

82-301



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

P9-82-301

А.Г.Белов, П.Г.Бондаренко, Ч.Шимане, М.Вогнар

МИКРОТРОН МТ-22

1982

Для решения многих задач как научного, так и прикладного характера необходимы высокоинтенсивные источники гамма- и нейтронного излучения. Одним из путей, позволяющих получить оба вида излучения, является использование электронных ускорителей, в частности микротрона.

В течение многих лет в Лаборатории ядерных реакций успешно эксплуатировался микротрон МТ-17 на энергию 16 МэВ /мощность в пучке 0,5 кВт/, разработанный в Институте физических проблем АН СССР и запущенный в 1973 году. За эти годы микротрон зарекомендовал себя как удобный, надежный и достаточно простой инструмент для проведения научных исследований<sup>/1-3/</sup>, а также для решения определенных аналитических задач. Получаемые на ускорителе интенсивные гамма- и нейтронное излучения позволили разработать ряд высокочувствительных методик гамма-активационного и нейтронно-активационного анализа содержания элементов в веществе<sup>/4-9/</sup>.

Требования к чувствительности анализов и диапазону анализируемых элементов непрерывно возрастают. Однако повысить достигнутый на МТ-17 предел чувствительности анализов при тех же параметрах ускорителя трудно, к тому же этот ускоритель не позволяет проводить анализ таких элементов, как кислород, углерод, калий и др., из-за высокого порога фотоядерных реакций для этих элементов. Единственным путем, позволяющим положительно решать обе эти задачи, является повышение энергии ускоренных электронов, что, с одной стороны, повысит мощность тормозного излучения и выход нейтронов из имеющихся конверторов, а с другой - даст возможность активировать ряд новых элементов.

В связи со всем вышесказанным в 1976 году было принято решение о строительстве микротрона на более высокую по сравнению с энергией имеющегося ускорителя энергию ускоренных электронов. При выборе варианта микротрона, его параметров принимались во внимание цели, побудившие к постройке нового ускорителя, наличие готового помещения, обеспечивающего необходимую радиационную безопасность, возможность комплектования микротрона готовым или серийным оборудованием, безопасность при проведении ремонтных работ.

Анализ этих начальных условий привел к заключению, что наиболее подходящим ускорителем будет микротрон на энергию ускоренных электронов 22-24 МэВ, строительство которого не потребует больших капитальных и физических затрат.

Конструирование и изготовление узлов принятого варианта микротрона осуществлялось одновременно в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ и Политехническом институте /г.Прага/. Руководством при проведении необходимых инженерных расчетов отдельных узлов ускорителя служила широко известная работа<sup>/10/</sup>. Были изготовлены два микротрона, один из которых установлен в Лаборатории ядерных реакций и запущен летом 1980 года. Другой микротрон находится в Политехническом институте /г.Прага/. Оба ускорителя имеют одинаковые параметры, комплектность и отличаются только компоновкой. В этом сообщении рассказывается о результатах совместной работы и о конструкции микротрона, установленного в Лаборатории ядерных реакций.

### 1. СВЧ СИСТЕМА, РЕЗОНАТОР

Основу СВЧ системы микротрона составляет широко распространенный на ускорителях электронов надежный в работе и простой в эксплуатации генератор магнетронного типа с мощностью в импульсе 2 МВт, длительностью импульса 3 мкс и рабочей частотой около 3 ГГц. Используемый в этом генераторе магнетрон с перестраиваемой частотой упрощает конструкцию некоторых узлов микротрона и, в итоге, его эксплуатацию.

Генератор /1/, рис.1, и модулятор /5/ к нему, рис.2, располагаются в зале ускорителя. Подача высокочастотной мощности в резонатор /10/, рис.1, осуществляется по волноводу прямоугольного сечения /72x44 мм/. Волноводный тракт, расположенный горизонтально, находится в одной плоскости с магнетроном и резонатором и состоит из минимального количества элементов, необходимых для устойчивой работы микротрона:

- а/ трансформатора типа волн /2/ для перехода с круглого сечения магнетрона на прямоугольное сечение волновода;
- б/ фазовращателя /3/ для регулировки фазы высокочастотных колебаний;
- в/ ферритового вентиля /5/ для развязки генератора и нагрузки /резонатора/;
- г/ трех волноводных вставок: для подключения магниторазрядного насоса /6/; для поворота на 90° СВЧ мощности - изгиб по широкой стенке /8/; для крепления резонатора /9/. Общая длина волновода - около 2 м. Примерно посередине - между фазовращателем и ферритовым вентилем - установлено кварцевое стекло /4/ для отделения вакуумной части ускорителя от остальной части волновода. Для обеспечения надежной и длительной работы кварцевое стекло обдувается воздухом.

На микротроне используются резонаторы первого и второго режима ускорения, разработанные в ИФП АН СССР<sup>/10/</sup>. Резонаторы

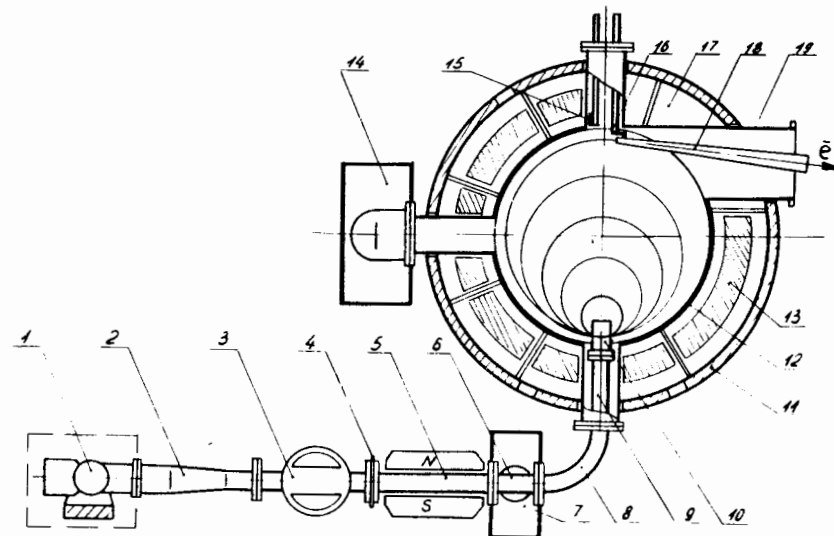


Рис.1. Схема микротрона.

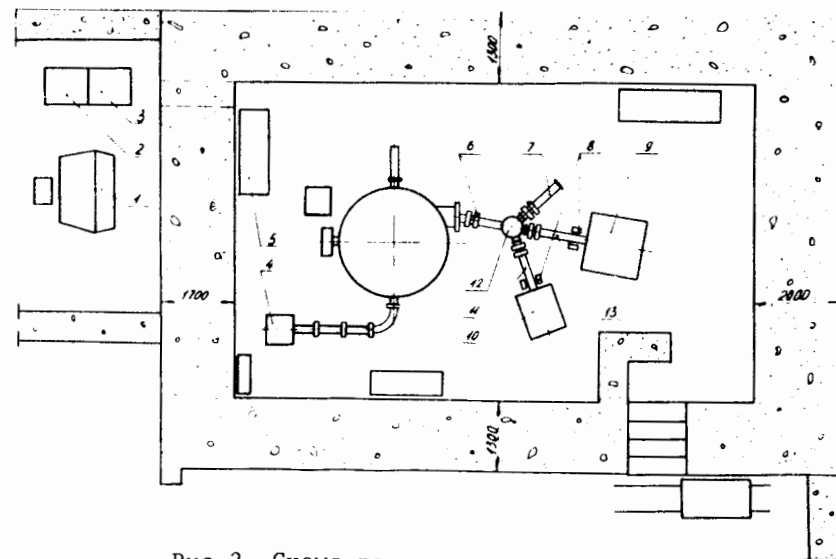


Рис.2. Схема размещения микротрона.

изготавливаются из целого куска бескислородной меди и имеют одну съемную крышку. Корпус резонатора и крышка охлаждаются водой. В качестве эмиттера электронов используется термокатод прямого накала из гексаборида лантана. Срок службы катода составляет в среднем около 150 часов и равен сроку службы самого резонатора, после чего резонатор требует чистки внутренней поверхности.

За все время эксплуатации микротрона со дня его пуска не было замечено в работе СВЧ системы пробоев, искрений или других отклонений от нормы.

## 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТ, КАМЕРА, ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА

Успешный запуск микротрона и последующая его работа во многом определяются качеством изготовления магнита /от стадии конструирования до сборки/, так как это, в конечном итоге, влияет на один из основных параметров ведущего магнитного поля - его однородность. Поэтому изготовлению магнита, его механической обработке было уделено особое внимание.

На основе имеющихся теоретических выводов и практических рекомендаций<sup>/10/</sup> был проведен расчет магнитной системы, а по принципу подобия с известными магнитами выбран профиль полюсов. Магнит II микротрона броневое типа полностью изготовлен из железа марки Армко. Полюса магнита плоские, имеют кольцевые шиммы и кольцевой паз. После предварительной обработки все детали магнита прошли отжиг. Материал полюсов был подвергнут дефектоскопическому анализу.

Как показали магнитные измерения, неоднородность поля в круговой области радиусом 42 см не превышает 0,15%, что соответствует расчету для этой области ускорения электронов. Небольшая неоднородность в районе выводного патрубка /19/ находится за пределами рабочей области и не влияет на прохождение электронов по крайним орбитам.

Следует отметить, что сечение ярма и обратного магнитопровода, а также наружный диаметр магнита были увеличены на 20% относительно расчетных на случай перехода на работу с генератором, имеющим длину волны короче 10 см /что вполне возможно в будущем/. Окончательные размеры магнита приводятся ниже:

диаметр магнита наружный	- 1440 мм
диаметр полюсов	- 900 мм
расстояние между полюсами	- 100 мм
вес магнита /с обмотками/	- 2000 кг
количество витков в обмотках	- 56 /2x28/
ток в обмотке магнита	- 250 А
мощность питания магнита /во втором режиме/	- 3 кВт

Обмотки /17/ магнита выполнены из медной трубки сечением 11,5x11,5 мм с внутренним отверстием для охлаждения  $\varnothing 8$  мм. Трубка изолирована стеклолентой, обработана эпоксидным компаундом с горячим затвердеванием. Обмотка, изготовленная по такой технологии, представляет собой монолитный диск, очень удобна и надежна в эксплуатации, работает в ненапряженном режиме, при необходимости может использоваться для прогрева полюсов при получении вакуума.

Камера /12/ микротрона изготовлена из стали марки X18H9T и имеет форму кольца с гладкой внутренней стенкой. Это кольцо было сварено из двух полуколец, после чего прошло отжиг. Камера крепится к нижнему полюсу с помощью планок и уплотняется шнуром из вакуумной резины сечением 5x5 мм. Камера имеет четыре прямоугольных патрубка и четыре окна под вакуумные разъемы.

Вакуумный объем микротрона вместе с участком волновода и электропроводами составляет 0,1 м<sup>3</sup>. Для получения высокого /10<sup>-6</sup> Тор/ вакуума в камере используются два магниторазрядных насоса: один из них /14/, НМДО-0,25, подключен непосредственно к камере, другой /7/, НМДО-0,1, служит для откачки вакуумной части волновода. Предварительный вакуум /10<sup>-2</sup> Тор/ создается форвакуумным насосом через ловушку, охлаждаемую жидким азотом. Оба высоковакуумных насоса навесные, подсоединяются к объему с помощью патрубков, имеющих вентили. Подобная схема подсоединения магниторазрядных насосов удобна в эксплуатации, поскольку насосы всегда находятся под вакуумом, а следовательно, в рабочем состоянии. Это позволяет получать необходимый вакуум в камере без больших затрат времени.

## 3. ВЫВОД И ТРАНСПОРТИРОВКА ПУЧКА УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Ускоренные электроны с последней орбиты выводятся за пределы ускорителя с помощью магнитного канала /18/ конической формы. Для исключения возмущающего действия канала на предыдущие орбиты установлены две шиммы<sup>/11/</sup> длиной по 180 мм и по форме аналогичные начальному участку магнитного канала. Шиммы расположены в одной плоскости /перпендикулярно полюсу/ с каналом и крепятся к нему с помощью кронштейна. Эффективность вывода электронов превышает 90%. Вертикальный размер пучка электронов на выходе из камеры - около 5 мм, горизонтальный - 25 мм. Для подстройки выводного канала на орбиту используется зонд /16/. Измерение тока электронов на орбитах осуществляется подвижным зондом /15/. Как видно из рис.1, патрубок /19/ для вывода ускоренных электронов широкий. На первом этапе вывод осуществлен с одной орбиты. Однако в будущем в этом патрубке будет смонтировано устройство для вывода электронов с нескольких орбит.

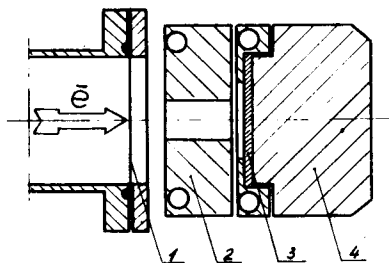


Рис.3. Узел тормозной мишени.

Поскольку эксперименты на микротроне проводятся на электронном, нейтронном и гамма-пучках, то это обстоятельство повлияло на конструкцию системы транспортировки электронов /рис.2/. Электроны после вывода из ускорителя фокусируются двумя квадрупольными линзами /6/ и направляются в камеру поворотного магнита /12/, имеющего круглые полюса диаметром 220 мм с зазором 40 мм. В зависимости от требований экспери-

мента поворотным магнитом пучок электронов может быть направлен по одному из трех электроноводов /7,11,13/, на каждом из них установлено еще по паре квадрупольных линз. Апертура всех линз - 50 мм, длина - 120 мм. Сфокусированный пучок электронов через выпускное окно /1/, рис.3, из алюминия /фольга толщиной 100 мкм, диаметром 40 мм/ направляется на тормозную мишень /3/. Перед тормозными мишенями на электроноводах установлены корректирующие магниты /8/, рис.2, для смещения пучка в вертикальной плоскости. Все разъемные соединения электроноводов, а также выпускные окна уплотняются свинцовыми прокладками. Свинец в качестве вакуумного уплотнения в данном случае очень удобен, поскольку он пластичен, слабо активизируется в гамма- и нейтронных полях, позволяет изготавливать прокладки любой конфигурации.

#### 4. УПРАВЛЕНИЕ УСКОРИТЕЛЕМ. ПИТАНИЕ ЕГО УЗЛОВ

При разработке схем управления, блокировки и сигнализации ставилось целью максимальное упрощение как электрической, так и монтажной схем при сохранении всех функций, необходимых для надежной и безопасной эксплуатации микротрона. Сведено к минимуму количество коммутирующих элементов и их типов. Все функции по управлению микротроном, подготовке его к работе, а также контроль за состоянием отдельных систем ускорителя и режимом ускорения осуществляются с пульта управления /1/, рис.2. Вся коммутационная аппаратура смонтирована в отдельном шкафу /3/, что обеспечивает легкий доступ при ремонтных и профилактических работах.

Общее питание микротрона осуществляется от лабораторной сети напряжением 380 В. Отдельные же системы /СВЧ, источники постоянного тока для питания отдельных узлов/ питаются от преобразова-

теля ВПЛ-50 с выходным напряжением 220 В, частотой 388 Гц. Повышенная частота питающей сети позволила выполнить все источники постоянного тока компактными и вместе со схемами стабилизации разместить в нескольких блоках стандартной радиотехнической стойки /2/. Исключение составляет только выпрямитель для питания обмоток магнита: из-за своих размеров, а также величины постоянного тока /250 А/ он размещен в зале ускорителя под магнитом.

Питание всех узлов по постоянному току стабилизировано: основного магнита - с точностью  $2 \cdot 10^{-4} \%$ , остальных узлов микротрона - с точностью  $5 \cdot 10^{-4} \%$ .

#### 5. КОМПОНОВКА УСКОРИТЕЛЯ

При конструировании микротрона пришлось учитывать условия его размещения в готовом помещении, построенном для других целей. Как видно из рис.2, длина зала ускорителя в два раза больше его ширины. Поэтому весь комплекс оборудования микротрона расположен вдоль большей оси этого помещения. При таком расположении несколько уменьшается полезная площадь для размещения физической аппаратуры, но этот недостаток компенсируется тем, что к любому узлу микротрона и работающей на нем установке имеется свободный доступ.

При расположении отдельных систем микротрона /СВЧ, питания, охлаждения/ нашей целью было достижение удобства при монтаже и эксплуатации, безопасной работы при проведении ремонтных операций, радиационной безопасности при работающем ускорителе. Мы не пытались добиться компактности всего ускорителя. Этого достигнуть трудно, поскольку микротрон имеет разветвленную систему транспортировки пучка электронов, тяжелое оборудование в виде графитового замедлителя /9/ нейтронного канала и локальной защиты /10/ гамма-канала.

Известно, что тормозное излучение имеет направленный характер. Поэтому гамма- и нейтронный каналы направлены в сторону более мощной бетонной защиты и в то же время в сторону, противоположную пульту управления, что значительно снижает уровень гамма-фона в пультовой комнате, находящейся на одном уровне с микротроном. Снижению гамма-фона от резонатора и выходного канала способствует свинцовая защита /13/, рис.1, расположенная в зазоре между катушками электромагнита.

#### 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПУЧКА УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Программа работ на микротроне в основном рассчитана на использование мощного тормозного и нейтронного излучений.

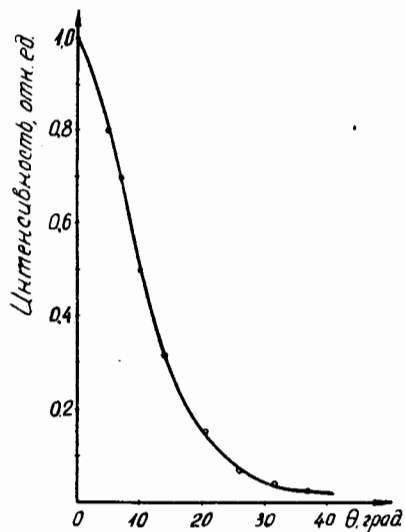


Рис. 4. Угловое распределение тормозного излучения.

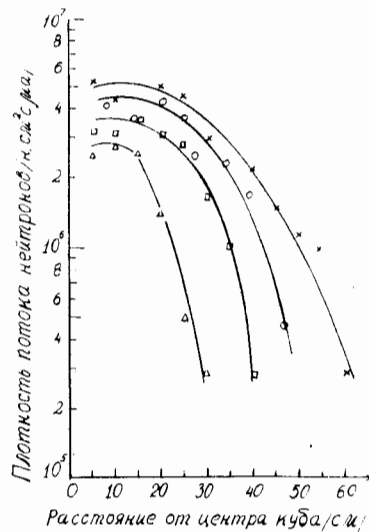


Рис. 5. Распределение тепловых нейтронов /конвертор — свинец/.

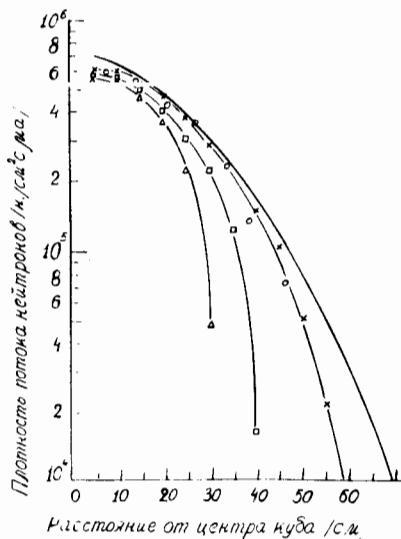


Рис. 6. Распределение резонансных нейтронов /конвертор — свинец/.

Максимальный выход тормозного излучения достигается при бомбардировке электронами мишеней определенной толщины /~0,3 радиационной длины/ с наибольшими  $Z$  /вольфрам, тантал, золото и др./. Обычно используются мишени сложной конструкции типа "сэндвич", позволяющие получить наибольший выход гамма-излучения и отфильтровать электроны<sup>12/</sup>. На рис. 3 приведена конструкция узла тормозной мишени, укрепленного на конце

электропровода /11/, рис. 2. Пучок электронов попадает на вольфрамовую мишень /3/ толщиной 2 мм, проходя сквозь диафрагму /2/ с отверстием диаметром 12 мм и толщиной 18 мм. Мишень крепится к фланцу алюминиевым цилиндром /4/, выполняющим роль фильтра

электронов, прошедших через тормозную мишень. Все детали узла охлаждаются водой. Диафрагма и мишень подключены к отдельным приборам для измерения тока электронов. Такая схема включения позволяет контролировать прохождение и размер пучка на мишени и стабилизировать поле облучения образца в пространстве. Диаметр пучка на тормозной мишени — около 5 мм, однако в зависимости от требований эксперимента он может изменяться. Угловое распределение тормозного излучения, измеренное в описанной геометрии путем активации медных фольг, приведено на рис. 4.

Получение нейтронов на микротроне с помощью уран-бериллиевого конвертора и графитового замедлителя было подробно описано<sup>5,9/</sup> для ускорителя с энергией электронов 16 МэВ. Аналогичная конструкция применена и на данном микротроне. При изготовлении графитовой сборки /замедлителя/ было измерено распределение тепловых /рис. 5/ и резонансных /рис. 6/ нейтронов в зависимости от размеров замедлителя. Как видно из рисунков, при использовании в качестве замедлителя графита можно принять как близкую к оптимальной сборку в форме куба со стороной 110 см.

Проведенные измерения гамма- и нейтронного излучений, а также последующие работы по определению элементного состава различных образцов подтвердили полное совпадение рабочих параметров микротрона, которые приводятся ниже, с расчетными.

Максимальное число орбит	- 24
максимальная энергия ускоренных электронов	- 22 МэВ
средний ток	- 20 мкА
импульсный ток	- 20 мА
длительность импульса тока	- 2,3 мкс
выход фотонейтронов	- $6 \cdot 10^{11}$ 1/с
плотность потока тепловых нейтронов	- $6 \cdot 10^8$ н/см <sup>2</sup> ·с
потребляемая мощность	- около 20 кВт.

Больше года эксплуатируется микротрон МТ-22 в Лаборатории ядерных реакций. Успешно выдержали проверку на работоспособность и надежность все системы и узлы ускорителя. Запуск микротрона и получение рабочих параметров прошли без осложнений, что авторы объясняют прежде всего соблюдением необходимой технической культуры при изготовлении и сборке микротрона.

Использование микротрона МТ-22 в сочетании с ранее разработанными и разрабатываемыми методиками по активационному анализу подтвердило его высокую эффективность в решении многих народно-хозяйственных задач /анализ на содержание азота в зерне, многоэлементный анализ геологических пород, анализы, связанные с поиском сверхтяжелых элементов в природе, получение радиоактивных изотопов для медицины и др./.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Г.Н.Флерову за постановку задачи и руководство работой, коллегам сотрудников сектора за помощь в изготовлении, монтаже и наладке узлов микротрона. Авторы благодарны также Ю.М.Ципенюку, Б.С.Закирову, А.Р.Мирзояну за полезные обсуждения и помощь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белов А.Г. и др. Изв. АН СССР, 1976, 40, с.1109.
2. Во Дак Банг и др. ОИЯИ, P3-80-880, Дубна, 1980.
3. Гангрский Ю.П. и др. ОИЯИ, P15-81-151, Дубна, 1981.
4. Маслов О.Д. и др. ОИЯИ, 18-12210, Дубна, 1979.
5. Базаркина Т.В. и др. ОИЯИ, 18-12629, Дубна, 1979.
6. Эрнандес А., Рубио Д. ОИЯИ, 18-80-337, Дубна, 1980.
7. Эрнандес А., Кулькина Л.П. ОИЯИ, 18-80-846, Дубна, 1980.
8. Эрнандес А., Белов А.Г. ОИЯИ, 18-81-775, Дубна, 1981.
9. Белов А.Г. и др. ОИЯИ, 18-80-841, Дубна, 1980.
10. Капица С.П., Мелехин В.Н. Микротрон. "Наука", М., 1969.
11. Reich H., Lons K. Nucl.Instr. and Meth., 1964, 31, p.221.
12. Ковалев В.П. Вторичные излучения ускорителей электронов. Атомиздат, М., 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 апреля 1982 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтринной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований



**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Белов А.Г. и др.  
Микротрон МТ-22

P9-82-301

Представлены результаты совместной работы, проводимой в Лаборатории ядерных реакций и Политехническом институте /г.Прага/ по конструированию и изготовлению ускорителя электронов - микротрона. Дается краткое описание конструкции отдельных узлов и систем ускорителя, его компоновки, приводятся рабочие параметры. Микротрон позволяет ускорять электроны до энергии 22 МэВ /максимальное число орбит - 24/ с интенсивностью 20 мкА. Электронный пучок используется для получения тормозного излучения и тепловых нейтронов. Плотность потока тепловых нейтронов в центре графитового замедлителя с U-Be конвертором составляет  $6 \cdot 10^8$  н/с см<sup>2</sup>, интегральный выход быстрых нейтронов -  $6 \cdot 10^{11}$  н/с.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Belov A.G. et al.  
MT-22 Microtron

P9-82-301

The results of the joint work on design and construction of a microtron carried out at the Laboratory of Nuclear Reactions and the Polytechnical Institute (Prague) are presented. The design of several accelerator parts and systems, its setup, operating parameters are briefly described. The microtron is capable of accelerating electrons upto 22 MeV (maximum number of orbit - 24) with beam intensity of 20  $\mu$ A. The electrons accelerated are used to produce bremsstrahlung and neutron beams. The thermal neutron density at the centre of graphite moderator with U-Be convertor is  $6 \cdot 10^8$  n/s cm<sup>2</sup>. Total yield of fast neutrons is  $6 \cdot 10^{11}$  n/s.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.