

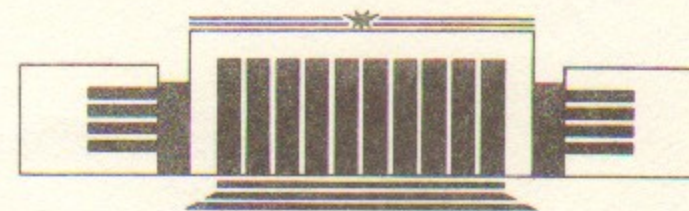


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

П.К. Лебедев, С.В. Муравьев

**НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ
КСЕНОНА И КРИПТОНА**

ПРЕПРИНТ 90-37



НОВОСИБИРСК

Некоторые свойства промышленных ксенона и криптона

П.К. Лебедев, С.В. Муравьев

Институт ядерной физики
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

В работе приведены результаты измерения чистоты жидкого ксенона и криптона, зависимости дрейфовой скорости электронов в криптоне от температуры и напряженности электрического поля, а также уровня радиоактивности жидкого криптона за счет примеси Kr^{85} . Данные нужны для проектирования и сооружения новых детекторов излучения в ИЯФ СО АН СССР.

Доклад, представленный на 5-ю Межд. конф. по методике экспер. на встречных пучках. Новосибирск, 1990.

© Институт ядерной физики СО АН СССР

1. Введение

В настоящее время в ИЯФ СО АН СССР сооружаются новые детекторы частиц [1] для работы на модернизируемых накопителях со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-2 и ВЭПП-4. Электромагнитные калориметры этих детекторов предполагается выполнить в виде многослойных ионизационных камер, заполненных жидким ксеноном или криптоном.

Свойства чистых жидких ксенона и криптона достаточно хорошо изучены и описаны в литературе (см., например, [2]). Известно также [3], что эти свойства существенно зависят от наличия примесей. В связи с этим, важно знать свойства используемых жидкостей, так как от этого зависит выбор параметров калориметров и электроники съема информации.

В работе приведены результаты измерения чистоты жидкого ксенона и криптона, зависимости дрейфовой скорости электронов в криптоне от температуры и напряженности электрического поля, а также уровня радиоактивности жидкого криптона за счет примеси Kr^{85} .

2. Измерения чистоты газов

Важным параметром жидкостей для заполнения калориметров, работающих в ионизационном режиме, является пробег электронов ионизации, который определяется суммарной концентрацией электроотрицательных примесей в жидкости. Существующие стандарты

ограничивают содержание в промышленных газах лишь кислорода и воды. Концентрация других примесей (хлор, окись углерода и т. п.) может быть значительной и зависеть, в частности, от выбора завода-поставщика.

Измерения пробегов электронов проводились по хорошо известной методике (см., например, [4]), когда регистрируется временная зависимость тока тестовой ионизационной камеры, заполненной исследуемой жидкостью, при облучении ее со стороны катода короткими импульсами рентгеновского излучения. Полная длительность импульса тока позволяет определить дрейфовую скорость электронов при данном напряжении на аноде камеры и температуре жидкости, а уменьшение амплитуды импульса со временем — время жизни электронов или пробег до захвата электроотрицательными примесями.

Результаты измерений пробегов электронов, усредненные по нескольким партиям ксенона и криптона, имеющим примеси кислорода на уровне 1 ppm, приведены в табл. 1.

Таблица 1
Длины пробегов электронов в жидком ксеноне и криптоне при напряженности поля 1 кВ/см

Ксенон		Криптон	
Лисичанск	Мариуполь	Лисичанск	Мариуполь
≈ 0,4 см	≈ 0,1 см	4—6 см	1,5—2 см

Видно, что пробеги электронов в жидком криптоне значительно больше, чем в ксеноне. Это позволяет, в принципе, увеличить зазоры ионизационных камер калориметра на жидком криптоне до нескольких сантиметров без существенной потери амплитуды импульса. В случае жидкого ксенона использование сантиметровых зазоров при работе в режиме полного сбора ионизации требует дополнительной его очистки.

Необходимо отметить, что, как это следует из работ [5, 15], указанную чистоту жидкого криптона можно реально сохранить в детекторе, так как она существенно не ухудшается при использовании в конструкции калориметра таких материалов, как фольгированный стеклотекстолит, капронит и т. д.

К сожалению, радиоактивность криптона не позволяет использовать его достоинства в полной мере.

3. Измерение радиоактивности жидкого криптона

Сигнал от частиц в калориметре будет регистрироваться на фоне большой загрузки сигналами малой амплитуды от распадов бета-активного изотопа Kr^{85} , с максимальной энергией электрона равной 0,67 МэВ.

Измерения радиоактивности жидкого криптона были проведены в одном из криостатов установки для работы с жидкими ксеноном и криптоном [5]. Внутри криостата, заполненного жидкостью с чистотой, соответствующей пробегу электронов примерно равному 1 см, помещалась двухззорная ионизационная камера с сеткой. Применение такой камеры уменьшало зависимость амплитуды импульса от места распада электрона в зазоре катод — сетка.

Усиленный сигнал с камеры поступал на счетчик импульсов и для регистрации бета-спектра на АЦП. Построение спектра давало уверенность, что счетчиком регистрируются импульсы именно от

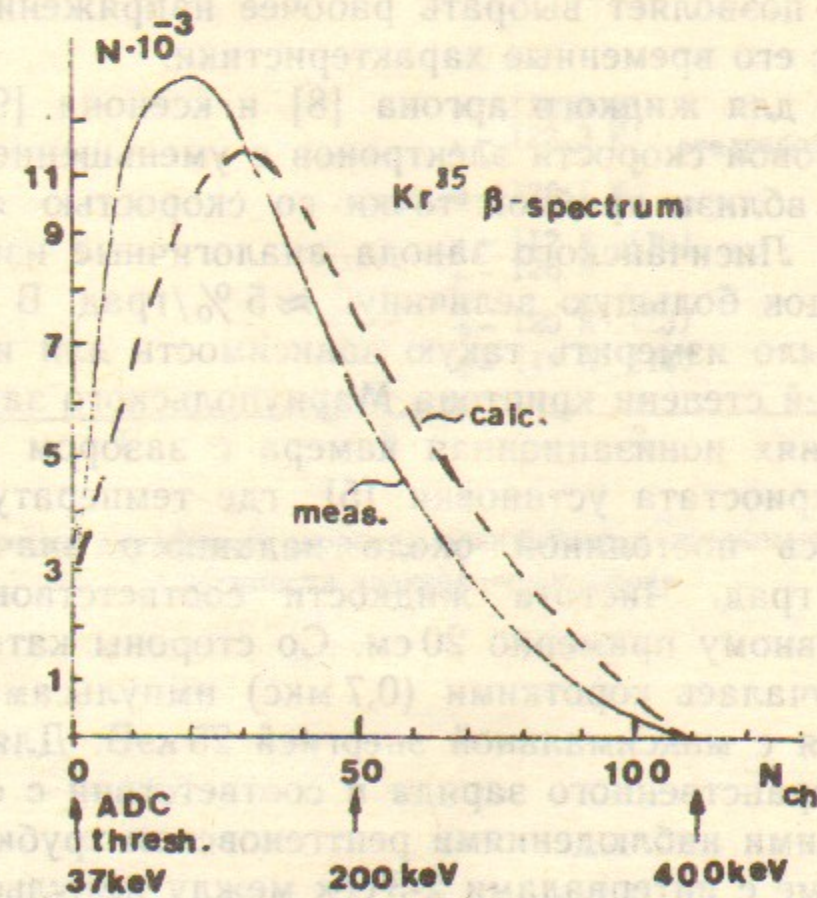


Рис. 1. Спектр энергосодержания в камере с сеткой от электронов бета-распада Kr^{85} .

распадов, а не от пробоев в подводящих высоковольтных кабелях и т. д.

Результаты измерений приведены на рис. 1. Как видно, измеренный спектр импульсов сдвинут в сторону малых амплитуд относительно ожидаемого бета-спектра Kr^{85} [6], что объясняется как уменьшением ионизационного заряда при движении к аноду из-за захвата электроотрицательными примесями, так и наличием распадов между сеткой и анодом.

После введения поправок на просчеты счетчика и наличие порога АЦП (37 кэВ) средняя частота бета-распадов в 1 см^3 криптона оказалась равной 326 ± 16 Гц. Этот результат согласуется с измерениями Ю.А. Тихонова и В.С. Панина (250 Гц), выполненными при работе с газообразным криптоном (устное сообщение).

4. Измерение дрейфовой скорости электронов [7]

Зависимость дрейфовой скорости от температуры и напряженности электрического поля определяет точность, с которой нужно стабилизировать температуру жидкости в криостате детектора, ее однородность, позволяет выбрать рабочее напряжение калориметра, определяет его временные характеристики.

Измерения для жидкого аргона [8] и ксенона [9] указывают на рост дрейфовой скорости электронов с уменьшением температуры жидкости вблизи тройной точки со скоростью $\approx 0,5 \%$ /град. Для криптона Лисичанского завода аналогичные измерения [10] дали на порядок большую величину: $\approx 5 \%$ /град. В связи с этим необходимо было измерить такую зависимость для используемого нами в большей степени криптона Мариупольского завода.

В измерениях ионизационная камера с зазором 1 см помещалась внутри криостата установки [5], где температура жидкости поддерживалась постоянной около заданного значения с точностью $\approx 0,1$ град. Чистота жидкости соответствовала пробегу электронов равному примерно 20 см. Со стороны катода жидкость в камере облучалась короткими (0,7 мкс) импульсами рентгеновского излучения с максимальной энергией 25 кэВ. Для уменьшения влияния пространственного заряда в соответствии с опытом работ [8, 10] и нашими наблюдениями рентгеновская трубка работала в разовом режиме с интервалами 2-3 сек между импульсами.

Сигнал с камеры усиливался зарядочувствительным усилителем [11] и фильтровался с помощью интегрирующей и дифференцирующей RC-цепочек с постоянной времени 0,25 мкс. Форма получае-

мого импульса при помощи фиксированной скорости сканирования микрофотографом [12].

Измерения начались при температуре жидкости 116,0 К, затем жидкость подогривалась до 118,5 К, 122,3 К, 128,1 К. В конце для оценки точности измерения повторили при температуре 116,0 К. Стабильность результатов измерений дрейфовой скорости электронов была равной 3,3-3,8%.

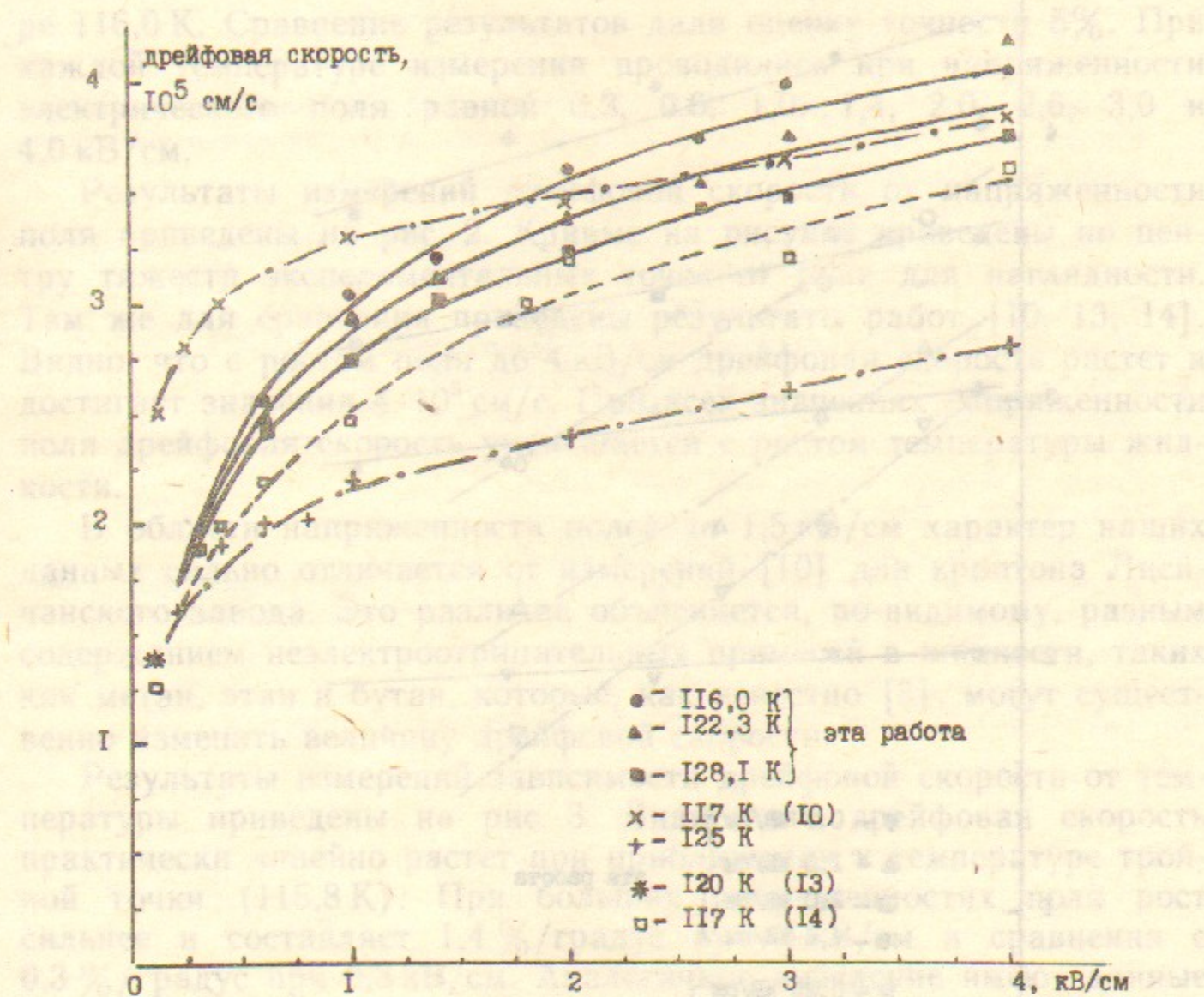


Рис. 2. Зависимость дрейфовой скорости электронов в жидком криптоне от напряженности электрического поля.

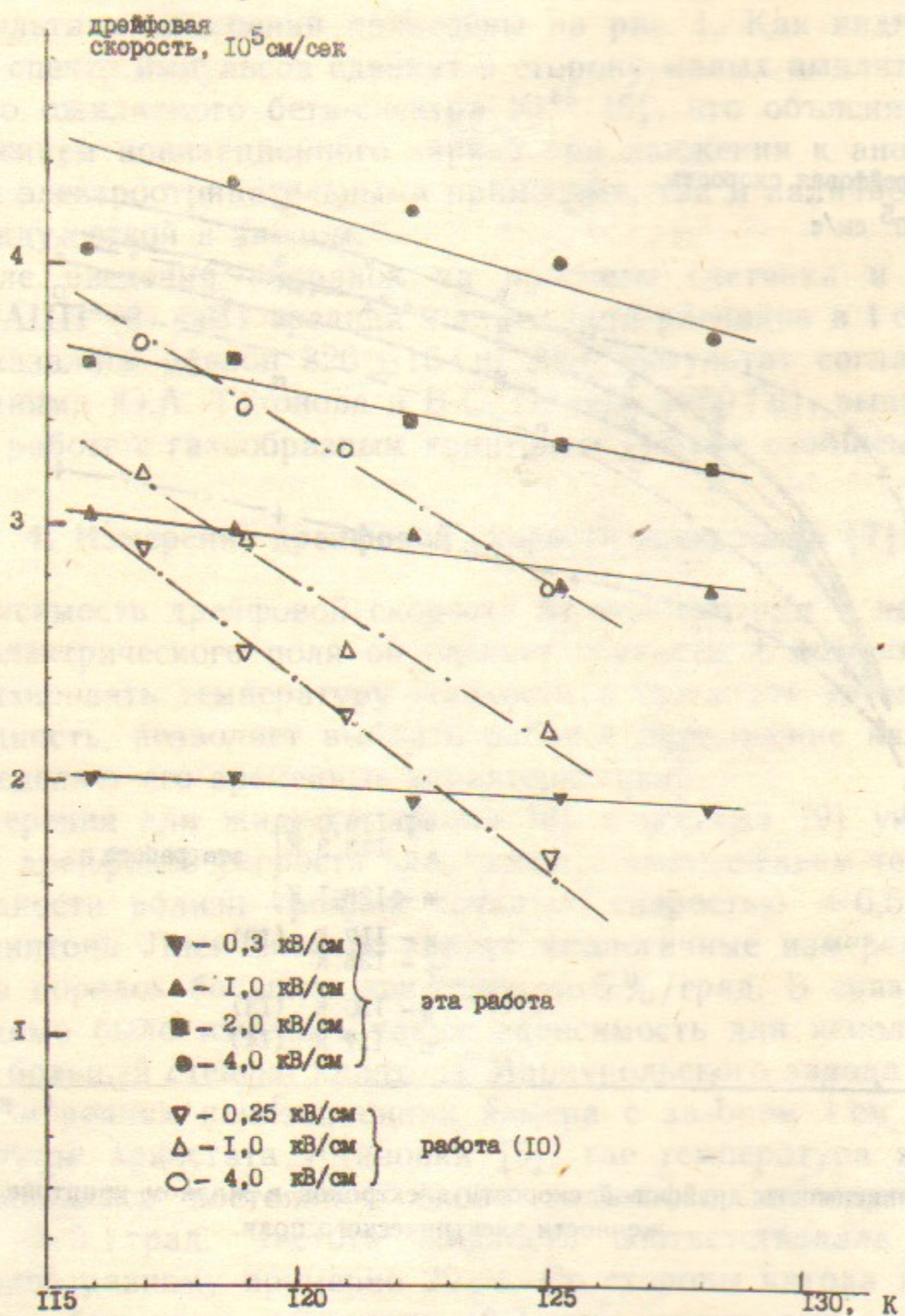


Рис. 3. Зависимость дрейфовой скорости электронов в жидком крипто-не от температуры.

мого импульса тока камеры фиксировалась цифровым осциллографом [12].

Измерения начинались при температуре жидкости 116,0 К, затем жидкость подогревалась до 118,8, 122,3, 125,6 и 128,1 К. В конце для оценки точности измерения повторялись при температуре 116,0 К. Сравнение результатов дали оценку точности 5%. При каждой температуре измерения проводились при напряженности электрического поля равной 0,3, 0,6, 1,0, 1,4, 2,0, 2,6, 3,0 и 4,0 кВ/см.

Результаты измерений дрейфовой скорости от напряженности поля приведены на рис. 2. Кривые на рисунке проведены по центру тяжести экспериментальных точек от руки для наглядности. Там же для сравнения приведены результаты работ [10, 13, 14]. Видно, что с ростом поля до 4 кВ/см дрейфовая скорость растет и достигает значения $4 \cdot 10^5$ см/с. При всех значениях напряженности поля дрейфовая скорость уменьшается с ростом температуры жидкости.

В области напряженности полей до 1,5 кВ/см характер наших данных сильно отличается от измерений [10] для криптона Лисичанского завода. Это различие объясняется, по-видимому, разным содержанием неэлектроотрицательных примесей в жидкости, таких как метан, этан и бутан, которые, как известно [3], могут существенно изменить величину дрейфовой скорости.

Результаты измерений зависимости дрейфовой скорости от температуры приведены на рис. 3. Видно, что дрейфовая скорость практически линейно растет при приближении к температуре тройной точки (115,8 К). При больших напряженностях поля рост сильнее и составляет 1,4 %/градус при 4 кВ/см в сравнении с 0,3 %/градус при 0,3 кВ/см. Аналогичное поведение имеют данные работ [8, 9] для жидкого аргона и ксенона. Данные работы [10] имеют значительно более сильную зависимость от температуры ≈ 5 %/градус, которая практически одинакова при напряженности электрического поля в интервале от 0,25 до 4 кВ/см.

5. Заключение

Опыт работы показал, что при поступлении ксенона и криптона с заводов-изготовителей необходим контроль как их чистоты путем измерения длин пробегов электронов, так и таких параметров, как уровень радиоактивности и дрейфовая скорость. Контроль за параметрами жидкостей необходим и при работе калориметров в составе детекторов.

В заключение, авторы выражают благодарность Л.М. Баркову и А.П. Онучину за поддержку работы, А.В. Максимову за помощь при проведении измерений, А.И. Болоздыне, В.С. Панину, В.Н. Стеханову и Ю.А. Тихонову за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов Г.А. и др. Препринт ИЯФ СО АН СССР 85-118, Новосибирск, 1985.
Онучин А.П. и др. Доклад на Межд. симпозиуме по координатным детекторам в физ. выс. энергий, Дубна, 1987.
2. Doke T. Portugal Phys., 1981, v.12, A9.
Brassard C., NIM, 1979, v.162, p.29. Теплофиз. свойства неона, аргона, криптона и ксенона, П/ред. В.А. Рабиновича. М.: Изд-во стандартов, 1976.
3. Yoshino K. et. al. Phys. Rev., 1976, v.A14, p.438.
4. Schmidt W.F. IEEE Trans. on Electr. Insulation, 1984, EI-19, p.389.
5. Лебедев П.К., Муравьев С.В. Препринт ФИАН, 161, М., 1988.
6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика, М., 1983.
7. Лебедев П.К., Муравьев С.В. Препринт ФИАН, 166, М., 1988.
8. Гуцин Е.М. и др. ЭМЯФ, 1980, вып.7, с.104.
9. Doke T. NIM, 1982, v.196, p.87.
10. Анисимов С.Н. и др. Препринт ИТЭФ, 16, М., 1984.
11. Аульченко В.М. и др. Препринт ИЯФ СО АН СССР 84-25, Новосибирск, 1984.
12. Блоки в системе КАМАК. Сообщ. ИЯФ СО АН СССР, Новосибирск, 1983.
13. Schnyders A. et. al. Phys. Rev., 1966, v.150, p.127.
14. Miller L.S. et. al. Phys. Rev., 1968, v.166, p.871.
15. Aulchenko V.M. et. al. Preprint INP 89-124. Novosibirsk, 1989.

П.К. Лебедев, С.В. Муравьев

Некоторые свойства промышленных ксенона и криптона

Ответственный за выпуск С.Г. Попов

Работа поступила 11 марта 1990 г.
Подписано в печать 14.03 90 г. МН 08438
Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 0,8 печ.л., 0,7 уч.-изд.л.
Тираж 150 экз. Бесплатно. Заказ № 37

Набрано в автоматизированной системе на базе фото-
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и
отпечатано на ротапринтере Института ядерной физики
СО АН СССР,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.