

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

1992/83

Р13-83-20 18/4-83

В.Г.Гребинник, В.А.Жуков, А.Б.Лазарев,
А.П.Маныч, Б.А.Никольский¹, В.И.Селиванов¹,
Г.И.Селиванов², В.А.Суетин¹

КРИОСТАТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА
С ПОМОЩЬЮ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

¹ ИАЭ им. И.В.Курчатова, Москва.

² Институт физики высоких энергий, Серпухов.

1983

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы широкое развитие получил новый метод / μ SR - метод/ изучения конденсированного состояния вещества, где в качестве пробной частицы используется положительный мюон /1-5/. Наряду с такими ставшими уже классическими методами, как ЯМР, ЭПР, метод дифракции нейтронов, спектроскопия на основе эффекта Мессбауэра и т.д., он занял прочное место в научных исследованиях.

В течение 1969-79 гг. сотрудниками ИАЭ им.И.В.Курчатова и Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ был выполнен большой цикл работ по развитию мюонного метода для изучения свойств металлов /1,3/. В результате этого получены важные сведения по электронной структуре водородоподобной примеси в веществе, ее диффузии в кристаллической решетке металлов, свойствам магнитных материалов и сверхпроводников.

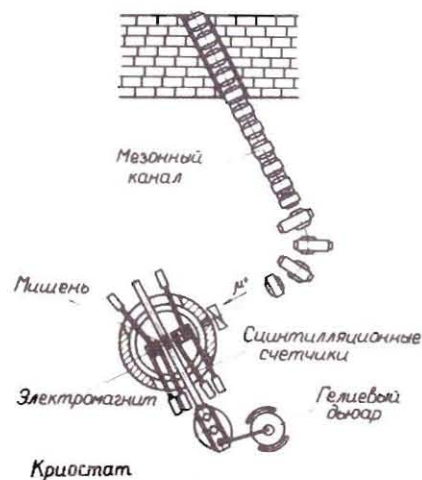
Созданная для этих исследований экспериментальная установка включает в себя большой комплекс электронной аппаратуры, магнитную систему, а также криогенные устройства для поддержания температуры исследуемых образцов в диапазоне 4,2-300 К. Описание отдельных компонентов установки, в частности ее электронной аппаратуры, имеется в опубликованных ранее работах /1,6,7/. В настоящей статье подробно рассматриваются криостаты, использованные в экспериментах, и условия получения и поддержания необходимых температур образцов.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

Типичная схема эксперимента, используемого в мюонном методе, приведена на рис.1. Момент остановки t_{μ} положительного мюона в мишени М фиксируется системой сигналов от сцинтилляционных счетчиков 1234 /сигнал "Старт"/, момент вылета t_e позитрона $\mu^+ \rightarrow e^+$ -распада - системой сигналов 4563 /сигнал "Стоп"/. Интервалы времени $\Delta t = t_e/4563 - t_{\mu}/1234$ для каждого случая $\mu^+ \rightarrow e^+$ -распада анализируются с помощью преобразователя время-код на амплитудном анализаторе, связанном с ЭВМ. Окончательные данные получают после набора статистики по большому числу одиночных распадов в виде временного спектра $N(\Delta t)$, из анализа которого можно получить сведения о поведении мюона в исследуемом веществе и о свойствах этого вещества.



Рис.1. Схема эксперимента.
 М - мишень, ФД - формирователь-дискриминатор, ССА - схема совпадений-антисовпадений, ФСП - формирователь со следящим порогом, ПВК - преобразователь время-код, ЛА - амплитудный анализатор АИ-4096; АПИ - аналоговый преобразователь интервалов; ЭВМ - электронно-вычислительная машина.



Размещение экспериментальной аппаратуры на пучке частиц представлено на рис.2. Исследования проводились на пучке мезонного канала /6/, синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Интенсивность растянутого пучка мюонов составляла $2 \cdot 10^5$ 1/с, мюоны имели импульс 190 МэВ/с, их поляризация равнялась $85\%^{1/5}$. Пучок проходил замедлитель и останавливался в мишени. Содержавшиеся в пучке π^+ -мезоны полностью поглощались в замедлителе. Диаметр сколламированного пучка мюонов на входе в мишень составлял 6 см.

Мишень, а также счетчики мюонов и позитронов располагались между полюсами либо одного панцирного электромагнита, создающего поперечное поле, либо другого - с продольным полем. В качестве детекторов мюонов и электронов использовались сцинтилляционные счетчики, световые сигналы от которых выводились с помощью световодов /длиной $\approx 0,7$ м/ к фотомножителям, расположенным за пределами ядра магнита. Площади сцинтилляционных счетчиков мюонного телескопа составляли 10×10 см², позитронного телескопа - 15×15 см².

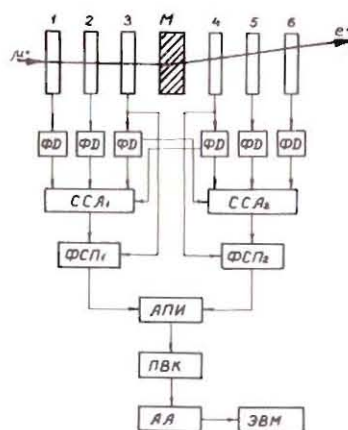


Рис.2. Расположение экспериментальной аппаратуры на пучке положительных мюонов.

ТРЕБОВАНИЯ К КРИОСТАТАМ С ОБРАЗЦАМИ

Мишени из исследуемого вещества представляли собой в большинстве случаев диски толщиной ≈ 4 г/см² и диаметром, несколько большим диаметра пучка мюонов. Образцы помещались в криостаты, в которых могла быть установлена любая температура в диапазоне $4,2 \div 300$ К.

В зависимости от условий эксперимента использовалось несколько типов криостатов, работающих в различных диапазонах температур. Конструкция криостатов обусловлена специфическими особенностями устройства панцирных электромагнитов, позволявших вводить образцы в рабочую область через узкий горизонтальный канал между счетчиками 3 и 4 /рис.2/ и их световодами.

Основные требования к криостатам сводились к следующему:

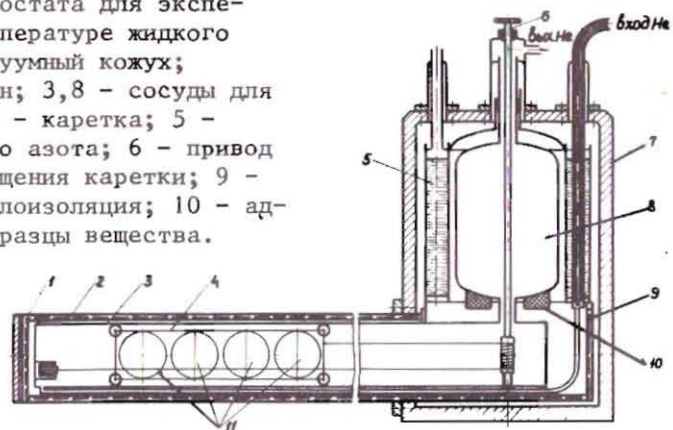
1. Для обеспечения большого телесного угла, а следовательно, высокой скорости счета, расстояние между охлаждаемым образцом и счетчиком 4 позитронного телескопа должно быть по возможности минимальным.
 2. С целью снижения фона на пути пучка мюонов мембраны окон криостата должны содержать минимальное количество вещества.
 3. В качестве материала мембран по возможности должны использоваться вещества с малой асимметрией углового распределения позитронов в $\mu^+ \rightarrow e^-$ -распаде.
 4. В конструкции деталей, расположенных вблизи рабочей области, должны быть полностью исключены ферромагнитные материалы.
 5. Криостат должен обеспечить быстрое установление температуры образца и стабильное ее поддержание в процессе эксперимента.
- Ниже рассматриваются несколько типов криостатов, предназначенных для экспериментов в различных диапазонах температур.

КРИОСТАТ С ОХЛАЖДЕНИЕМ ОБРАЗЦОВ ЖИДКИМ ГЕЛИЕМ

Схематический чертеж этого криостата приведен на рис.3. Длинный горизонтальный контейнер /3/ прямоугольного сечения, служащий для размещения образцов /11/, число которых могло достигать до 6, позволяет производить их поочередное облучение за один цикл охлаждения жидким гелием. Запас жидкого гелия, предназначенного для охлаждения образцов, содержится в бачке /8/. Контейнер /3/ с образцами /11/ охватывается медным экраном, имеющим тепловой контакт с азотным бачком /5/. Между медным экраном и вакуумным кожухом /1/ находится многослойная тепловая изоляция /9/, состоящая из стеклоткани и алюминированной лавсановой пленки.

Предварительная откачка вакуумного кожуха производится форвакуумным насосом. В залитом жидким гелием криостате вакуум /лучше чем 10^{-5} мм рт.ст./ поддерживается с помощью адсорбента /10/.

Рис.3. Схема криостата для экспериментов при температуре жидкого гелия. 1,7 - вакуумный кожух; 2 - азотный экран; 3,8 - сосуды для жидкого гелия; 4 - каретка; 5 - бачок для жидкого азота; 6 - привод механизма перемещения каретки; 9 - многослойная теплоизоляция; 10 - адсорбент; 11 - образцы вещества.



Каретка /4/, содержащая набор исследуемых образцов, перемещается в направлении, перпендикулярном пучку мюонов, при помощи блочкового механизма, привод /6/ которого выведен в теплую зону. При этом предусмотрена возможность фиксации с точностью ± 1 мм нужного образца на пути пучка мюонов с помощью концевого выключателя. Каретка /4/ с образцами вставляется в контейнер /3/ через люк на его торце, закрываемый крышкой, уплотняемой с помощью индия. В месте прохождения пучка мюонов стенки контейнера и вакуумного кожуха имеют окна, закрытые латунной фольгой толщиной 100 мкм. Общее количество постороннего вещества на пути пучка частиц составляет $0,35 \text{ г/см}^2$. В этих условиях, при расстоянии 45 мм от центра образца до счетчика 4 позитронного телескопа 456 /рис.1/, отношение фоновых событий, даваемых стенками криостата, к полезным событиям не превышало $10 \pm 15\%$.

Перед заполнением жидким гелием внутренние сосуды криостата охлаждаются жидким азотом. Затем жидкий азот удаляется, его пары откачиваются форвакуумным насосом, и вся система продувается газообразным гелием. Заполнение криостата жидким гелием осуществляется из сосуда Дьюара с помощью сифона. Жидкий гелий поступает в нижнюю наиболее удаленную от выхода точку контейнера с образцами. Контроль за уровнем гелия осуществляется с помощью сверхпроводящего указателя. В рабочем режиме расход жидкого гелия составляет 3-4 л/час.

С помощью описанного криостата была проведена серия экспериментов по поискам парамагнитного состояния атома мюония в ряде металлов /9,10/.

КРИОСТАТЫ С ОХЛАЖДЕНИЕМ ОБРАЗЦОВ ПОТОКОМ ХОЛОДНОГО ГАЗА

Для диапазона температур $4,2 \div 300 \text{ К}$ удобными оказались криостаты для одиночных образцов, как невакуумированные, выполненные

из теплоизоляционного материала /пенопласт/, так и металлические, вакуумированные. При температурах $4,2 \div 80 \text{ К}$ охлаждение образцов в них осуществляется потоком холодного гелия, а при температурах $80 \div 300 \text{ К}$ - потоком холодного азота.

Пенопластовые криостаты. На рис.4 показана схематически одна из конструкций - криостат с двойной обдувкой. Он выполнен из мелкопористого пенопласта марки ПС-1. Охлаждающий газ сквозь вакуумный сифон /6/ поступает сначала во внутренний криостат /1/ и охлаждает мишень /2/, затем выходит в пространство /4/ между внутренним /1/ и внешним /8/ криостатами, охлаждает снаружи криостат /1/ и после этого поступает в выходной канал /7/. Такая конструкция позволяет значительно сократить расход гелия на охлаждение образца. Герметизация крышки /3/ осуществляется с помощью вакуумной смазки "Рамзай".

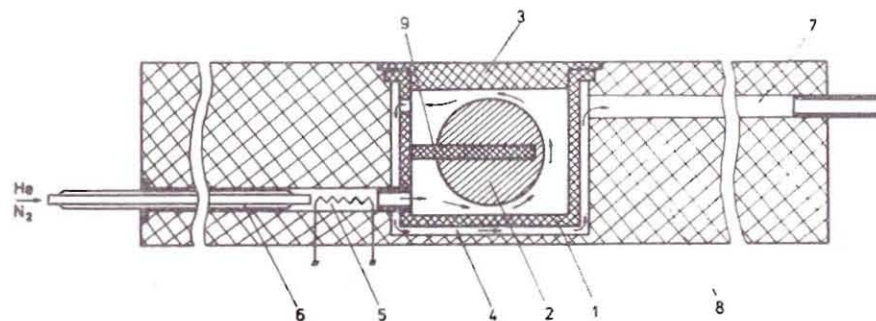


Рис.4. Схема пенопластового криостата для одиночного образца. 1 - внутренний криостат, 2 - образец, 3 - крышка криостата, 4 - пространство между внутренним и внешним криостатами, 5 - нагреватель, 6 - трубка для подачи холодного газа, 7 - выход газа, 8 - внешний криостат.

Толщина стенок криостата в направлении пучка мюонов составляет $\sim 0,15 \text{ г/см}^2$. Наименьшее расстояние от центра образца до первого счетчика позитронного телескопа равнялось 35 мм. При этих условиях отношение фона к эффекту составляло $\sim 5\%$.

В условиях обдува образца газообразным гелием расходовалось $\sim 8 \div 9$ л/час жидкости при температуре 25 К и $\sim 4-6$ л/ч при температуре $50 \div 60 \text{ К}$. Неоднородность температуры на мишени не превышала 1 К.

При обдуве холодным азотом в интервале температур $80 \div 300 \text{ К}$ для получения градиента температуры на мишени 0,1 К расход жидкости составлял ~ 15 л/ч.

Пенопластовые криостаты удобны в работе тем, что они не требуют вакуумирования и позволяют легко производить смену образцов в процессе эксперимента. Другое преимущество криостатов - малый фон, создаваемый стенками.

Металлические криостаты. Схематический чертеж металлического вакуумированного криостата для одиночного образца приведен на рис.5.

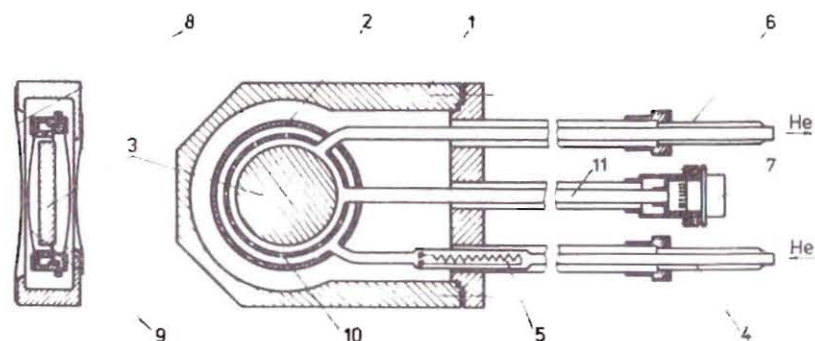


Рис.5. Схема металлического криостата для одиночного образца. 1 - вакуумный кожух, 2 - корпус внутреннего контейнера, 3 - образец, 4 - трубка для подачи холодного газа, 5 - нагреватель, 6 - выход газа, 7 - электрический разъем, 8 - окна из майлара, 9 - окна из бериллиевой бронзы, 10 - отверстия для обдува образца, 11 - трубка для вывода электрических соединений.

Холодный гелий поступает к образцу /3/ через трубку /4/, на конце которой вмонтирован нагреватель /5/. Обдув образца осуществляется равномерно с торцовых его сторон через тонкие отверстия /10/ в стенке кольцевого канала, окружающего образец. Контейнер /2/ для образца представляет собой плоскую цилиндрическую коробку из латуни, имеющую в направлении пучка мюонов окна /9/ из бериллиевой бронзы толщиной 100 мкм, припаянные к корпусу твердым припоем ПСР-45. Силовое крепление крышки к корпусу контейнера осуществляется с помощью резьбы, а вакуумная герметизация - путем пайки сплавом Вуда по кромке соединения крышки с корпусом. Контейнер /2/ с мишенью обернут тонким алюминированным майларом /~12 мкм/. Вакуумный кожух /1/ криостата выполнен из дюралюминия и может быть отсоединен ото всей конструкции, освобождая доступ к контейнеру с мишенью. Окна вакуумного кожуха на пути пучка мюонов сделаны из майлара толщиной 150 мкм, приклеенного к корпусу с помощью эпоксидной смолы. Внутренние поверхно-

сти майларовых окон со стороны вакуумного пространства покрыты пленкой алюминированного майлара.

Общее количество вещества, могущего дать фон, на пути пучка мюонов составляет ~0,25 г/см². Конструкция криостата позволяла разместить первый счетчик позитронного телескопа на расстоянии ~35 мм от центра образца. Отношение фона к эффекту для такого криостата ~10÷12%.

Расход жидкого гелия при температуре 10 К составил 10 л/ч, при температуре 20 К - ~3÷4 л/ч. Неоднородность температуры на мишени не превышала при этом 0,2 К.

На рис.6 приведена схема другого криостата, предназначенного для исследования вещества, которое может быть сконденсировано из газообразной фазы внутри герметизированного контейнера /3/. Этот контейнер находится в положении твердого образца, соответствующего предыдущему случаю, и также обдувается потоком холодного газа.

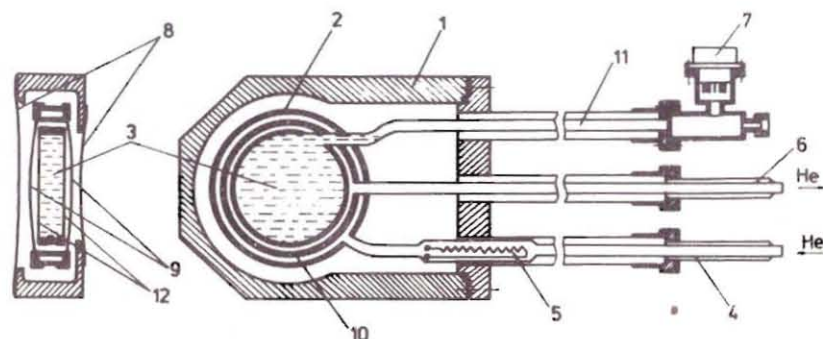


Рис.6. Схема криостата с контейнером для конденсирования вещества из газообразной фазы. 1 - вакуумный кожух; 2 - корпус внутреннего контейнера; 3 - контейнер для жидкости; 4 - трубка для подачи холодного газа; 5 - нагреватель; 6 - выход газа; 7 - электрический разъем; 8 - майларовые окна вакуумного кожуха; 9 - окна внутреннего контейнера из бериллиевой бронзы; 10 - отверстия для обдува контейнера с жидкостью; 11 - трубка для подачи конденсируемого газа; 12 - майларовые окна контейнера для жидкости.

ПОДДЕРЖАНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАЗЦОВ

Температура образцов поддерживалась с помощью автоматического устройства, регулирующего как поток холодного гелия, так и ток в нагревателе /рис.4-6/ в зависимости от показаний температурных

датчиков, расположенных на образцах. В качестве этих датчиков использовались прокаленные сопротивления "Alenn-Bradley" в области температур $4,2 \pm 25$ К и германиевые диоды при температуре выше 25 К.

Схема поддержания и контроля нужной температуры представлена на рис.7. Она работала в двух режимах.

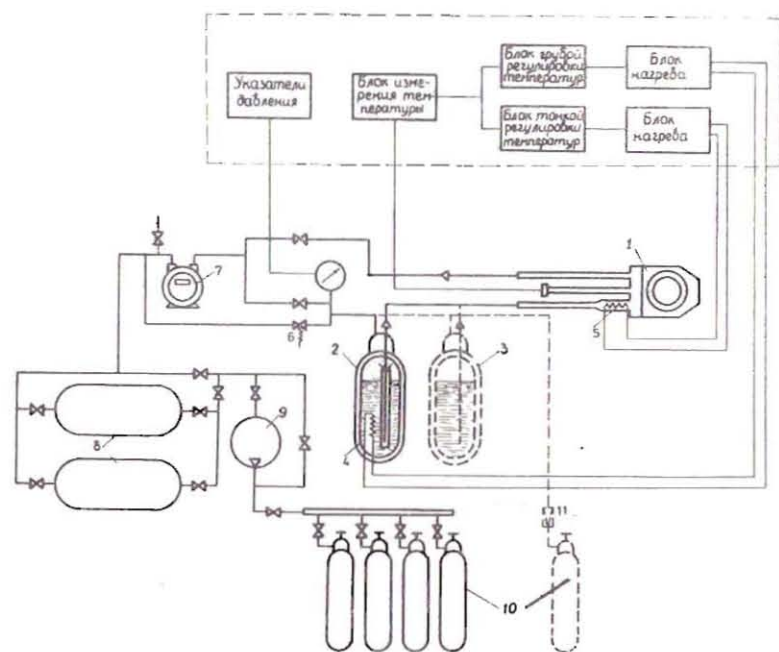


Рис.7. Схема поддержания и контроля температуры образца. 1- криостат; 2,3 - дьюары с жидким гелием; 4,5 - нагреватели; 6 - предохранительный клапан; 7 - расходомер газа; 8 - газгольдеры; 9 - компрессор; 10 - баллоны высокого давления; 11 - редуктор.

Для получения низких температур $/4,2 \pm 20$ К/ жидкость из гелиевого дьюара $/3/$ через сифон подавалась непосредственно к образцу. Количество подаваемого жидкого гелия определялось давлением над его поверхностью в дьюаре, которое создавалось газом от баллона $/10/$ /обозначенного пунктиром/ и регулировалось с помощью редуктора. Тонкая регулировка температуры образца производилась посредством нагревателя $/5/$, где поступающие капли жидкого гелия могли испаряться, а образующийся газ - подогреваться. Ток в нагревателе устанавливался вручную или автоматически с помощью

блока тонкой регулировки, на который поступал сигнал от одного из датчиков температуры. Температура измерялась на входе потока гелия непосредственно перед образцом и на выходе после обтекания образца. Точность поддержания входной температуры $\sim 0,1$ К. В качестве температуры образца бралось среднее значение этих показаний.

Для получения температур выше 20 К схема работала в режиме продувки холодного газообразного гелия, образуемого в дьюаре $/2/$ с помощью нагревателя $/4/$. Скорость потока гелия определялась мощностью, вводимой в этот нагреватель, и зависела от показаний температурных датчиков. Тонкая регулировка температуры, как и в предыдущем случае, осуществлялась путем нагрева гелия непосредственно перед образцом нагревателем $/5/$.

Газообразный гелий после обдува образца собирался в газгольдеры $/8/$ и с помощью компрессора $/9/$ закачивался в баллоны высокого давления $/10/$.

С одиночными мишенями, обдуваемыми потоком гелия, была выполнена большая серия экспериментов по изучению диффузии положительных мюонов в металлах $/11-15/$, изучению магнитных фазовых переходов в редкоземельных элементах $/16/$, а также по исследованию свойств сверхпроводников $/17-19/$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные усилия при конструировании криостатов были направлены на обеспечение максимально возможного телесного угла для позитронного телескопа по отношению к мишени и снижению фона от остановок мюонов в стенках криостатов. Благодаря этому в нашем случае при интенсивности мюонного пучка $2 \cdot 10^5$ 1/с скорость счета "стартовых" событий $/1234/$ составляла $\sim 10^4$ 1/с, а "стоповых" событий $/3456/$ - $\sim 1,5 \cdot 10^3$ 1/с. При этом время набора достаточной статистики $/\sim 2 \cdot 10^6$ остановок мюонов/ для одной температурной точки составляло ~ 20 мин. Вклад фоновых событий от μ^+ -мезонов, останавливающихся в стенках криостатов, не превышал 5% для пенопластовых и $10 \pm 15\%$ для металлических вакуумированных криостатов. Имеются и дальнейшие пути совершенствования криостатов для образцов, которые могут привести к снижению фона от стенок. В этой связи заслуживает внимания поиск способа размещения регистрирующих счетчиков в холодной зоне в непосредственной близости от образца. Перспективными являются также разработки криостатов на более низкие температуры для использования в мюонных экспериментах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич И.И., Никольский Б.А. Эксперименты по физике положительных мюонов. Изд-во ИАЭ им.И.В.Курчатова, М., 1976.

2. Гуревич И.И., Никольский Б.А. УФН, 1976, 119, с.169.
3. Никольский Б.А. ОИЯИ, Д1,214-10908, Дубна, 1977, с.246.
4. Белоусов Ю.М. и др. УФН, 1979, 129, с.3.
5. Гуревич И.И. и др. ЭЧАЯ, 1977, 8, с.110.
6. Мелешко Е.А. и др. ПТЭ, 1967, № 3, с.61.
7. Мелешко Е.А. и др. Препринт ИАЭ-2320, М., 1973.
8. Роганов В.С. ПТЭ, 1970, № 2, с.254.
9. Гребинник В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1975, 22, с.36.
10. Гребинник В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1976, 23, с.11.
11. Гребинник В.Г. и др. ЖЭТФ, 1975, 68, с.1548.
12. Гребинник В.Г. и др. ОИЯИ, Д1,214-10908, Дубна, 1977, с.266.
13. Гребинник В.Г. и др. ОИЯИ, Д1,214-10908, Дубна, 1977, с.272.
14. Гребинник В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1977, 25, с.322.
15. Гребинник В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1978, 27, с.33.
16. Гребинник В.Г. и др. ОИЯИ, Д1,214-10908, Дубна, 1977, с.261.
17. Гребинник В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1978, 28, с.397.
18. Гребинник В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, с.82.
19. Гребинник В.Г. и др. ЖЭТФ, 1980, 79, с.518.

НЕТ ЛИ ПРОВЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
Д1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12450	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.
Д11-80-13	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д4-80-271	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-385	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.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 января 1983 года.

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

Гребинник В.Г. и др.

P13-83-20

Криостаты для исследования вещества

с помощью положительных мюонов при низких температурах

Представлено описание нескольких криостатов, использованных для изучения вещества с помощью положительных мюонов / μ SR -метод/ в экспериментах, выполненных на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Криостаты позволяют поддерживать температуру исследуемых образцов с высокой стабильностью на разных температурных уровнях в диапазоне 4,2-300 К. Рассмотрена также система поддержания и контроля указанных температур.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Grebinnik V.G. et al.

P13-83-20

Cryostats to Study a Matter

Using Positive Muons at Low Temperatures

A description of a few cryostats for μ SR -experiments is given. The cryostats allow one to maintain the temperature of samples to be investigated at high stability in the 4.2-300 K range. The system of stabilization and control of temperatures in this range is considered.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.