

**ЕФИ**

Препринт ЕФИ-1018(68)-87

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**  
**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**YEREVAN PHYSICS INSTITUTE**



Р.О.АВАКЯН,Э.О.АВАКЯН,А.Э.АВETИСЯН,Р.Б.АЙВАЗЯН,  
Р.А.АСАТРЯН,М.В.БАРТИКЯН,С.Г.ГИНДОЯН,  
В.А.ГЮРДЖЯН,С.С.ДАНАГУЛЯН,С.А.ДАНИЕЛЯН,  
В.С.ЕГАНОВ,Э.М.МАТЕВОСЯН,Р.М.МИРЗОЯН,  
М.А.ОГАНЕСЯН,К.Ш.ОГАНЯН,Р.Ц.САРКИСЯН,  
Ю.З.СУКИАСЯН,С.П.ТАРОЯН,Г.М.ЭЛБАКЯН

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ИЗЛУЧЕНИЯ  
И РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
В УСЛОВИЯХ КАНАЛИРОВАНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ**

**ЦНИИАтоминформ**  
**ЕРЕВАН — 1987**

Ռ.Բ. ԱՅՎԱԳՅԱՆ, Ռ.Ա. ԱՍԱՏՐՅԱՆ, Է.Հ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Ռ.Հ. ԱՎԱԳՅԱՆ,  
Ա.Է. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Մ.Վ. ԲԱՐՏԻԿՅԱՆ, Վ.Ա. ԳՅՈՒՐՋՅԱՆ,  
Ս.Ս. ԴԱՆԱԳՈՒԼՅԱՆ, Ս.Ա. ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ, Վ.Ա. ԵԳԱՆՈՎ,  
Գ.Մ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ, Ս.Դ. ԹԱՐՈՅԱՆ, Ս.Գ. ՀԻՆՒՌՅԱՆ,  
Մ.Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Է.Մ. ՄԱԹԵԼՈՍՅԱՆ, Ռ.Մ. ՄԻՐՋՈՅԱՆ,  
Ռ.Ց. ՍԱՐԳՅԱՆ, ՅՈՒ.Զ. ՍՈՒՔԻԱՅԱՆ, Կ.Շ. ՕՀԱՆՅԱՆ

ՄԻԱԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ ԿԱՆԱԼԱՅՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԲԱՐՁՐ ԷՆԵՐԳԻԱ  
ՈՒՆԵՑՈՂ ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԵՎ ՑՐՄԱՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐՆ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ ՓՈՐՁԱՌԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄ

Նկարագրվում է բարձր էներգիա ունեցող էլեկտրոնների ճառագայթ-  
ման և ցրման երևույթները հետազոտող փորձառական սարքավորում,  
ապրիլած նրկանի էլեկտրոնային արագացուցչի դուրս բերված փնջի վրա:

Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1987



Центральный научно-исследовательский институт информации  
и технико-экономических исследований по атомной науке  
и технике (ЦНИИатоминформ) 1987 г.

Preprint EPM-IOIS(68)-87

E.O.AVAKIAN, R.O.AVAKIAN, R.B.AIVAZIAN, R.A.ASATRIAN,  
A.E.AVETISSIAN, M.V.BARTIKIAN, S.S.DANAGULIAN, G.M.ELBAKIAN,  
S.A.DANAGULIAN, S.G.GINDOYAN, V.A.GYURDJIAN, E.M.MATEVOSSIAN,  
R.M.MIRZOYAN, M.A.OGANESSIAN, K.Sh.OGANIAN, R.Ts.SARKISSIAN,  
Yu.Z.SUKIASSIAN, S.P.TAROYAN, V.S.YEGANOV

AN EXPERIMENTAL SET-UP FOR INVESTIGATION OF HIGH ENERGY  
ELECTRONS SCATTERING AT CHANNELING IN MONOCRYSTALS

An experimental set-up mounted on the electron arm of the Yerevan synchrotron for investigation of high-energy electron radiation and scattering is described.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1987

Препринт ЕФИ-1018(68)-87

УДК 539.124.17

Р. О. АВАКЯН, Э. О. АВАКЯН, А. Э. АВЕТИСЯН, Р. Б. АЙВАЗЯН,  
Р. А. АСАТРЯН, М. В. БАРТИКЯН, С. Г. ГИНДОЯН, В. А. ГЮРДЖЯН,  
С. С. ДАНАГУЛЯН, С. А. ДАНИЕЛЯН, В. С. ЕГАНОВ, Э. М. МАТЕВОСЯН,  
Р. М. МИРЗОЯН, М. А. ОГАНЕСЯН, К. Ш. ОГАНЯН, Р. Ц. САРКИСЯН  
Ю. Э. СУКИАСЯН, С. П. ТАРОЯН, Г. М. ЭЛБАКЯН

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ  
ИЗЛУЧЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
В УСЛОВИЯХ КАНАЛИРОВАНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ**

Описывается экспериментальная установка для исследования процессов излучения и рассеяния электронов высоких энергий, созданная на выведенном электронном пучке Ереванского синхротрона.

**Ереванский физический институт**

**Ереван 1987**

## Введение

Описываемая экспериментальная установка создана на выведенном электронном тракте Ереванского ускорителя [1] с малой угловой расходимостью пучка в начале 80-х годов и затем непрерывно совершенствовалась. Установка позволяет исследовать не только спектральные характеристики излучения электронов при прохождении через монокристаллы в режиме каналирования, как это делалось в первых экспериментах, но и спектрально-угловые характеристики излучения, а также исследовать процесс многократного рассеяния электронов в условиях каналирования.

Электроны, излучившие фотоны в кристаллическом радиаторе, регистрируются в энергетическом диапазоне 2,5 - 4,5 ГэВ, а соответствующие им  $\gamma$  - кванты - 2,0 - 0,03 ГэВ. При измерении углов вылета электронов или фотонов угловое разрешение составляет  $\pm 50$  мкрад. Загрузочная способность установки равна  $\sim 1000$  событий в секунду, что соответствует мгновенной нагрузке  $\sim 8 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$  при длительности вывода пучка  $5 \cdot 10^{-4} \text{ с}$  и частоте следования импульсов вывода ускорителя, равной 25 Гц.

## Экспериментальное оборудование

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1

Газовый пропорциональный счетчик ППС-1 служит для регистрации падающих на мишень электронов. Пропорциональная камера МПК-1 с шагом намотки сигнальных проволочек 1 мм служит для регистрации координаты первичной частицы до попадания на мишень М. Гониометрическое устройство ГУ служит для смены и ориентации мишеней под пучком. Дистанционное управление позволяет менять углы вращения мишени относительно горизонтальной и вертикальной осей с точностью  $4 \cdot 10^{-5}$  рад, а также двигать мишень по горизонтали перпендикулярно пучку с точностью 0,2 мм.

Отклоняющий магнит ОМ мониторингового спектрометра разделяет электроны от фотонов для их дальнейшей регистрации.

Сцинтилляционный телескоп  $C_1 C_2$  служит для регистрации электронов после взаимодействия с мишенью и состоит из двух сцинтилляционных детекторов длиной 1 м, осматриваемых двумя ФЭУ с торцов. Фотонное плечо установки состоит из газового счетчика ППС-2 для отсекаания заряженного фона, съемного конвертора для преобразования части  $\gamma$ -квантов в электрон-позитронные пары, пропорциональной камеры МПК-2 с шагом намотки сигнальных проволочек 1 мм для измерения углов вылета частиц из мишени, газового счетчика ППС-3 для регистрации электрон-позитронной пары, двух пропорциональных камер МПК-3 и МПК-4 с шагом намотки 2 мм для восстановления траекторий  $e^+e^-$  пар, образованных в конверторе, а также спектрометра полного поглощения (СПП) на основе кристалла  $NaI(Tl)$  [2] для измерения энергии  $\gamma$ -квантов.

## МПК и газовые пропорциональные счетчики

В описываемой экспериментальной установке требуемые точности измерения углов влета первичных частиц и угловых характеристик возникающего излучения, с необходимостью сохранения высокой "прозрачности" тракта, налагают особые требования к детекторам частиц, используемым в установке.

В установке применялись многопроволочные газовые детекторы различных функциональных назначений. Для пространственных измерений были использованы как "стандартные" камеры с шагом намотки сигнальных проволочек 2 мм [3], так и специально созданные с шагом 1 мм.

Применение газовых счетчиков позволило регистрировать первичные электроны и конверсионные  $e^+e^-$  - пары без существенного увеличения углового разброса частиц из-за многократного рассеяния и включить их в систему отбора событий.

МПК-3 и МПК-4 (рис.1) представляют собой "стандартные камеры" с пространственным разрешением  $\pm 1$  мм. Камеры имеют высокую эффективность регистрации, рабочее плато напряжения 400-500 В и количество вещества на пути частиц  $0,04 \text{ г/см}^2$ .

Для измерения углов  $\sim 10^{-4}$  рад созданы специальные камеры МПК-1 и МПК-2 с точностью измерения  $\pm 0,5$  мм (шаг намотки 1 мм). В качестве катодных плоскостей использована алюминиевая фольга толщиной 10 мкм, а анодные плоскости намотаны ортогонально золоченой вольфрамовой проволокой диаметром 15 мкм. Для увеличения точности измерения угловых распределений  $\gamma$  - квантов в камере с конвертором МПК-2 очень важно, чтобы  $e^+e^-$  пара регис-

групповалась как можно ближе к месту своего возникновения, для чего расстояние анод-катод уменьшено до 7 мм, а конвертер смещен с катодом. Камеры продувались газовой смесью  $Xe + CH_4 + \text{метилаль}$ .

Газовый счетчик [4] представляет собой многосчитавую систему, в которой нити гальванически объединяются по группам. Сигналы с каждой группы усиливаются и подаются на дискриминатор-формирователь. Конструктивно газовый счетчик состоит из двух анодных плоскостей, соединенных друг с другом через 6-7 мм. Шаг для улучшения временного разрешения, при одинаковой длине 2,25 мм, диаметр проволочек 25 мкм. Расстояние анод-катод - 7 мм. Временное разрешение такой системы составляет 15-20 нс при ~100% эффективности регистрации частиц.

#### Электроника сбора событий

При измерении углов рассеяния элементарных, проводных частиц микрометалла электроника сбора событий довольно проста. Сигналы от рабочих счетчиков ИИ и СВН при выделении малых углов являются симметричными сигналами друг относительно друга. Собираемая информация из ИИ и СВН имеет вид:

При измерении спектральных и спектрально-угловых характеристик излучения возбуждения в триггерному сигналу резко увеличивается и, наоборот, уменьшается схема сбора событий. При этом полезным событием считается только событие, при котором излученный электрон проходит в ИИ (регистрируется в ИИ); после отклонения магнетом ИС регистрируется в симметричном поле телескопа  $S_{II}C_{II}$ ; в результате взаимодействия этой частицы с мишенью рождается  $\gamma$ -квант (регистрируется в ИИ), который

конвертируется в медном конверторе в электрон-позитронную пару (регистраруется в ГСВ). Таким образом, мастерный сигнал М получается совпадением мастерных сигналов электронного (Me) и фотонного ( $M\gamma$ ) плеч установки

$$M = Me \times M\gamma.$$

Мастерный сигнал Me получается совпадением сигналов от ГС1 и от сцинтилляционного телескопа  $C_1C_2$ , который в свою очередь формируется как

$$(C_{11} + C_{12}) \times (C_{21} + C_{22}),$$

т.е.

$$Me = (ГС_1) \times [(C_{11} + C_{12}) \times (C_{21} + C_{22})],$$

где  $C_{11}$  и  $C_{12}$  - сигнал с левого и правого ФЭУ сцинтилляционного счетчика  $C_1$ ,

$C_{21}$  и  $C_{22}$  - соответственно для  $C_2$ .

Мастерный сигнал фотонного плеча  $M\gamma$  - формируется совпадением сигналов от ГС3 и  $NaJ(Te)$  и антисовпадением с ГС2, т.е.

$M\gamma = (ГС_3) \times (\overline{ГС_2}) \times (NaJ(Te))$ . Газовый счетчик ГС2 служит для регистрации заряженного фона, исключая их, будучи включен в схему антисовпадений. Блок-схема электроники отбора событий приведена на рис.2.

Схема служит для выработки мастерного импульса, запускающего схему считывания и передачи информации на ЭВМ.

Дискриминаторы-формирователи управляются воротным импульсом, вырабатываемым генератором ворот ГВ и могут запускаться только на время вывода пучка. Кроме того, сигналом "Запрет от ЭВМ" блокируется быстрая электроника на время считывания и передачи

на ЭВМ информации.

В качестве быстрой электроники служат блоки фирмы EG&G (США) и частично КАМАК. Для ускорения и облегчения процесса наладки аппаратуры использованы электронно-управляемые линии задержки и быстродействующее пересчетное устройство МПП-16 [5,6], позволяющее в автоматическом режиме измерить кривые задержанных совпадений.

Для ориентации кристаллических мишеней под пучком служит схема совпадений (на схеме не приведена) между электронным плечом (Me) и сигналом с  $\text{NaJ}(\text{Tl})$ .

#### Система контроля и регистрации

В процессе физических измерений предусматривался непрерывный контроль параметров установки-напряжений на ФЭУ, токов магнитов и линз электронного тракта и т.д. Напряжение питания ФЭУ контролировалось с помощью цифрового вольтметра через делитель 1:100. Точность измерения равна  $\pm 1$  В. Выходные разъемы высоковольтного питания ФЭУ с помощью переключателя периодически поочередно подключались к каналу измерения.

Токи магнитных элементов электронного тракта измерялись косвенным методом, т.е. с помощью прецизионного цифрового милливольтметра измерялось напряжение с омьюточного шунта, последовательно соединенного с обмоткой магнита или линзы. Специальное устройство поочередно подключало к входу измерителя все сигналы с шунтов, при этом индицировался номер магнита и показание тока. Кроме того, с помощью МПК-1 на дисплее микроЭВМ "Электроника-60" контролировался профиль пучка перед мишенью и его местоположение. С помощью МПК-1 и МПК-2 периодически изме-

ялась расходимость пучка. В начале тракта около пучкопровода располагался интегральный сцинтилляционный детектор, сигнал с которого выводился на осциллограф для контроля длительности вывода пучка, равномерности и стабильности его заполнения.

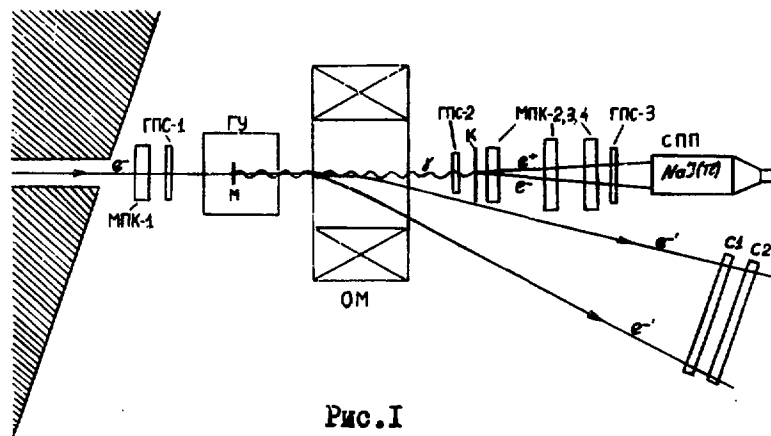
Съем информации (рис.3) с экспериментальной установки осуществляется с помощью ЭВМ "Электроника-60" с дальнейшей передачей массивов данных на ЕС-1022. Информация в МПК регистрируется в блоках электроники, расположенных в непосредственной близости от установки [7]. Модуль опроса значащей информации с МПК запускается мастерным импульсом и передает в ОЗУ ЭВМ номер адреса и номер сработавшей прерывающей в МПК. Одновременно запускается система амплитудного анализа импульса с СПП

$\text{NaI(Tl)}$ . Амплитудный анализ происходит в АЦП типа АДС-8000 (SAIP) с дальнейшей записью кода во входной регистр КР-009 крейта КАМАК. С помощью крейт-контроллера, связанного с ЭВМ "Электроника-60", происходит съем информации с модуля опроса и входных регистров с накоплением информации в ОЗУ. После выполнения ОЗУ массив информации объемом в 2 кбайт через блок связи БС передается на ЭВМ ЕС-1022 по каналу прямого управления, где накапливается на магнитной ленте для дальнейшей обработки. Периодически производится оперативная предварительная обработка для контроля качества экспериментальной информации и работоспособности экспериментальной установки.

### Заключение

Описанная экспериментальная установка позволила измерить спектральные и спектрально-угловые характеристики излучения электронов при прохождении вблизи кристаллографических осей и

плоскостей алмазных мишеней разной толщины, а также исследована процесс многократного рассеяния электронов в тех же условиях. Высокая эффективность набора информации; большое быстродействие, большая точность измерения энергии и угла вторичных частиц - основные преимущества установки.



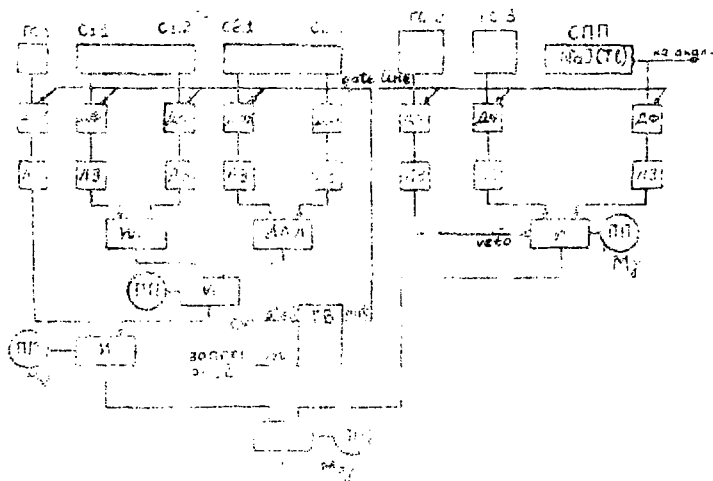


Рис. 2

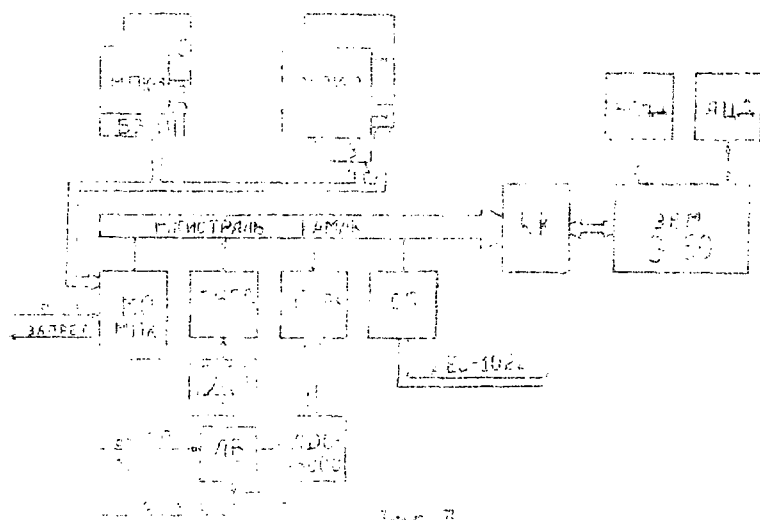


Рис. 3

## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

1. Схема экспериментальной установки
2. Блок-схема быстрой электроники
  - ДФ - дискриминатор-формирователи
  - ЛЗ - электронно-управляемая линия задержки
  - ПП - пересчетный прибор
  - ГВ - генератор ворот
  - СИ - синхроимпульс ускорителя
3. Блок-схема съема передачи информации с экспериментальной установки
  - БЭ - блок электроники на МПК
  - МО МПК - модуль опроса значащей информации с МПК
  - БУГД - блок управления графическим дисплеем
  - ЛВ - линейные ворота
  - БП - блок передачи информации на ЭВМ ЕС-1022
  - КК - крэйт-контроллер
  - АЦД - алфавитно-цифровой дисплей
  - НГМД - накопитель на гибких магнитных дисках

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян Р.О., Агаронян А.В., Аветисян А.Э. и др. Электронный тракт Ереванского ускорителя с малой угловой расходимостью пучка. Препринт ЕФИ-779(6)-85, Ереван, 1985.
2. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Авдалян Г.А. и др. Использование больших кристаллов  $\text{NaJ}(\text{Te})$  для измерения спектра тормозного излучения электронов высоких энергий. Препринт ЕФИ-714(29)-84, Ереван, 1984.
3. Авакян Р.О., Айвазян Р.Б., Асатрян Р.А. и др. Результаты разработок и использования многопреволочных пропорциональных камер в экспериментах на Ереванском электронном синхротроне. Известия АН АрмССР, Физика, т. 19, вых. 6, с. 314-318.
4. Айвазян Р.Б., Асатрян Р.А., Егиян К.Ш. и др. Исследование возможности использования МПК в качестве газовых источников. ВАНТ, 1983, вып. 1(22), с. 17.
5. Аветисян А.Э., Еганов В.С. и др. Многоканальный пересчетный прибор с высоким быстродействием. Препринт ЕФИ-703(18)-84, Ереван, 1984.
6. Аветисян А.Э., Еганов В.С. Устройство автоматического измерения кривой задержанных совпадений. Препринт ЕФИ-702(17)-84, Ереван, 1984.
7. Бартикян М.В., Мирзоян С.С., Матевосян Э.М. 32-канальный электронный модуль для проволочных камер ПТЭ № 3, 1982, с. 75-77.

Рукопись поступила 14 сентября 1987 г.

Р. О. АВАКЯН, Э. О. АВАКЯН, А. Э. АВЕТИСЯН, Р. Б. АЙВАЗЯН, Р. А. АСАТРЯН,  
М. В. БАРТИКЯН, С. Г. ГИНДОЯН, В. А. ГЮРДЖЯН, С. С. ДАНАГУЛЯН,  
С. А. ДАНИЕЛЯН, В. С. ЕГАНОВ, Э. М. МАТЕВОСЯН, Р. М. МИРЗОЯН,  
М. А. ОГАНЕСЯН, К. Ш. ОГАНЯН, Р. Ц. САРКИСЯН, Ю. Э. СУКИАСЯН,  
С. П. ТАРОЯН, Г. М. ЭЛБАКЯН

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ  
ИЗЛУЧЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В УСЛОВИЯХ  
КАНАЛИРОВАНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ**

Редактор Л. П. Мукаян

Технический редактор А. С. Абрамян

---

Подписано в печать 12/VI-87г.

ВФ-09512

Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 1.0

Тираж 299 экз. Ц. 15 к.

Зак. тип. № 689

Индекс 3624

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, Маркарян 2

The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Markaryan St., 2  
Yerevan, 375036  
Armenia, USSR

**индекс 3624**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**