданно зашел к нему вечером, после работы, и слово за слово стал буквально со слезами на глазах жаловаться на жизнь:

– Почему я не умер год назад! – восклицал он. – Год назад я был уважаемым человеком, членом-корреспондентом Академии наук СССР. Я прожил всю свою жизнь в сознании того, что я уважаемый человек, занимаюсь важнейшим делом, руковожу большим коллективом. А сейчас оказывается, что никакая наука никому не нужна, дело всей моей жизни рухнуло! Почему я не умер год назад, тогда бы я всего этого позора не увидел и был бы счастлив ощущением цельности прожитой жизни!

В январе 1991 г. Бруно делился с Мафай своими сомнениями:

– Знаете, о чем я сейчас думаю? Когда-то была великая Персия, а затем Персидская империя почти полностью исчезла. Интересно, может ли то же самое произойти с Россией? Год назад, два года назад я бы сказал, что этого не может быть. Сегодня я не знаю. Возможно, это может произойти. Почему бы и нет? Но, может быть, я ошибаюсь... Я допустил так много ошибок...

Сколько грусти в этих последних словах!

Книга М. Мафай [6] заканчивается прекрасной серией коротких вопросов-ответов:

Мафай: Как вы думаете, каково ваше главное качество?

Бруно: Это я не знаю. На ум приходят только недостатки. Я стеснительный, я никогда не смог справиться со своей застенчивостью. Ах, я также наивен. Но лучше быть наивным, чем негодяем, не так ли?

М: Когда вы покинули Запад, вы представляли, что пройдет почти тридцать лет, прежде чем сможете вернуться в Италию?

Б: Думаю, я никогда не думал о каком-то точном времени.

М: Во время вашей жизни в СССР вы когда-нибудь жалели о том, что тогда сели в этот самолет из Рима?

Б: Я никогда не рассматривал эту проблему так жестоко. Конечно, иногда я думал об этом, когда видел вещи, которые мне не нравились. Но я всегда думал, что они могут измениться. И вообще, когда я ушел, у меня не было обратного билета. И я это знал.

М: И сегодня вы сожалеете, что сделали этот выбор сорок лет назад?

Б: Я много думал об этом. Вы можете себе представить, как много я думал об этом выборе. Но я не могу ответить.

М: Если я скажу: ваша страна – о чем вы подумаете – о СССР или об Италии?

Б: Об Италии.

Последний раз он вернулся из Италии в Россию 20 июля 1993 года, затем состояние его здоровья стало резко ухудшаться, и 24 сентября 1993 года на 81-м году жизни он скончался. По завещанию Понтекорво, его останки были разделены между двумя могилами – в Риме и в Дубне.



**Рис. 61-1.** Могила Бруно Понтекорво в Дубне (фото автора).

## 62. Идеи Бруно сегодня

О милых спутниках, которые наш свет Своим сопутствием для нас животворили, Не говори с тоской: их нет; Но с благодарностью: были.

Только некоторые из нас в физике частиц могут гордиться предложением хотя бы одной важной и оригинальной идеи. Изобилие оригинальных предложений Бруно делает его роль в развитии физики элементарных частиц за последние полвека поистине уникальной.

*Джек Стейнбергер*

Обычно, когда хотят описать величие ученого, перечисляют его достижения и, если он был Нобелевским лауреатом, скромно добавляют, что вот за эту идею он получил Нобелевскую премию. Тем самым он включается в научный Зал Славы автоматически. Дважды лауреатов премии было всего лишь четверо, а трижды Нобелевскую премию мира получал только Международный Красный Крест.  
[https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/49](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/49)

Бруно Понтекорво уникален тем, что за реализацию его красивейших физических идей было получено 6 Нобелевских премий:

- Возможность наблюдения нейтрино от ядерных реакторов. Нобелевскую премию за обнаружение нейтрино получил Ф. Райнес в 1962 г.
- Хлор-аргоновый метод регистрации нейтрино. Был использован Р. Дэвисом при открытии дефицита солнечных нейтрино. Нобелевская премия 2002 г.
- Пропорциональный режим работы счетчиков. Основа для создания пропорциональной камеры, Нобелевскую премию получил Ж. Шарпак в 1992 г.
- Идея о двух нейтрино. Опыты по обнаружению различия между мюонным и электронным нейтрино принесли в 1988 г. Нобелевскую премию Л. Ледерману, М. Шварцу и Дж. Стейнбергеру.
- Осцилляции атмосферных нейтрино. Экспериментальное обнаружение эффекта принесло Нобелевскую премию 2002 г. М. Кошибе.
- Осцилляции солнечных нейтрино. Нобелевская премия А. Макдональду и Т. Кадзита в 2015 г.

Впервые этот «Нобелевский список» Бруно был составлен С. С. Герштейном в 2013 г. [175]. Тогда в нем было 5 премий, сейчас добавилась премия 2015 г. за обнаружение осцилляций солнечных нейтрино – эффект, который Бруно предсказал еще в 1958 г.

Интересная особенность этого списка – наличие как нетривиальных теоретических предсказаний, так и важных методических разработок. Причем в нем нет еще изобретения нейтронного каротажа. Это очень важная сторона таланта Бруно – сочетание мастерства экспериментатора с прекрасным пониманием теории.

Уго Амальди отмечал, что не так много в истории физики людей, которые внесли вклад на уровне Нобелевского и в теории, и в эксперименте. Уго смог назвать только троих: Э. Ферми, Э. Резерфорд и Б. Понтекорво.

Часто задается такой вопрос: как изменилась бы судьба Бруно, если бы он остался на Западе? Мог бы он тогда сам сделать те опыты, которые предложил, и получить все те премии, которые получили другие люди? Что было бы, вернись Бруно 1 сентября 1950 г. в университет Ливерпуля?

Мы уже приводили некоторый список того, что сделал Бруно к моменту своего отъезда в СССР. Давайте сопоставим его с основными достижениями Бруно во время пребывания в Советском Союзе:

До 1950 г.	После 1950 г.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Участвовал в открытии замедления нейтронов</li> <li>• Исследование ядерной изомерии</li> <li>• Нейтронный каротаж</li> <li>• Хлор-аргонный метод</li> <li>• Усовершенствование пропорциональных счетчиков</li> <li>• Универсальность слабого взаимодействия</li> <li>• Опыты по распаду мюона и бета-распаду трития</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ассоциативное рождение странных частиц</li> <li>• Изучение процессов взаимодействия и рождения л-мезонов</li> <li>• Реакции Понтекорво</li> <li>• Прямое рождение нейтрино</li> <li>• Гипотеза о двух нейтрино</li> <li>• Осцилляции нейтрино</li> <li>• Объяснение парадокса солнечных нейтрино</li> <li>• Нейтрино в астрофизике</li> </ul>

Конечно, жизнь Бруно в Советском Союзе, несмотря на оказываемые почести и льготы, была далеко не проста. Но беглый взгляд на таблицу достижений показывает, что нельзя говорить о каком-то упадке в творчестве, уменьшении креативности, застое во время жизни Бруно в СССР. Важную роль сыграло то, что Бруно попал в Дубну, где мог работать на самом передовом ускорителе того времени. Конечно, если бы его допускали для проведения опытов с реакторами, можно было бы сделать какие-то красивые опыты... Лучшее всего сложившуюся ситуацию описал сам Бруно в ответах на вопросы Мафаи:

Мафаи: Ты когда-нибудь думал о том, какой была бы твоя жизнь и работа, если бы ты решил остаться и работать на Западе?

Бруно: Возможно, я бы сделал больше вещей, но у меня было бы меньше идей...

Однако правильнее измерять величие ученого не количеством премий, статей, медалей, а влиянием, которое его идеи оказали на развитие физики. Говорят, Питер Хиггс за всю жизнь написал всего 9 статей. Но его идея о возможном существовании скалярного поля и его переносчика инициировала огромную программу экспериментов. Ровно то же самое происходит сейчас на наших глазах с идеями Бруно. Исследование осцилляций, измерение массы нейтрино, определение природы нейтрино вызвали к жизни огромную экспериментальную активность, сравнимую по масштабу с исследованиями на адронном коллайдере ЦЕРН.

Руководитель нейтринного эксперимента DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment) Марк Томсон прямо так и заявил: «Мы хотим сделать для нейтрино то, что LHC сделал для бозона Хиггса. Мы верим, что находимся на границе следующей большой революции в физике частиц» [176].

Эксперимент DUNE, которым он руководит, будет изучать взаимодействие пучка нейтрино, рожденного на ускорителе «Фермилаб» в подземном детекторе, расположенном за 1300 км. Коллаборация DUNE объединила более 1000 физиков из 30 стран, что, действительно, приближается к масштабам типичной коллаборации LHC.

Надо сказать, что в последнее время было сделано много таких красивых экспериментов, когда пучок нейтрино рождается в одной лаборатории, а детектирование взаимодействий нейтрино происходит в другой, на расстоянии многих сотен километров. Так, нейтрино из ЦЕРН в Женеве регистрировали в итальянской лаборатории Гран-Сассо. Японские физики посылали пучок нейтрино на расстояние 295 км в детектор «Супер-Камиоканде». В США эксперимент MINOS изучал взаимодействие нейтрино из ускорителя «Фермилаб» с детектором, расположенным в соляной шахте на расстоянии 732 км. В таких экспериментах изучаются характеристики осцилляций мюонных нейтрино в тау-нейтрино. В них впервые было обнаружено появление самого тау-нейтрино.

Другой недавно утвержденный мега-проект – «Гипер-Камиоканде» в Японии. В детекторе «Гипер-Камиоканде» будет 260 000 тонн сверхчистой воды, что более чем в 8 раз превосходит объем «Супер-Камиоканде». Детектор Дэвиса, с помощью которого был обнаружен дефицит солнечных нейтрино, в 500 раз меньше «Гипер-

Камиоканде».

Черенковское свечение релятивистских частиц в воде наиболее оригинальным образом использовано в Байкальском нейтринном телескопе. Здесь, в 4 километрах от берега озера Байкал, на глубине 1100-1300 м, размещена «люстра» из 288 оптических модулей, которые просвечивают объем в 0,4 кубических километра.

Будущее исследований реакторных нейтрино – эксперимент JUNO в Китае. Это 35-метровая сфера, заполненная 20 000 тонн жидкого сцинтиллятора, свечение которого будет детектироваться 20 тысячами фотоэлектронных умножителей.

Детектор будет расположен на расстоянии около 52 км от реакторов атомных электростанций Янцзян и Тайшань. Основная проблема, которую он должен решить, – определение иерархии масс нейтрино, то есть вычислить, какое из трех нейтрино  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  и  $\nu_\tau$  самое легкое, а какое – самое тяжелое. Изучение осцилляций дало возможность определить квадрат разности масс между состояниями нейтрино, но не величину самих масс. Недавно первые результаты стал выдавать огромный детектор KATRIN – современная реинкарнация опыта Бруно – Хинкса по определению массы нейтрино из измерений бета-спектра трития.

Для изучения нейтрино из космоса ведутся исследования на гигантском детекторе IceCube, расположенном в Антарктиде. Если в детекторах типа «Камиоканде» регистрируют черенковское свечение в воде, то здесь работает оригинальное предложение использовать антарктический лед. Установка представляет собой 86 струн детекторов, впаянных в лед. Поражает длина струн – один километр. Можно только восхищаться инженерной мыслью участников, которые просверлили во льду такие лунки. Всего в установке 5160 ФЭУ, которые регистрируют треки мюонов и электронов от нейтрино сверхвысоких энергий. В 2017 г. IceCube зарегистрировал нейтрино с фантастической энергией в 300 ТэВ. Для сравнения, энергия, до которой разгоняются протоны в ЛHC – самом мощном современном ускорителе – 6,5 ТэВ.

Мы видим, что сегодня идеи Бруно развиваются во множестве уникальных экспериментов. Физики стреляют потоками нейтрино в детекторы, расположенные за тысячи километров, создают под землей огромные резервуары воды, размещают аппаратуру под водой или в антарктическом льду. Если в конце прошлого столетия идеи Питера Хиггса и других ученых позволили развернуть широкую программу исследований на Большом адронном коллайдере и ускорителе в «Фермилаб», то сегодня идеи Бруно Понтекорво инициировали такую же значительную программу по развитию физики нейтрино.

И в этом проявляется истинный масштаб гения Бруно Понтекорво [https://t.me/bruno\\_pontecorvo\\_photo/49](https://t.me/bruno_pontecorvo_photo/49).

## Благодарности

Эта книга появилась в результате многолетней работы по подготовке к печати избранных трудов Бруно Максимовича («ИТ» [1]), работы над фильмом о Понтекорво [2], ряда интервью с друзьями и коллегами Бруно. Очень хочется поблагодарить Ирину Григорьевну Покровскую и Татьяну Дмитриевну Блохинцеву, которые осуществили огромную работу по подготовке материалов архива Бруно Максимовича к изданию «ИТ». Главную редакционную работу выполнил Самоил Михелевич Биленький, которому я также благодарен за замечательное интервью [45]. Отдельное большое спасибо Джилло Понтекорво, который очень много помогал при работе над «ИТ», а в один момент просто спас весь проект. Я также очень благодарен Джилло Бруновичу за серию интервью, которые позволили исправить ряд неточностей, допущенных мной в печатной версии книги.

В книге использованы материалы интервью, из которых мне прежде всего хочется отметить разговор с Джилло Понтекорво [9]. Он очень важен для понимания характера и поступков Бруно Максимовича. Интереснейшие живые воспоминания дал Семен Соломонович Герштейн [44], хотелось бы также поблагодарить Р. Риччи, Дж. Фидекаро и Г. Пираджино за их рассказы. Снимал эти интервью замечательный фотограф Юрий Александрович Туманов, много фотографий Понтекорво были отсняты именно его камерой.

Сейчас в ОИЯИ ведется большая работа по сохранению памяти о Б. М. Понтекорво. В Лаборатории ядерных проблем, где всю жизнь проработал Бруно, организован мемориальный кабинет. Хотел бы выразить искреннюю признательность его сотрудникам М. Пилипенко и Е. Дубовик, а также пресс-секретарю ОИЯИ Б. М. Старченко за помощь в подборе фотографий.

Большую помощь при подготовке рукописи к печати оказали мне Е. Молчанов и Н. Рязанцева, за что я им очень благодарен.

Большое спасибо Михаилу Биленькому, который любезно предоставил право воспроизвести в книге его замечательные шаржи.

Первыми читателями книги были мои близкие. Особая благодарность моей жене, Тамаре, которая прочла первый вариант и сделала столько замечаний, что свет увидел только девятый вариант печатного издания и третий – электронного.

## **Список сокращений**

АН СССР – Академия наук СССР

ГТЛ – Гидротехническая лаборатория

ИНФН – Национальный институт ядерной физики, Италия

ИТЭФ – Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва

ЛЯП – Лаборатория ядерных проблем ОИЯИ

ЛВЭ – Лаборатория высоких энергий ОИЯИ

ЛВТА – Лаборатория вычислительной техники и автоматики ОИЯИ

ЛФТИ – Ленинградский физико-технический институт

МГУ – Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

НТО – Научно-технический отдел

ОИЯИ – Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

ОСЭВ – Отдел слабых и электромагнитных взаимодействий

ЦЕРН – Европейский центр ядерных исследований, Женева

## Список литературы

1. Б. Понтекорво. Избранные труды. «Наука. Физматлит», Москва, 1997.
2. Фильм «Бруно Понтекорво», «Наука-видео», режиссер Э. Власова, 2003. <https://www.youtube.com/watch?v=Z8gTFm50ro4>
3. В. П. Джелепов на открытии выставки, посвященной Б. М. Понтекорво в ЛВТА ОИЯИ. <https://www.youtube.com/watch?v=wHolWNI3ukU>
4. F. E. Close, *Half-life: The Divided Life of Bruno Pontecorvo, Physicist or Spy*. – Basic Books, 2015.
5. S. Turchetti, *The Pontecorvo Affair: A Cold War Defection and Nuclear Physics*. The University of Chicago Press, 2012.
6. M. Mafai, *Il lungo freddo*, ed. Bur, 2012. ISBN 8858638395, 9788858638392
7. La famiglia Pontecorvo, <https://osiris.df.unipi.it/~rossi/La%20famiglia%20Pontecorvo.pdf>
8. Б. Понтекорво, *Una Nota Autobiografica*, ИТ, 137.
9. Интервью с Джилло Понтекорво (2008), [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/30](https://t.me/bruno_pontecorvo/30).
10. Б. Понтекорво, В. Покровский, Энрико Ферми в воспоминаниях учеников и друзей, «Наука», 1972, стр. 36.
11. R. Vergara Caffarelli. Interview with B. Pontecorvo. – 27 July 1990.
12. Б. Понтекорво, Для блага будущих поколений, Энрико Ферми УФН 57 (1955) 349.
13. E. Amaldi, *Personal Notes on Neutron Works in 30s*. 20th Century Physics: Essays and Recollections, A selection of Historical Writings by E. Amaldi, v. 3, p. 204.
14. N. Robotti, F. Guerra, *The beginning of a great adventure: Bruno Pontecorvo in Rome and Paris*, Proc. Conf. «The legacy of Bruno Pontecorvo: the Man and the Scientist», Rome, September 2013.
15. Б. Понтекорво. Физика «золотых старых римских времен», Вопросы современной экспериментальной и теоретической физики, Сборник научных трудов, посвященных 80-летию со дня рождения Ю. Б. Харитона, стр. 148.
16. U. Amaldi, *Major events and minor episodes*, Proc. Conf. «The legacy of Bruno Pontecorvo: the Man and the Scientist», Rome, September 2013.
17. E. Fermi, E. Amaldi, B. Pontecorvo, F. Rasetti, E. Segre, *Ric. Scient.* v. 5 (1934) 282. ИТ, т. 1, стр. 13.
18. E. Segre, *Enrico Fermi, fisico*. ed. N. Zanichelli, 1971.
19. A. De Gregorio, *Sulla scoperta della proprieta delle sostanze idrogenate di accrescere la radioattivita indotta dai neutroni*, *Il Nuovo Saggiatore*, p. 41.
20. Б. Понтекорво, Открытие медленных нейтронов: некоторые воспоминания, ИТ, т. 2, стр. 5.
21. A. Zichichi, *I quattro ragazzi di via Panisperna*, *Il Nuovo Saggiatore*, p. 8.
22. B. Pontecorvo, *Sulle proprieta dei neutroni lenti*, *Il Nuovo Cim.*, v. 12 (1935) 211.
23. G. Botta, *Vi racconto di unico errore di Enrico Fermi*, *Corr.della Serra*, 10-6-1983.
24. Б. Понтекорво, Воспоминания о Фредерике Жолио-Кюри (к 75 летию со дня рождения).
25. R. Vergara Caffarelli, *Ricordano Pontecorvo*, *Il Nuovo Saggiatore*.
26. B. Pontecorvo, *Travaux du Congres du Palais de la Decouverte*, Paris, October 1937, p. 118.
27. B. Pontecorvo, *Some early investigations on nuclear isomerism*, ИТ, т. 2, стр. 9.
28. Академик В. Г. Хлопин: очерки, воспоминания современников. – 1987 – Электронная библиотека «История Росатома» [http://elib.biblioatom.ru/text/akademik-hlopin\\_ocherki\\_1987/go,108/?bookhl=%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%BE](http://elib.biblioatom.ru/text/akademik-hlopin_ocherki_1987/go,108/?bookhl=%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%BE)
29. Дж. Фидекаро, видеointервью автору, 1998 г. [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/26](https://t.me/bruno_pontecorvo/26)
30. N. Robotti, F. Guerra, *The beginning of a great adventure: Bruno Pontecorvo in Rome and Paris*, *Il Nuovo Cimento*, v. 37C, p. 39, 2014.
31. Б. Понтекорво, *Воспоминания о Поле Эренфесте*.
32. G. Salvini, *Ricordando Pontecorvo*, *Sapere*, Aprile 2004, p. 37, 43.

33. Ш. Азнавур, Мемуары, Вокруг Света № 6, 2004.
34. Б. Понтекорво, Поздравление Л. Лонго по случаю его 80-летия. 1980 г.
35. Э. Серени, Марксизм, наука, культура, Изд. Иностранная литература, 1952.
36. Д. Понтекорво, интервью автору 06.04.22.
37. Л. Ферми, Атомы у нас дома, ИЛ, 1959, стр. 128.
38. E. Segre, A mind always in motion. University of California Press, 1993.
39. Юваль Ной Харари. Homo Deus. Краткая история будущего.
40. B. Pontecorvo, Neutron well logging. A new geological method based on nuclear physics. Oil and Gas J., 1941, vol 40, p. 32; ИТ, т. 1, стр. 27.
41. B. Pontecorvo, Method of geophysical prospecting, US patent № 2508772, 1950.
42. С. Герасимов, интервью автору, 25.12.2017.
43. Я. Махонин, Интервью с Дж. Понтекорво, Троицкий вариант - Наука, 9 марта 2021.
44. С. С. Герштейн, видеоинтервью автору, 1998 г. [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/25](https://t.me/bruno_pontecorvo/25)
45. С. М. Биленький, видеоинтервью автору, 1998 г. [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/20](https://t.me/bruno_pontecorvo/20)
46. G. Fidicaro, Bruno Pontecorvo: from Rome and Chalk River to Dubna, Proc. Int. Summer School in Memory of Bruno Pontecorvo, Dubna, 1998.
47. Документ № 1/14. Атомный проект СССР: документы и материалы, т. 1, ч. 2, стр. 462.
48. B. Pontecorvo. Inverse  $\beta$  process, National Research Council of Canada, Division of Atomic Energy, Chalk River, Report PD-205; ИТ, т. 1, стр. 31.
49. Р. Дэвис, Нобелевская лекция, УФН, 2004, т. 174, стр. 408.
50. B. Pontecorvo, On a Method for Detecting Free Neutrinos, Report PD-141, National Research Council of Canada, Division of Atomic Energy, ChalkRiver, May 21, 1945.
51. Б. Понтекорво. Старое и новое в нейтринной физике. Доклад на юбилейном собрании Академии наук ГДР, посвященном 75-летию рождения квантовой физики.
52. G. S. Hanna, D. H. W. Kirkwood, B. Pontecorvo, High multiplication proportional counters for energy measurements, Phys. Rev., 1949, v. 75, p. 985; ИТ, т. 1, стр. 60.
53. В. Лобашов, В. Пантуев, Взвешивая неуловимое, Троицкий вариант, № 64, 2010, стр. 6.
54. G. S. Hanna, B. Pontecorvo, The beta-spectrum of H, Phys. Rev., 1949, v. 75, p. 983; ИТ, т. 1, стр. 63.
55. KATRIN Collaboration 2019 Phys. Rev. Lett. 123 221802.
56. Б. Понтекорво, Страницы развития нейтринной физики, ИТ, т. 2, стр. 24.
57. B. Pontecorvo, Nuclear capture of mesons and the meson decay, Phys. Rev. 72(1947) 246; ИТ, т. 1, стр. 37.
58. G. Mitselmakher, Proc. Conf. «Pontecorvo-100», Pisa, 2013, p. 15.
59. J. Steinberger, Proc. Conf. «The legacy of Bruno Pontecorvo: the Man and the Scientist», Rome, September 2013.
60. E. Hincks, B. Pontecorvo, Search for gamma radiation in the decays of 2,2-microsecond meson decay process, Phys. Rev. 73 (1948) 257. ИТ, т. 1, стр. 57.
61. E. Hincks, B. Pontecorvo, On the disintegration products of 2,2-microsecond meson, Phys. Rev. 77 (1950) 102. ИТ, т. 1, стр. 82.
62. J. Steinberger, Early particles, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 1997, v. 47.
63. S. Turchetti, British Journal History of Science 36 (2003) 389-415.
64. A. Moorhead, The traitors, Harper&Row Publishers, p. 191.
65. Д. Понтекорво, интервью автору 24.03.22.
66. Joint Committee on Atomic Energy, Soviet Atomic Espionage, <http://archive.org/stream/sovietatomicesp1951unit/sovietatomicesp1951unit#page/n4/mode/1up>
67. П. Судоплатов. Разведка и Кремль. Воспоминания опасного свидетеля. изд. Алисторус, 2016 г.

68. В. Б. Барковский, Это была увлекательная работа, История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования / Рос. акад. наук, Ин-т истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова; отв. ред. и сост. д.ф.-м.н. В. П. Визгин. Вып. 1. – М.: Янус-К, 1998. – стр. 93.
69. О. Гордиевский. «История внешнеполитических операций от Ленина до Горбачева», 1992.
70. P. Valentino, Pontecorvo, un scienziato per il KGB, Corriere della Sera, 9.03.1994, p. 9.  
[https://t.me/bruno\\_pontecorvo/34](https://t.me/bruno_pontecorvo/34).
71. Б. Понтекорво, Пресс-конференция с иностранными журналистами, 1955 г.
72. А. Расторгуев, Зовите меня Бруно, <http://hepd.pnpi.spb.ru/ioc/ioc/line%207-8-2013/n1.htm>
73. Б. Л. Иоффе, Особо секретное задание, Из истории атомного проекта в СССР. – М.: «Новый Мир» № 5, 1999 г.
74. История создания синхроциклотрона ОИЯИ (в документах и воспоминаниях), Дубна, 2014 г.
75. В. П. Джелепов, Когда Дубны не было на карте, «Дубна: Наука. Содружество. Прогресс», 13 сентября 1995 г.
76. Постановление Президиума АН СССР № 515 от 19 июля 1963.
77. М. Г. Мещеряков, О времени неповторимом и незабываемом, газета «Дубна: Наука. Содружество. Прогресс», 17 сентября 2010 г.
78. Л. Зиновьева, История одного полугодия, «Дубна: Наука. Содружество. Прогресс», 17 декабря 2004 г.
79. Документы № 197. Атомный проект СССР: документы и материалы, т. 2, кн. 5, стр. 492.
80. М. Г. Мещеряков, Из воспоминаний, «Дубна: Наука. Содружество. Прогресс», 3 сентября 2010 г.
81. В. Б. Флягин, Начало, или как это было в 1951 г. <http://museum.jinr.ru/ru/history/about-jinr/memories/16-2019-04-27-14-49-59/87-nachalo-ili-kak-eto-bylo-v-1951-i-nemnogo-dalee>
82. В. А. Жуков, Первые годы в науке с Бруно Максимовичем, ИТ, т. 2, стр. 222.
83. Б. М. Понтекорво, И.Я.Померанчук и начало физики высоких энергий, ИТ, стр. 133.
84. Б. Понтекорво, доклад на заседании ОЯФ АН СССР посвященном 50 летию Октябрьской социалистической революции, 1967 г.
85. US Visitors and Soviet Science, Science, 15 June 1956.
86. Visit to Moscow, Science, v. 123, 1956, p. 1110.
87. E. P. Rosenbaum, Physics in USSR, Scientific American, 195 (1956) 29.
88. T. Skyrme, T. Pikavans, Moscow Conference, Nature, July 21, 1956, p. 115.
89. J. Phelps, E. Pollard, Physics, Physicists and Security, Physics Today, v. 9, 1956, p. 23.
90. И. М. Василевский, Воспоминания, «Дубна: Наука. Содружество. Прогресс», 16 августа 2018.
91. А. А. Реут, С. М. Коренченко, В. В. Юрьев, Б. М. Понтекорво, Попытка обнаружения ядра Н среди продуктов расщепления углерода протонами с энергией 300 МэВ, ДАН, т. 102, стр. 723.
92. А. Е. Игнатенко, А. И. Мухин, Е. Б. Озеров, Б. М. Понтекорво, Полные сечения взаимодействия п-мезонов с водородом в интервале энергий от 140-до 400 МэВ, ДАН, т. 103, стр. 45; ИТ, т. 1, стр. 149.
93. М. П. Баландин, Б. Д. Балашов, В. А. Жуков, Б. М. Понтекорво, Г. И. Селиванов, О возможности образования Л-частиц протонами с энергией до 700 МэВ, ЖЭТФ, 1955, т. 296 стр. 265; ИТ, т. 1, стр. 135.
94. Выступление на юбилейной сессии Ученого Совета ОИЯИ.
95. Я. А. Смородинский, Воспоминания о раннем периоде Лаборатории № 2, История советского атомного проекта вып. 1 – 1998, стр. 196.
96. Б. Понтекорво, Страницы развития нейтринной физики, УФН 141 (1983) 675, ИТ, т. 2, стр. 24.
97. R. Castaldi, The early years of Bruno Maximovich Pontecorvo in Dubna, <http://agenda.infn.it/conferenceOtherViews.py?view=standard&confId=6051>.
98. Б. Понтекорво, Электронные и мюонные нейтрино, ЖЭТФ, 37 (1959) 1751-1757.
99. J. Steinberger, CERN Courier, January 2007, p. 44
100. M. Schwarz, Feasibility of using high-energy neutrinos to study weak interactions, Phys. Rev. Lett., 4 (1960) 360.

101. L. M. Lederman, Neutrino'94 Conf.
102. О. А. Займидорога, М. М. Кулюкин, Б. М. Понтекорво, Р. М. Суляев, А. И. Филиппов, В. М. Цупко-Ситников, Ю. А. Щербаков, Наблюдение реакции  $\mu^- + {}^3\text{He} \rightarrow {}^3\text{H} + \nu$ , ЖЭТФ, 1961, т. 41, стр. 1804; ИТ, т. 1, стр. 215.
103. R. Davis, Bull. Am. Ohys. Soc. (Washington, meeting, 1956).
104. Б. Понтекорво, Мезоний и антимезоний, ЖЭТФ, т. 33, 1957, стр. 549; ИТ, т. 1, стр. 172.
105. B. Pontecorvo, Inverse beta processes and non-conservation of lepton charges, JINR preprint, P-95 1957; ЖЭТФ, 1958, т. 34, стр. 247; ИТ, т. 1, стр. 175.
106. Z. Maki, M. Nakagawa, S. Sakata, Proc. Int. High Energy Physics Conf., CERN, 1962, p. 663.
107. Z. Maki, M. Nakagawa, and S. Sakata (1962). «Remarks on the Unified Model of Elementary Particles». Progress of Theoretical Physics 28.
108. M. Nakagawa, Neutrinos and Sakata, Proc. Neutrino Mass Workshop, Telemark, Oct. 2-4, 1980.
109. Identity Crsis, Scientific American, July 1980, p. 60.
110. Б. Понтекорво, Нейтринные опыты и вопрос о сохранении лептонного заряда, ЖЭТФ, 53 (1967) 1717; ИТ, т. 1, стр. 275.
111. V. Gribov, B. Pontecorvo, Neutrino astronomy and lepton charge, Phys. Lett., 28B (1969) 493; ИТ, т. 1, стр. 289.
112. S. M. Bilenky, B. M. Pontecorvo, Quark-lepton analogy and neutrino oscillations, Phys. Lett., 61B (1976) 248; ИТ, т. 1, стр. 331.
113. С. М. Биленький, Б. М. Понтекорво, УФН, 123 (1977) 181; Phys. Rep. 41 (1978) 225.
114. Do neutrino oscillate from one variety to another? Phys. Today, July 1980, p. 17.
115. B. Pontecorvo, Letter to D. Cline, 27 January 1981.
116. S. M. Bilenky, Early years of neutrino oscillations, hep-ph/9908335, 1999.
117. Abe S. et al. (KamLAND Collab.). Precision Measurement of Neutrino Oscillation Parameters with KamLAND // Phys. Rev. Lett. 2008. V. 100. P. 221803.
118. J. Bahcall, R. Davis, The beginning of a new science, CERN Courier, July/August 2000, p. 17.
119. A. McDonald, Nobel lecture (<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/mcdonald-lecture-slides.pdf>)
120. A. Macdonald, Bruno Pontecorvo and solar neutrino, Proc.Pontecorvo 100. Symposium in honour of Bruno Pontecorvo for the centennial of the birth. Pisa, 2013.
121. Нобелевский лауреат 2015 года Такааки Кадзита рассказал, что в основе его достижений - работа советского физика, <https://ru.m.wikinews.org/>
122. J. Bahcall, Astrophysical neutrinos: 20th century and beyond, arXiv: hep-ph/0009044, 2000.
123. Maury Goodman cited by V. Berezinsky. Dubna. Rochester'64
124. Б. М. Понтекорво, Я. А. Смородинский, Нейтрино и плотность материи во Вселенной, ЖЭТФ, 1961, т. 41, стр. 239.
125. Б. М. Понтекорво, Универсальное взаимодействие Ферми и астрофизика, ЖЭТФ, 1959, т. 36, стр. 1615.
126. Б. М. Понтекорво, Нейтрино и его роль в астрофизике, УФН, 1963, т. 79, стр.3; ИТ, т. 1, стр. 236.
127. Lev Okun, Obituary, Phys. Today 47 (10), 87 (1994).
128. Б. Понтекорво, Одномезонная и безмезонная аннигиляция антинуклонов, ЖЭТФ, 1956, т. 30, стр. 947, ИТ, т. 1, стр. 153
129. L. A. Kondratyuk, M. G. Sapozhnikov, Pontecorvo reactions of two-body antiproton annihilation in deuterium, Phys. Lett., 1989, v. B220, p. 336.
130. D. Yu. Bardin, S. M. Bilenky, B. Pontecorvo, On the  $\nu$ - $\nu$  interaction, Phys. Lett. 32B (1970) 121; ИТ. т. 1, стр 295.
131. B. Pontecorvo, Search for new stable particles, Evolution of Particle Phusics, Academic Press, 1970, p. 210; ИТ, т. 1, стр. 306.
132. Л. Б. Окунь, Б. М. Понтекорво, Некоторые замечания о медленных процессах превращения элементарных частиц, ЖЭТФ 32 (1957) 1587.
133. Б. Понтекорво, Кафедра элементарных частиц при филиале НИИЯФ МГУ в Дубне, [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/36](https://t.me/bruno_pontecorvo/36)

134. И. Г. Покровская, Секретарь трех корифеев науки, «Дубна: наука, содружество, прогресс» № 21 (4568) от 27 мая 2021.
135. Р. Бартини, Некоторые соотношения между физическими константами, ДАН 163 (1965) 861.
136. С. С. Герштейн. Воспоминания и размышления о Бруно Понтекорво, ИТ, т. 2, стр. 157.
137. Б. Понтекорво, Выступление на партийной конференции ОИЯИ 25 декабря 1965 г.
138. Б. Понтекорво, доклад «О роли руководителя», 1976 г.
139. Договоренность между Б. Понтекорво и М. Баландиным, [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/35](https://t.me/bruno_pontecorvo/35)
140. Кудряшов Н. Н., Берия и советский ядерный проект, [http://elib.biblioatom.ru/text/kudryashov\\_beria-i-sovetskie-uchenye\\_2013/go,280/?bookhl=понтекорво](http://elib.biblioatom.ru/text/kudryashov_beria-i-sovetskie-uchenye_2013/go,280/?bookhl=понтекорво)
141. Б. Понтекорво, Письмо П. С. Исаеву от 3.02.1975.
142. Б. Понтекорво, Выступление на юбилее ЛЯП ОИЯИ, [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/38](https://t.me/bruno_pontecorvo/38)
143. Воспоминания А. Б. Гриднева.
144. A. Bertin, A. Vitale, La luce pesante, Poligrafici Editoriale / Il Resto del Carlino (1984), p. 38.
145. Ренато Риччи, видеоинтервью автору, 1998, [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/29](https://t.me/bruno_pontecorvo/29)
146. Б. М. Барбашов, Талант и знания, «Дубна: Наука. Содружество. Прогресс», 24 августа 1994.
147. Письмо в Отделение ядерной физики.
148. Письмо М. А. Маркову, 30.10.76.
149. Ashenfelter et al «First Search for Short-baseline Neutrino Oscillations at HFIR with PROSPECT», hep-ex: 1806.02784, 2018.
150. Б. Понтекорво, Речь по поводу присуждения степени почетного доктора Будапештского университета.
151. Б. Понтекорво. Вопросы Философии. 1973 г. Круглый стол Энгельгардта.
152. Б. Понтекорво, Отчет об общественной нагрузке, [https://t.me/bruno\\_pontecorvo/37](https://t.me/bruno_pontecorvo/37)
153. Т. Д. Блохинцева, Спасибо, дорогой Бруно Максимович, ИТ, т. 2, стр. 232.
154. Б. Понтекорво, «Не теряйте золотого времени!», Юность, 1964, № 8, стр. 66.
155. G. Chiesa, Ricordando Pontecorvo, Sapere, Aprile 2004, p. 43.
156. Дж. Сальвини, Наследие Бруно Понтекорво, «Дубна: Наука. Содружество. Прогресс», 24 августа 1994.
157. Yu. Orlov, Snapshots from 50's. In M. Shifman, ed., At the frontier of particle physics: Handbook of QCD. Boris Ioffe Festschrift, vol. 1 (World Scientific, 2001), pp. 65-78.
158. С. Поликанов, Разрыв: Записки атомного физика. Франкфурт-на-Майне: Посев, 1983. 248 с.
159. Письмо В. Г. Соловьеву, 10.01.67.
160. Б. Мессерер. Промельк Беллы. Изд. АСТ, 2017, стр. 325.
161. Б. Понтекорво, О бюрократизме, Литературная газета, 20.05.1987.
162. Piero Bianucci, Che errore fuggire in Urss, 1990.
163. [http://www.vokrugsveta.ru/encyclopedia/index.php?title=Понтекорво%2C\\_Бруно](http://www.vokrugsveta.ru/encyclopedia/index.php?title=Понтекорво%2C_Бруно)
164. R. Sagdeev, The Making of Soviet Scientist: My Adventures in Nuclear Fusion and Space From Stalin to Star Wars, p. 140.
165. Письмо группы видных интеллигентов в ЦК КПСС. <https://kpss-ru.livejournal.com/182418.html>
166. Б. Понтекорво. Заявление о клубе любителей верховой езды, октябрь 1987.
167. Г. Пираджино, Встречи с Бруно Понтекорво, ИТ, т. 2, стр. 254.
168. A. Zichichi, I quattro ragazzi da via Panisperna, Il Nuovo Saggiatore, p. 8.
169. E. Amaldi, 2000th Century Physics: Essays and Recollections.
170. G. Pontecorvo, Ricordando Pontecorvo, Sapere, Aprile 2004, p. 43.
171. <https://www.independent.co.uk/news/world/confessions-of-an-atom-spy-forty-years-after-bruno-pontecorvo-a->

british-scientist-went-to-work-for-1537646.html

172. Интервью с Д. Б. Понтекорво, <https://dlnp.jinr.ru/ru/news/list/249-chronograph/khronograf-svideteli-vremeni/1918-khronograf-svideteli-vremeni-dzhil-brunovich-pontekorvo>

173. P. Creco, Bruno Pontecorvo, ottant'anni e un'ingustizia, 1992.

174. С. С. Герштейн, Нобелевские премии, которые не получил Бруно Понтекорво, Природа, № 11, 2013, стр. 76.

175. С. Moskowitz, The neutrino puzzle, Scientific American, Oct, 2017, p. 32.

## Примечания

**1**

«Пойдем обедать!» (ит.)

Решающий эксперимент (лат.)

«Парни с улицы Панисперна» (ит.)

Документы, хранящиеся в архиве Домус Галилеана в Пизе, в самом деле показали, что исторический опыт с парафином был 20 октября [17]. Потом несколько дней шла напряженная работа по проверке эффекта.

«По феноменальной интуиции!» (ит.)



З. В. Ершова – «русская мадам Кюри», выдающийся советский радиохимик, активная участница атомного проекта СССР, наладила производство металлического урана.

Флеров Георгий Николаевич (1913–1990) – советский физик-ядерщик, директор Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, академик АН СССР.

Самое жесткое ограничение на массу нейтрино дают сейчас космологические данные:  $m < 0,7$  эВ.

«необычайно пророческим предложением».

Эудженио Фубини (Eugenio Fubini) (1913–1997) – физик, работал в группе Э. Ферми в Риме. В 1939 г. эмигрировал в США и сделал карьеру в оборонной области. Сейчас Совет по оборонной науке США ежегодно вручает Премию Юджина Дж. Фубини за выдающиеся заслуги.

После исчезновения Бруно патентный спор с правительством США продолжился до 1953 г. В результате была выплачена компенсация в размере 400 тыс. долларов. После выплаты соответствующих расходов каждый автор получил по 27 500 долларов [30].

А. В. Галанин – сотрудник Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ, Москва), специалист по ядерным реакторам.

ТТЛ - Теплотехническая лаборатория АН СССР - ныне ИТЭФ (Москва).

И. Я. Померанчук – выдающийся советский физик-теоретик, академик АН СССР, в то время руководитель теоретического отдела ИТЭФ.

Ю. Б. Харитон – академик АН СССР. Один из руководителей советского проекта атомной бомбы. Лауреат Ленинской и трех Сталинских премий. Трижды Герой Социалистического Труда.

ЛИПАН – Лаборатория измерительных приборов АН СССР, в дальнейшем Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова.

ГТЛ - Гидротехническая лаборатория АН СССР, кодовое название лаборатории в Дубне.

Ближайшая к месту строительства железнодорожная станция.

Продукт 120 - шифрованное название дейтерия, продукт 130 - трития, олово-119 - это уран-239.

Марианна долго болела, но смогла выздороветь и, как отмечает Джиль Понтекорво [57], «в последние годы была в очень хорошей форме» и жила вместе со всей семьей.

Первый отдел – подразделение в советских учреждениях, которое отвечало за соблюдение режима секретности, сохранности секретных документов.

Ныне - Физический институт им. П. Н. Лебедева.

«Они меня сильно поразили!» (англ.)

«кустарно изготовленные, что типично для лабораторий США» (англ.)

Ю. Б. Харитон - главный конструктор и научный руководитель КБ-11, академик АН СССР и РАН.



Документы в СССР по степени секретности делились на секретные, совершенно секретные и совершенно секретные особой важности («Особая папка»).

«Таким образом, есть противоречие между существованием сильно взаимодействующей частицы и ее временем жизни. Это противоречие, конечно, разрешается, если сильно взаимодействующая частица рождается в паре».

Нью-Васюки – ироническое обозначение фантастических, неосуществимых планов, которые Остап Бендер, герой романа И. Ильфа и Е. Петрова «Двенадцать стульев», разворачивал перед членами шахматной секции города Васюки.

На самом деле в эксперименте были обнаружены 6 случаев событий с электронами, но они появились в результате фоновых процессов, а не взаимодействий нейтрино.

Ли Цзун-дао – выдающийся американский и китайский теоретик, получивший Нобелевскую премию совместно с Янг Чжэнь-нином, за предсказание несохранения пространственной четности в слабых взаимодействиях.

Валентин Телегди (1922-2006) - известный американский физик-экспериментатор.

Хорошее видео про колебания связанных маятников можно найти по ссылке <https://www.youtube.com/watch?v=QwKz4x1CNv0>.

Хочу извиниться за намеренное упрощение ситуации. В реальной жизни собственными состояниями гамильтониана слабого взаимодействия с определенными массами являются не  $K_1 K$ , а  $K_1 \bar{K}$ . Происходит это из-за нарушения CP-четности в слабом взаимодействии, однако в 1957 г. это было еще неизвестно, и осцилляции каонов Бруно рассматривал в терминах пары  $K_1 K$ . Мне показалось уместным оставить историческую нотацию, чтобы подчеркнуть связь между осцилляциями каонов и нейтрино.

Симметричной и антисимметричной комбинацией относительно перестановки  $K_i K$

Уточнение «по-видимому» сделано из-за того, что сейчас интенсивно идет поиск осцилляций в стерильные нейтрино, типа (29), которые исходно рассматривал Бруно. Пока их не обнаружили, но вопрос окончательно не закрыт.

К. Руббиа – известный итальянский физик, получивший Нобелевскую премию за открытие переносчиков слабого взаимодействия –  $W$ - и  $Z$ - бозонов. В 1989–1993 гг. директор ЦЕРН.

Михаил Биленький, сын С. М. Биленького, подарил Бруно на 75-летие набор выразительных рисунков, которые так и остались в кабинете Понтекорво в ЛЯП ОИЯИ.

МСВ-эффект назван в честь С. Михеева, А. Смирнова и Л. Вольфентшейна, которые предсказали изменение характера осцилляций при прохождении нейтрино через вещество.

С. С. Герштейн вспоминает [36], как Бруно говорил ему о том, что самые лучшие идеи приходят к нему в полудреме – перед засыпанием или перед пробуждением ото сна.

«В дубненских лесах масса грибов, особенно шампиньонов (?) и “зонтиков”. Так что приезжайте, товарищи!»  
(из статьи [133])



Первый корпус – здание, где находится синхроциклотрон ЛЯП ОИЯИ.

Ю. Д. Прокошкин – (1929–1997), академик РАН СССР, выполнил серию красивых экспериментов на синхроциклотроне ОИЯИ. В 1963 г. возглавил отдел экспериментальной физики Института физики высоких энергий (Протвино).

Начальник сектора, в котором работал М. Баландин.

Г. В. Мицельмахер, с 2004 года заслуженный профессор Института физики высоких энергий и астрофизики Университета Флориды (США).



НТО - научно-технический отдел.



Позже С. С. Герштейн объяснил, что это касалось конкуренции при избрании Ю. Д. Прокошкина и А. Е. Чудакова [37]. Оба замечательных физика, в конце концов стали академиками РАН РФ.

Бруно всем таким корреспондентам рекомендовал культовый учебник Я. Б. Зельдовича «Основы высшей математики».

ИТЭФ – Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва. В 1956 г. Ю. Орлов выступил на партийном собрании, посвящённом обсуждению доклада Хрущева на XX съезде КПСС, с требованием «демократии на основе социализма». После этого его исключили из партии и уволили из института.

Правда, в 1990 г. Бруно неудачно упал с велосипеда, повредил бедро, и ему делали операцию в Риме.

С этим утверждением можно поспорить.

За создание проекта конюшни архитектор А. Н. Кувшинников был принят в Союз архитекторов СССР.

SSC (Superconducting Super Collider) – проект протон-протонного коллайдера на энергию 20 ТэВ, закрытый на стадии активного строительства в 1993 году решением Конгресса США.

Абдус Салам – знаменитый физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии, один из авторов Стандартной модели взаимодействия элементарных частиц.

Младший брат Бруно тоже страдал от этой болезни.

«как брат».

Джуна (Евгения Давиташвили) – культовый экстрасенс и целительница в годы застоя.

Сын Эдуардо Амальди, физик, руководил одним из крупных экспериментов в ЦЕРН.

$$1 \text{ ТэВ} = 1000 \text{ ГэВ} = 10^3 \text{ В.}$$