

Пузырьковая камера «Мирабель» на Серпуховском ускорителе

А. БЕРТЕЛО (Центр ядерных исследований, Сакле, Франция),
Р. М. СУЛЯЕВ (Институт физики высоких энергий, Серпухов, СССР)

УДК 621.384.65

Прогресс физики элементарных частиц неразрывно связан с развитием ускорительной техники и постоянным совершенствованием техники физического эксперимента. Создание ускорителей высоких энергий, а также экспериментальных установок для проведения на них физических исследований является сложнейшей научно-технической проблемой, решение которой невозможно без концентрации значительных усилий в национальных, а иногда и интернациональных масштабах.

Примером объединения усилий ученых разных стран в осуществлении комплексной программы экспериментальных исследований в области физики элементарных частиц является программа использования водородной пузырьковой камеры «Мирабель», созданной в Центре ядерных исследований Франции (Сакле), на самом крупном в мире ускорителе протонов Института физики высоких энергий (ИФВЭ), расположенном вблизи г. Серпухова. В осуществлении этой программы наряду с советскими и французскими специалистами принимают участие специалисты Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН). Ими созданы система так называемого «быстрого» вывода протонов из ускорителя и высокочастотные сепараторы, которые обеспечат получение чистых пучков π -мезонов, K -мезонов и антипротонов для камеры «Мирабель». На последующем этапе сотрудничества заинтересованные лаборатории Советского Союза, Франции и стран — участниц ЦЕРНа приступят к совместной обработке получаемых на «Мирабели» фотографий по взаимно согласованному плану научных исследований.

Среди различных экспериментальных методов исследований на ускорителях высоких энергий метод пузырьковых камер занимает особое место. Этот метод хотя и является, пожалуй, самым сложным из всех, тем не менее дает

возможность получать наиболее полную информацию об элементарных актах взаимодействия частиц. Преимущества пузырьковых камер оказались решающими в открытии с их помощью многих новых элементарных частиц, резонансов и в изучении их свойств.

Регистрация частиц в пузырьковых камерах основана на возникновении пузырьков пара вдоль траектории заряженной частицы, проходящей через жидкость, находящуюся в перегретом состоянии. В перегретое состояние жидкость переводится путем резкого понижения давления в камере. Следы частиц, проходящих через камеру в момент расширения, в виде цепочки пузырьков фотографируются и затем измеряются. Перегретое состояние жидкости поддерживается до того момента, пока пузырьки не вырастут до видимых размеров (это время составляет обычно несколько миллисекунд); затем следует восстановление исходного давления. Моменты расширения камеры и прохождения частиц строго синхронизируются. В результате измерений фотографий следов могут быть определены углы разлета частиц, кривизна их траекторий (поскольку камера, как правило, помещается в магнитное поле), а следовательно, и импульсы частиц. В тех случаях, когда частицы тормозятся до остановки в рабочем объеме камеры, по величине их пробега в веществе может быть измерена энергия частиц. Наконец, измерения плотности пузырьков на единицу длины следа позволяют сделать заключение о скорости частиц.

В качестве рабочей жидкости в «Мирабели» используется жидкий водород, что дает возможность наблюдать взаимодействия частиц со свободными протонами в чистом виде. В отличие от предшественниц «Мирабель» имеет примерно в десять раз больший объем. Такой объем камеры обеспечивает необходимую точность измерения импульсов частиц высоких

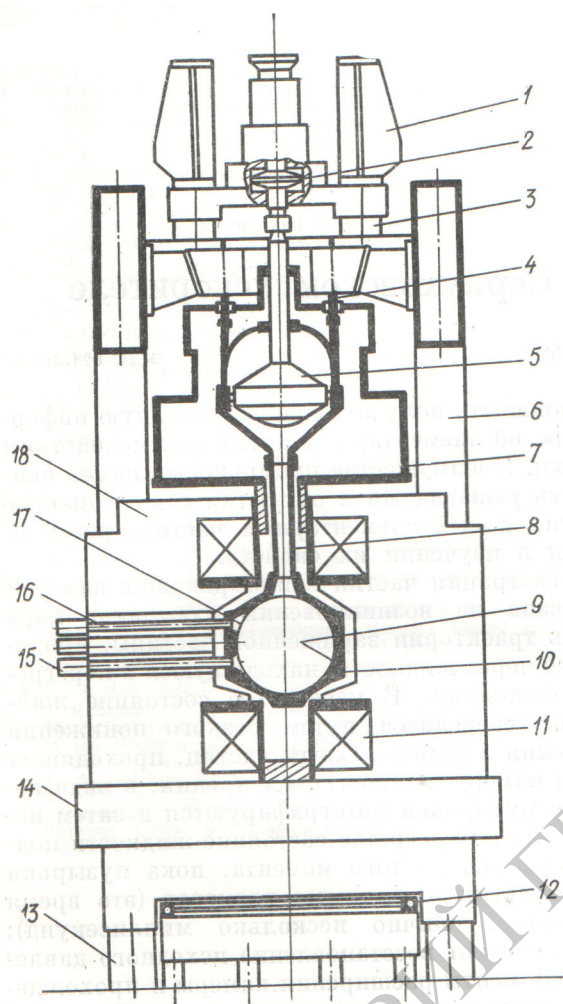


Рис. 1. Схематический поперечный разрез камеры «Мирабель»:

1 — опорная рама привода поршня; 2 — «горячий» поршень; 3 — амортизатор; 4 — шпилька для подвески камеры; 5 — поршень; 6 — несущая конструкция камеры; 7 — вакуумный кожух; 8 — горловина; 9 — скользящий; 10 — корпус камеры; 11 — катушка электромагнита; 12 — подпятники, обеспечивающие вращение установки; 13 — опорный гидродомкрат; 14 — ярмо магнита; 15 — фотокамера; 16 — объектив; 17 — сферическое окно; 18 — полюс магнита.

энергий и позволяет наблюдать полную картину сложных взаимодействий, включая регистрацию процессов образования частиц, их вторичные взаимодействия, последовательные этапы распада частиц. Большое количество содержащегося в камере водорода, являющегося одновременно и мишенью, позволяет регистрировать редкие процессы, часто представляющие особый интерес.

При создании больших водородных камер возникают новые сложные научно-технические

проблемы. Основные технические решения, воплощенные в малых водородных камерах, оказалось невозможным экстраполировать на камеры большего размера. В частности, приходится отказываться от применения больших стекол и использовать новые системы освещения и фотографирования.

Далее кратко описаны основные узлы камеры «Мирабель», размещение ее на ускорителе ИФВЭ и пучки частиц, на которых она будет работать.

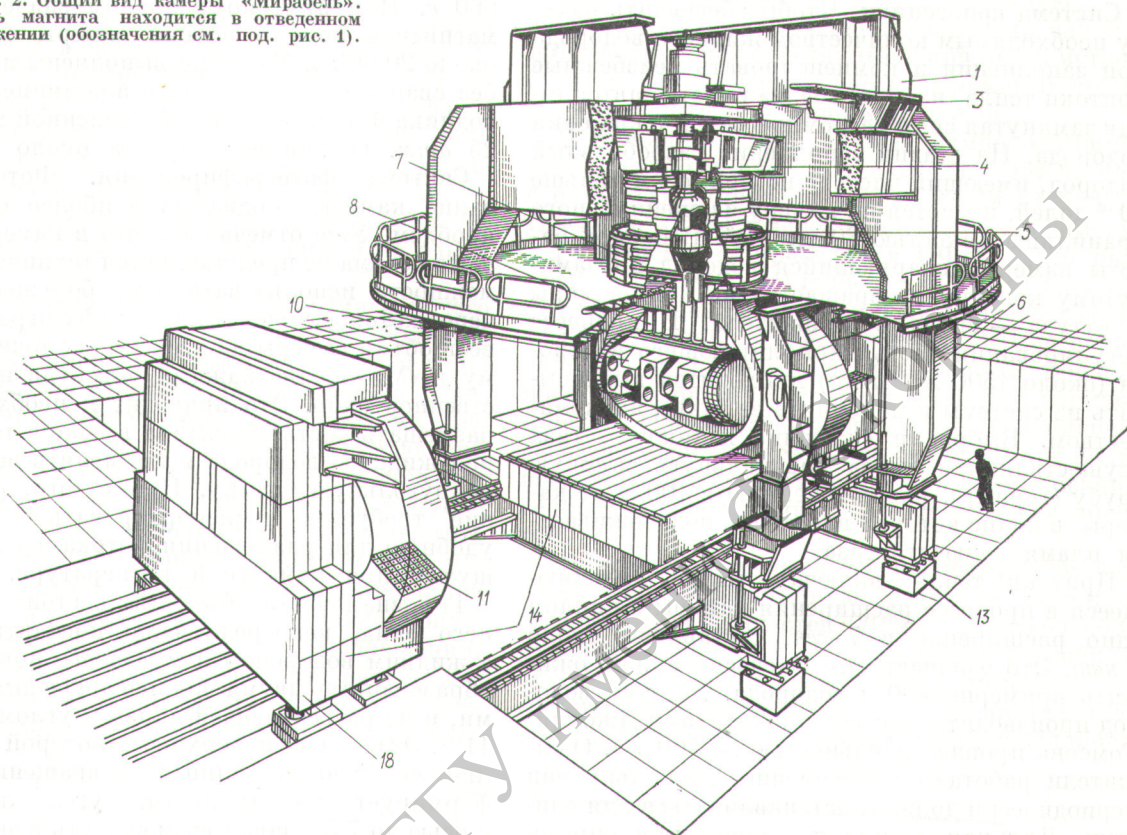
Корпус камеры. Корпус основного объема камеры (рис. 1, 2) представляет собой горизонтально расположенный цилиндрический сосуд диаметром 1,6 и длиной 4,5 м, изготовленный из алюминий-магниевый сплава. В корпусе имеется восемь отверстий диаметром 250 мм, через которые производится освещение и фотографирование рабочего объема. От верхней части сосуда отходит так называемая горловина, состоящая из восьми вертикальных труб диаметром 300 мм и высотой 1,8 м. Горловина соединяет основной объем с расширительным, в котором расположен поршень. Этот поршень диаметром 1,6 м ограничивает находящийся в камере жидкий водород, количество которого составляет 11 м³.

К корпусу камеры приварены змеевики. Через них осуществляется принудительная регулируемая циркуляция жидкого водорода. С помощью этой системы змеевиков температура жидкости в камере поддерживается с точностью несколько сотых градуса. Термоизоляция достигается путем создания вокруг охлажденных частей камеры высокого вакуума (10^{-6} мм рт. ст.). С этой целью корпус камеры заключен в вакуумный кожух. Наряду с вакуумной термоизоляцией используется также так называемая суперизоляция, состоящая из большого числа слоев тонкой алюминированной мейларовой пленки.

Система расширения. По условиям, необходимым для создания перегретого состояния жидкого водорода при температуре около 27° К и своевременного захлопывания пузырьков, давление в камере за время примерно 50 мсек должно измениться от 5 до 2 атм и снова возвратиться в исходное состояние. Это достигается за счет быстрого перемещения поршня в расширительном объеме на 6 см в обоих направлениях.

К поршню предъявляются особые требования: он должен быть достаточно легким, чтобы быстро приходил в движение, и в то же время достаточно прочным, чтобы выдерживать уско-

Р и с. 2. Общий вид камеры «Мирабель». Часть магнита находится в отведенном положении (обозначения см. под. рис. 1).



рения до 200 *g*. Выполнен поршень из специальной стали и весит 800 *кг*.

Поршень, находящийся при температуре жидкого водорода, жестко соединен с другим поршнем («горячим»), находящимся при комнатной температуре.

В отличие от камер меньших размеров, в которых привод «горячего» поршня осуществляется путем попеременной подачи давления газа на оба торца поршня, в «Мирабели» применяется принцип колебательного движения системы расширения, поскольку в противном случае пришлось бы использовать компрессоры огромной производительности. Период колебательного движения выбирается равным 50 *мсек*, а потери мощности в этом случае идут только на компенсацию эффектов затухания.

Схематически процесс расширения выглядит следующим образом. В статическом состоянии горячий поршень фиксируется специальным запором. Нижний торец поршня находится при высоком давлении, а верхний — при низком. Когда в нужный момент времени запор убирается, то поршень начинает двигаться вверх.

При этом давление на его верхнем торце начинает возрастать. Начальное давление выбирается таким, чтобы к концу периода поршень вернулся в исходное положение. Практически к концу периода давление на верхнем торце приходится несколько увеличивать, с тем чтобы компенсировать затухание и вернуть поршень в первоначальное положение с нулевой скоростью. В этот момент запор приводится в действие, и начальные условия восстанавливаются. Практическая реализация этого принципа расширения является весьма сложным делом. В особенности это касается запора, который представляет собой тщательно разработанную систему, обеспечивающую высокую точность, воспроизводимость и надежность.

Общий вес движущейся части системы расширения составляет приблизительно 2 *т*. Потребляемая мощность питания системы расширения при частоте один раз в 7 *сек* составляет 60 *квт*. Удовлетворительные условия работы камеры были получены при следующих условиях: температуре 26,5° *К* и степени расширения 0,9%.

Система криогеники. Чтобы обеспечить камеру необходимым количеством жидкого водорода при заполнении и компенсировать неизбежные притоки тепла, на «Мирабели» имеется автономная замкнутая система компрессии и ожижения водорода. На стадии заполнения газообразный водород, имеющий чистоту по примесям меньше 10^{-6} долей, подается на камеру из специального хранилища емкостью 30 тыс. m^3 . В период работы камеры испаряющийся водород по замкнутому контуру возвращается на компрессоры и оттуда — снова в ожижители. В процессе регулирования часть циркулирующего водорода (около $1500 m^3/сутки$) приходится выбрасывать из системы и пополнять ее таким же количеством. Выброс и сжигание излишнего газа осуществляются через специальную высокую трубу (торшер), расположенную в 100 м от камеры, в конце которой постоянно поддерживается пламя горючего газа.

Притоки тепла, включая тепло, выделяющееся в процессе расширения камеры с циклом одно расширение в 7 сек, составляют около 4 кт. Это означает, что ежечасно нужно ожижать примерно 400 л водорода. Жидкий водород производится двумя ожижителями Джоуля-Томсона производительностью по 500 л/ч. Очижители работают попеременно, поскольку они периодически должны останавливаться для очистки. Для накопления и поддержания определенного резерва жидкого водорода в системе имеется водородный дьюар емкостью 10 m^3 .

Особое внимание уделено чистоте водорода. Для безопасной работы требуется, чтобы в жидком водороде примесь кислорода была менее 10^{-8} объемных долей. С этой целью в системе предусмотрены блоки дополнительной очистки водорода от примесей, в частности от кислорода, а также установлены датчики, контролирующие примесь кислорода как в газовой, так и в жидкой фазах. Потребление жидкого азота системой криогеники камеры составляет 12—25 $m^3/сутки$.

На случай опасной ситуации (потери теплоизоляции, утечки водорода и т. п.) в системе предусмотрена возможность быстрого выброса водорода через торшер.

Магнит. Магнитное поле в камере создается электромагнитом с С-образным железным ярмом. Полюса магнита выполняют роль боковых стенок вакуумного кожуха. В одном из полюсов для размещения объективов имеется восемь сквозных отверстий. Магнитное поле возбуждается двумя катушками, через которые проходит постоянный ток 16 600 а напряжением

660 в. При этом номинальном значении тока магнитное поле в объеме камеры составляет около 20 000 э. Катушки выполнены из единого без сварных стыков полого алюминиевого проводника и охлаждаются обессоленной водой при 25 атм. Общий вес магнита около 1000 т.

Система фотографирования. Фотографирование камеры — одна из наиболее серьезных проблем. Уже отмечалось, что в камерах большого объема не представляется технической возможности использовать одно большое стекло, через которое можно было бы сфотографировать весь объем камеры из нескольких точек. Поэтому в «Мирабели» каждый объектив имеет собственное окно. Это приводит к необходимости размещать часть объектива в зоне с температурой жидкого водорода и применять весьма широкоугольную оптику. Кроме того, изображение требуется транспортировать в область, удобную для размещения фотокамер и находящуюся при комнатной температуре.

Головная часть объектива состоит из переднего окна, непосредственно контактирующего с жидким водородом и имеющего поверхность, образованные двумя концентрическими сферами, и из рассеивающей линзы с углом раствора 110° . Эта линза, поверхность которой представляет собой часть эллипсоида вращения, трансформирует максимальный угол лучей 55° с осью до $7,5^\circ$, давая возможность использовать далее обычную, хотя и усложненную, систему передачи изображения. Эта система транспортирует его на расстояние 2,4 м, т. е. за полюс магнита. Она содержит также элементы, корректирующие вносимые эллиптической линзой искажения. Размеры изображения пузырька на пленке по полю фотографирования составляют 20—50 $m\mu$. Величина дисторсии на краю кадра не превышает 3%. Глубина резкости объективов такова, что приемлемые размеры изображений пузырьков получаются примерно с 2/3 всего объема камеры.

В процессе разработки и создания объективов были решены весьма тонкие технические проблемы, такие, как сохранение точности оптической системы при толчках, которым она подвергается во время расширения, компенсация температурных смещений, возникающих при охлаждении камеры, и т. д. Кроме того, весьма важным является вопрос вакуума, в котором располагается холодная часть объектива, поскольку газовые примеси даже в самых небольших количествах будут конденсироваться на стеклянных поверхностях и нарушать оптические свойства объектива.

Чтобы сфотографировать весь рабочий объем камеры с необходимым для сшивки результатов перекрытием, а также обеспечить последующую стереореконструкцию треков, в «Мирабели» используется восемь объективов. Фотографирование производится на 70-миллиметровую перфорированную пленку. Восемь кадров, соответствующих полной стереофотографии рабочего объема камеры, размещаются на трех пленках: на двух пленках по три кадра и на одной (средней) — два кадра.

Система освещения. Для освещения рабочего объема «Мирабели», как и других больших водородных камер, используется новая система освещения. Она основана на применении хорошо известного сейчас материала скочлайт. Его особенность состоит в том, что падающий на него под любым углом свет отражается под тем же углом обратно с небольшим конусом рассеяния. Если источник света поместить в объективе, а внутренние стенки камеры покрыть скочлайтом, то весь свет снова вернется в объектив и создаст достаточно равномерную освещенность по всему полю изображения. И только рассеянный на пузырьках свет не попадет в объектив и тем самым образует неосвещенное изображение пузырьков на пленке.

Скочлайт представляет собой прозрачную пленку, в которую равномерно по площади наполовину погружены стеклянные шарики диаметром 20 мкм. Погруженная часть шариков покрыта отражающим металлическим слоем.

Источниками света служат лампы-вспышки, расположенные вне ярма магнита. Свет от них с помощью световодов направляется на эллиптическую линзу и через нее попадает в камеру.

Размещение «Мирабели» в ИФВЭ. Для размещения камеры «Мирабель» в ИФВЭ был сооружен специальный павильон площадью $18 \times 66 \text{ м}^2$, расположенный в конце 350-метровой галереи, являющейся, в свою очередь, продолжением основного экспериментального корпуса (рис. 3). Общее расстояние от внешней мишени до камеры составляет около 500 м. Такое большое расстояние необходимо для формирования сепарированных пучков частиц высоких энергий.

По условиям техники безопасности павильон имеет легкосбрасываемую крышу и высокую степень остекления стен (70%). Павильон оборудован аварийной вентиляцией, способной осуществлять 40-кратный обмен воздуха 1 ч. Аварийная вентиляция включается автоматически в тех случаях, когда концентрация водорода

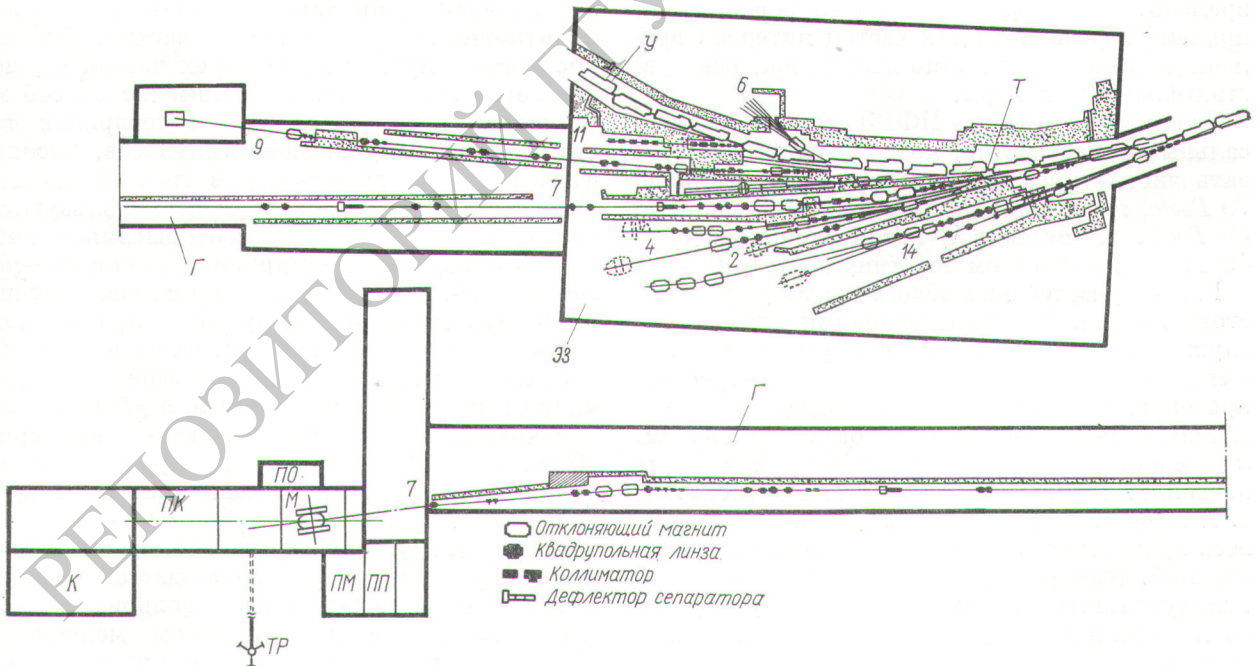


Рис. 3. Схема расположения каналов пучков частиц и экспериментальных установок на ускорителе ИФВЭ:

1, 2, 4, 6, 7, 9, 14 — зоны каналов; 7 — зона канала для камеры «Мирабель»; У — ускоритель; ЭЭ — экспериментальный зал; Г — галерея; М — камера «Мирабель»; ПК — павильон камеры; К — здание компрессорной; ПО — здание ожигателей; ПМ — пульт управления камерой; ПП — пульт управления пучком; ТР — торшер; Т — мишень канала 7.

по показаниям многочисленных датчиков, имеющих в разных местах павильона, достигает некоторого заданного уровня.

Для монтажа камеры и проведения на ней ремонтных и профилактических работ павильон оснащен двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 20 и 80 т.

К павильону непосредственно примыкают здания ожигателей, компрессоров и вспомогательных помещений. В последнем здании расположены центральный пульт управления камерой, пульт управления каналом частиц, мастерские и другие производственные и лабораторные помещения. Ко всему этому комплексу подведены газовые коммуникации, по которым камера обеспечивается водородом, гелием и азотом, обессоленной водой и электроэнергией, включая аварийное питание от аккумуляторных батарей. Последнее необходимо для питания так называемых неотключаемых нагрузок, например вакуумных насосов.

Пучки частиц для камеры. Важным условием эффективного использования пузырьковых камер в физических экспериментах является создание для них пучков частиц определенного сорта с заданным импульсом. Кроме того, во всех случаях частицы должны проходить через камеру в строго определенный момент времени, согласованный с фазой расширения, причем разрешенный для частиц интервал времени должен быть заметно меньше времени чувствительности камеры.

Для «Мирабели» в ИФВЭ создан универсальный канал частиц, позволяющий формировать чистые пучки протонов с импульсами до 70 Гэв/с, π^- -мезонов до 60 Гэв/с, π^+ -мезонов до 50 Гэв/с, K^+ -мезонов и антипротонов до 35—40 Гэв/с и разбросом по импульсам $\pm 0,25\%$.

Рассмотрим теперь в общих чертах устройство этого канала. Источником частиц для канала служит вынесенная за пределы ускорителя мишень, на которую падает пучок ускоренных протонов. Пучок протонов выводится из ускорителя с помощью системы быстрого вывода. Эта чрезвычайно сложная и тонкая система позволяет за время в несколько микросекунд, т. е. за один оборот, вывести из ускорителя или весь пучок, или его часть в зависимости от требований. Выведенный пучок протонов системой квадрупольных магнитных линз фокусируется на мишень в пятно размером в несколько миллиметров.

Головная часть канала, состоящая из коллиматоров, отклоняющих магнитов и квадрупольных магнитных линз, осуществляет отбор обра-

зованных в мишени вторичных частиц по знаку заряда и импульсу. Одновременно с этим происходит формирование промежуточного изображения источника в заданном месте. Однако в этом месте пучок представляет собой еще смесь частиц. Например, если отобраны отрицательно заряженные частицы, то в смеси присутствуют π^- , K^- -мезоны и антипротоны. Для разделения частиц по массам используются высокочастотные электрические поля.

Принцип сепарации частиц по массам состоит в следующем. Представим себе для простоты пучок, состоящий из смеси частиц двух значений масс и имеющий одинаковый импульс. Важно обратить внимание на то, что эти частицы будут иметь различные скорости, поэтому легкие частицы достигают заданной точки в пространстве раньше, чем тяжелые. Включим теперь в каком-то месте на пути пучка поперечное высокочастотное электрическое поле. В этом поле частицы обоих сортов отклоняются на некоторый угол α . Если теперь на расстоянии, равном половине длины волны высокочастотного поля, включить снова такое же поле, но в противофазе, то легкие частицы будут возвращены в исходное направление, а тяжелые получат отклонение 2α . Установив поглотитель на пути легких частиц, мы таким образом сможем получить чистый пучок тяжелых частиц. Выделение чистого пучка из смеси трех частиц осуществляется принципиально таким же способом. Чтобы обеспечить возможность сепарации частиц в широком диапазоне импульсов, высокочастотное поле включается в трех определенных местах канала. При этом используются несколько иные фазовые соотношения полей.

Таким образом формируются пучки K^\pm -мезонов, π^+ -мезонов и антипротонов. Пучки протонов и π^- -мезонов получаются практически чистыми без применения высокочастотных полей.

Поскольку скорости частиц высоких энергий мало отличаются друг от друга, а длина волны высокочастотного поля составляет примерно 10 см, становится ясным, зачем нужна большая длина для формирования сепарированных пучков частиц.

Вернемся к устройству канала. Промежуточное изображение источника создается как раз в центре первого 6-метрового волновода. Волновод возбуждается клистроном мощностью 20 Мвт на частоте 2855 Мгц с длительностью импульса до 8 мксек. Высокочастотное поле волновода создает поперечную компоненту импульса частиц до 35 Мэв/с.

На канале установлены три таких волновода. Элементы магнитной оптики на этом участке канала обеспечивают необходимую фокусировку частиц. Конечная часть канала, имеющая в своем составе те же элементы, что и головная, производит окончательный импульсный анализ и формирует пучок частиц с требуемыми размерами и угловой расходимостью на камеру.

В общей сложности в канале установлено шесть отклоняющих магнитов типа СП-7А с длиной магнитной дорожки 6 м и апертурой 50×20 см, 24 квадрупольные магнитные линзы типа 20К-200 длиной 2 м и апертурой 20 см и восемь дистанционно управляемых коллиматоров. На протяжении всего канала (за исключением небольших участков) установлена вакуумная камера. Мощность питания оборудования канала составляет 15,6 Мвт.

* * *

Камера «Мирабель» после испытания в Сакле в 1970 г. перевезена в ИФВЭ и к весне 1971 г. полностью смонтирована. В июне были проведены комплексные технические испытания камеры и получены первые фотографии в пучке

протонов при энергии 70 Гэв. В октябре 1971 г. проведен первый физический сеанс на пучке протонов при энергиях 70 и 50 Гэв, в результате которого получили более 30 000 фотографий. Одна из фотографий показана на рис. 4. Видны два случая РР-взаимодействия, сопровождающихся образованием в основном π -мезонов. Два из них претерпели вторичное взаимодействие. Зафиксирован также распад нейтральной странной частицы, образовавшейся в одном из РР-взаимодействий. Видимые на снимке перекрестия представляют собой реперные метки, нанесенные на скотчлайт и используемые при геометрической реконструкции треков. Пучок протонов в этом сеансе получался от внутренней мишени за счет упругого рассеяния. Для наведения ускоренного пучка протонов на мишень применялась специальная система кратковременного сброса.

Оборудование системы быстрого вывода протонов из ускорителя и высокочастотные сепараторы доставлены из ЦЕРНа и смонтированы в ИФВЭ. Первые сепарированные пучки К-мезонов для камеры «Мирабель» планируется создать к середине текущего года, а до этого

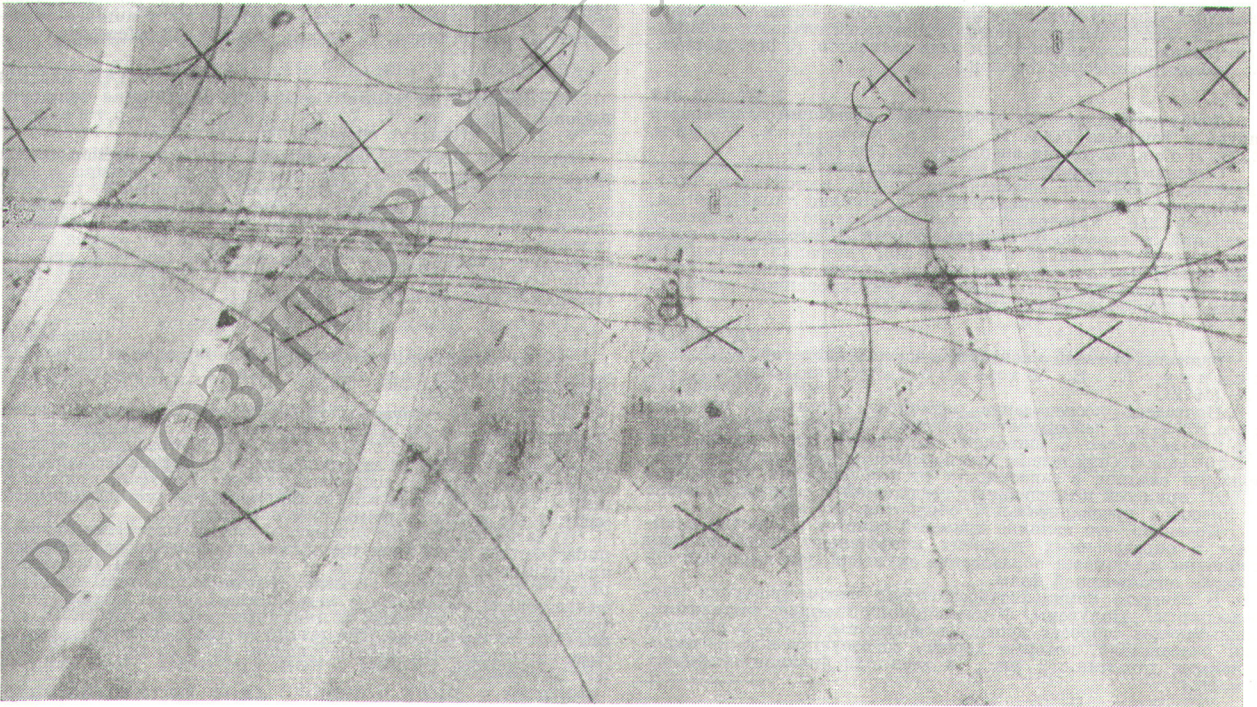


Рис. 4. Фотография камеры «Мирабель» в пучке протонов с энергией 70 Гэв.

предполагается завершить набор необходимого числа фотографий в пучке протонов.

Первый просмотр фотографий с «Мирабели» показал, насколько богатые возможности для изучения явлений при высоких энергиях от-

крываются перед физиками. Несомненно, что исследования с помощью камеры «Мирабель» на ускорителе ИФВЭ принесут много новых интересных физических результатов.

Поступила в Редакцию 24/1 1972 г.

Рефераты статей, опубликованных в настоящем выпуске

УДК 621.384.6

«Зеркальный захват» сильнооточного самофокусирующегося пучка релятивистских электронов на замкнутую орбиту. К. В. Ходатаев. «Атомная энергия», 32, 379 (1972).

Обсуждаются некоторые свойства самофокусирующихся пучков, известные из экспериментов, в частности их способность «отражаться» от проводящих поверхностей. На основе развитых элементарных представлений рассматриваются особенности захвата сильнооточных пучков на круговую орбиту, с помощью которого, как следует из оценок, можно получать электронные кольца с малыми габаритами, содержащие 10^{15} – 10^{16} электронов. (2 рис., 1 табл., 11 библиографических ссылок.)

УДК 543.51:621.384.633.8

Экспериментальное исследование микротрона как источника нейтронов для активационного анализа. В. К. Бровцын, В. Н. Самосюк, Ю. М. Ципенюк. «Атомная энергия», 32, 383 (1972).

Экспериментально исследованы на микротроне характеристики фотонейтронных конвертеров из свинца и бериллия, измерены пространственные распределения быстрых и медленных нейтронов, γ -излучения, абсолютные величины интегральных выходов и потоков нейтронов при энергии электронов 13 и 29 Мэв. Определены пороговые чувствительности нейтронно-активационного анализа для ряда элементов. (5 рис., 1 табл., 13 библиографических ссылок.)

УДК 533.951

Возбуждение спектра собственных колебаний плазменного шнура в токамаке ТО-1. Н. В. Иванов, И. А. Кован, Е. В. Лос. «Атомная энергия», 32, 389 (1972).

Описаны эксперименты по возбуждению спектра магнитозвуковых колебаний плазменного шнура в токамаке ТО-1. Добротность плазмы, определенная по ширине линий спектра, достигала 250. Установлено, что поглощение возбуждаемых колебаний не связано со столкновениями. Показано, что передача ВЧ-энергии плазме возможна при генерации выбранного типа колебаний с применением обратной связи, а также на плотной части спектра от генератора с фиксированной частотой. (5 рис., 13 библиографических ссылок.)

УДК 541.15

Радиолиз синтина в контакте с азотной кислотой. И. П. Солянина, Е. В. Барелко. «Атомная энергия», 32, 395 (1972).

Проведено исследование радиолиза синтина в контакте с 3 M.HNO₃ под действием γ -излучения Co⁶⁰ при мощности дозы $2,3 \cdot 10^{18}$ эв/мл·сек в широком интервале доз вплоть до $6,7 \cdot 10^{20}$ эв/мл. Определены закономерности радиационного разложения синтина в зависимости от концентрации кислорода, HNO₃, примесей непредельных соединений и спиртов, а также от способов предварительной обработки синтина.

Показано, что наличие примесей спиртов в синтине повышает в определенных условиях коэффициент распределения циркония и вызывает образование эмульсий при щелочной обработке органической фазы.

В качестве комплексобразователя рассматриваются нитроалколы. Получены формально-кинетические выражения, описывающие скорости процессов радиолиза HNO₃ и нитрования разбавителя, которые хорошо согласуются с экспериментальными данными. (5 рис., 3 табл., 13 библиографических ссылок.)

UDC 621.384.6

Mirror Capture of a High-Current Self-Focussing Relativistic Electron Beam on a Closed Orbit by K. V. Khodataev. *Atomnaya energiya*, 32, 379 (1972).

There are discussed certain properties of self-focussing beams which have been noted in various experiments, in particular, their ability to be «reflected» from conducting surfaces. On the basis of developed elementary theory self-focussing beam capture on a circular orbit is considered. It is estimated that electron rings having small dimensions and containing 10^{15} – 10^{16} electrons may be obtained. (2 figures, 1 table, 11 references.)

UDC 543.51:621.384.633.8

The Microtron as a Neutron Source for Activation Analysis by V. K. Brovtsyn, V. N. Samosyuk and Yu. M. Tsipenyuk. *Atomnaya energiya*, 32, 383 (1972).

The results of an experimental study on a microtron of the properties of lead and beryllium photoneutron converters are reported. The spatial distributions of fast and slow neutrons, bremsstrahlung, absolute integral yields and neutron fluxes at electron energies of 13 and 29 MeV were measured. The threshold sensitivities of the neutron activation analysis for a number of elements were determined. (5 figures, 1 table, 13 references.)

UDC 533.951

The Spectrum of Natural Oscillations of a Plasma Column in Tokamak TO-1 by N. V. Ivanov, I. A. Kovan and E. V. Los. *Atomnaya energiya*, 32, 389 (1972).

There are described experiments in the excitation of the spectrum of magnetic-acoustic oscillations of a plasma column in Tokamak TO-1. The Q of the plasma, determined by the width of the spectral lines, reached a value of 250. It was established that the absorption of excited oscillations is not due to collisions. It was shown that a transfer of r.f. energy to the plasma is possible when generating a selected mode using feedback, and also in the dense portion of the spectrum from a fixed-frequency generator. (5 figures, 13 references.)

UDC 541.15

Radiolysis of Synthetic Petrol in the Presence of Nitric Acid by I. P. Solyanina and E. V. Barelko. *Atomnaya energiya*, 32, 395 (1972).

There has been investigated the radiolysis of synthetic petrol in the presence of 3M HNO₃ under the action of γ -radiation from Co⁶⁰ at a dose rate of $2,3 \cdot 10^{18}$ eV/ml·s in a broad range of doses up to $6,7 \cdot 10^{20}$ eV/ml. The dependence of radiation decomposition of synthetic petrol on the concentrations of oxygen, nitric acid, olefins and alcohols, as well as the method of preliminary treatment of the synthetic petrol, was determined.

It is shown that the presence of alcohol impurities increases under certain conditions the zirconium distribution coefficient and results in the formation of an emulsion when the organic phase is treated by an alkaline. Nitroalcohols were considered as the central atoms. There were obtained formal kinetic expressions describing the rates of radiolysis processes of HNO₃ and nitration of the diluent. The results of the calculations are in close agreement with the experimental data. (5 figures, 3 tables, 13 references.)