

**We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche**

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE

---

Г. А. АРАКЕЛЯН, Г. Л. БАЯТЯН, А. Р. БАГДАСАРЯН,  
Г. СВАРТАНЯН, А. Р. ВОСКАНЯН, Н. Г. ГРИГОРЯН,  
К. Т. ДАРБИНЯН, С. Г. КНЯЗЯН, А. Т. МАРГАРЯН,  
Г. Г. МАРИКЯН, К. К. МКРТЧЯН, Э. М. ОГАНЕСЯН;  
А. К. ПАПЯН, С. Г. СИМОНЯН, С. С. СТЕПАНЯН,  
Г. Е. СОЛЯКИН

ИЗМЕРЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ЗАРЯЖЕННЫХ АДРОНОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ  
ФОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ  $E_\gamma = 0,5-3,3$  ГэВ  
С ЯДРАМИ Al, Si и Pв

Ե.Ա.ԱՌՆՔԵԼՅԱՆ, Ա.Ռ.ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Հ.Լ.ԲԱՅԱԹՅԱՆ,  
Ն.Ղ.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Կ.Տ.ԴԱՐԲԻՆՅԱՆ, Ս.Գ.ԿՆՅԱԶՅԱՆ,  
Է.Մ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա.Թ.ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Գ.Գ.ՄԱՐԻԿՅԱՆ,  
Բ.Կ.ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Ա.Կ.ՊԱՊՅԱՆ, Ա.Ռ.ՈՍԿԱՆՅԱՆ  
Ս.Գ.ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Ս.Ս.ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ, Գ.Ե.ՍՈՒՅԱՆԿԻ,\*  
Հ.Ս.ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ԲԵ , ՇԱ ԵՎ ՔԵ միմիջոցներով շեճ  $E_{\gamma} = 0,5-3,3$   
ԳԵՎ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՓՈՏՈՆՆԵՐԻ ՓՈՊԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԸՆԹԱՍՔՈՒՄ  
ԾՆՎԱԾ ԼԻՑԲԱՎՈՐՎԱԾ ՀԱԴԻՈՆՆԵՐԻ ԲԱԶՄԱԲԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ  
ՉԱՓՈՒՄԸ

Կատարված է ալյումինի, պղնձի և կապարի միջուկների Ֆոտոկլանման  
ընթացքում ծնված լիցքավորված հաղորդիչների բազմաքանակության չափումը  
նշարկված Ֆոտոնների  $E_{\gamma} = 0,5-3,3$  ԳԵՎ էներգիայի տիրույթում: Նշված  
թիրախների մոտ Ֆոտոնների էներգիայի այդպիսի տիրույթում լիցքավորված  
հաղորդիչների ինչպես միջին, այնպես էլ առավելագույն թվի համար զգալի  
տարաքանակություն չի նկատվում:

Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երև և 1989

\*-----  
ԼՍՖԻ

E.A.ARAKELIAN, H.L.BAYATIAN, A.R.BAGHDASSARIAN,  
K.T.DARBINIAN, N.K.GRIGORIAN, S.G.KNYAZIAN, A.T.MARKARIAN,  
G.G.MARIKIAN, K.K.MKRTCHIAN, E.M.OGANESSIAN, A.P.PAPIAN,  
S.G.SIMONIAN, S.S.STEPANIAN, G.E.SOLYAKIN\*,  
G.S.VARDANIAN, A.R.VOSKANIAN

MEASUREMENT OF CHARGED HADRON PRODUCTION MULTIPLICITY AT  
INTERACTION OF PHOTONS WITH  $E_\gamma=0.5-3.3$  GeV WITH  
Al, Cu AND Pb NUCLEI

The multiplicity of charged hadron production at absorption in the aluminum, copper and lead nuclei in the tagged-photon energy range from 0.5 to 3.3 GeV, is measured. For the mentioned energy range and targets there is not observed any considerable variation in the measured values of the mean and maximum multiplicity of charged secondaries.

Yerevan Physics Institute  
Yerevan 1989

---

\* Leningrad Institute of Nuclear Physics

Е.А.АРАКЕЛЯН, Г.Л.БАНЬЯН, А.Р.БАГДАСАРЯН,  
Г.С.ВАРТАНЯН, А.Р.ВОСКАНЯН, Н.К.ТРИГОСЯН,  
К.Т.ДАРЕВИЧЯН, С.Г.КИЗЯН, А.Т.МАРГАРЯН,  
Г.Г.МАРИКЯН, К.К.МКРТЧЯН, Э.М.ОГАНЕСЯН,  
А.К.ПАПЯН, С.Г.СИМОНЯН, С.С.СТЕПАНЯН  
Г.Е.СОЛЯКИН \*

ИЗМЕРЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ  
АДРОНОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ  
 $E_{\gamma} = 0,5 - 3,3$  ГэВ С ЯДРАМИ Al, Si и Pb

Проведено измерение множественности образования заряженных адронов в процессе фотопоглощения в ядрах алюминия, меди и свинца в диапазоне энергии меченых фотонов (0,5-3,3) ГэВ. Для этих мишеней и указанного диапазона энергий не обнаруживается значительных вариаций в измеренных значениях средней и максимальной множественности вторичных заряженных частиц.

Ереванский физический институт  
Ереван 1989

---

\* ЛИФ

## Введение

Свойства ядерной материи изучаются в процессах глубоко неупругих взаимодействий атомных ядер. В настоящее время можно выделить два направления экспериментальных исследований этих процессов. Одно связано с изучением фрагментов, возникающих при расщеплении налетающих на ядро мишени релятивистских частиц. Как утверждается в работе [1], процесс фрагментации ядер в широком диапазоне их масс и энергий в основном обусловлен характером внутриядерного движения нуклонов, существующим еще до столкновения. Другое направление связано с изучением процессов расщепления ядер-мишеней под действием частиц высокой энергии [2-4]. При этом особое внимание уделяется событиям полного расщепления средне-тяжелых ядер с большими нуклонными потерями. Появление этих событий очень трудно поддается объяснению в рамках традиционной каскадно-испарительной модели. В развиваемых в последнее время микроскопических описаниях механизмы возникновения "трубки" или "полости" внутри ядра, приводящие к наблюдаемым событиям с большими множественностями, связываются с образованием внутриядерных многоадронных состояний. В этом

подходе предсказывается пороговый характер появления событий с большой множественностью вторичных частиц при изменении энергии теричного пучка. Следует отметить, что обсуждаемые эффекты коллективных движений возбуждались в ядерной материи только с помощью релятивистских адронов. Поэтому нам представлялось целесообразным, используя методику меченых фотонов, провести исследование множественности вторичных заряженных частиц, возникающих при взаимодействии фотонов широкой области энергии с атомными ядрами.

Эксперимент проведен на выведенном электронном пучке Ереванского синхротрона. Сформирован разреженный электронный пучок, описанный в работе [5]. Трассировка пучка проведена как фотографированием профиля пучка на разных участках канала, так и с помощью пропорциональной камеры [6], помещенной после магнита системы мечения (рис.1) и измеряющей горизонтальный и вертикальный профили пучка. Угловая расходимость пучка перед магнитом системы мечения (см.рис.1) составляет  $\sim 2$  мрад. Размеры пучка там же составляют 1 см по горизонтали и  $\sim 0,7$  см по вертикали. Интенсивность разреженного электронного пучка для данной толщины радиатора  $R_1$  оценивается  $N = 5 \cdot 10^{-3} N_0$ , где  $N_0$  - интенсивность выведенного электронного пучка.

Экспериментальная установка показана на рис.2. Перед магнитом системы мечения  $M$  под электронным пучком ставится радиатор тормозных фотонов  $R_2$ . Отбираются случаи совпадения во времени фотонов или их взаимодействия с электронами отдачи. Электроны отдачи регистрируются 16-канальным годоскопом мечения, состоящим из двух рядов сцинтилляционных счетчиков. Разме-

ры и расположение счетчиков определяют энергетическую область электронов отдачи, соответствующую каждому каналу. "Охранные" сцинтилляционные счетчики ( $\bar{A}_1 - \bar{A}_4$ ), включенные на антисовпадение в основной триггер, предназначаются для очистки пучка. Отверстие в центре этих счетчиков оставлено с учетом углового распределения тормозных фотонов. Квантометр, расположенный под основным пучком электронов, не взаимодействовавших в радиаторе и отклоненных магнитом меченя, используется для контроля над интенсивностью электронного пучка. Ливневой детектор предназначен как для определения числа фотонов, попадающих на мишень, так и для идентификации адронов, образованных в мишени. Множественное образование заряженных адронов регистрируется 24 узкими сцинтилляционными счетчиками, окружающими мишень с геометрией  $\sim 4\pi$ . Каждый счетчик имеет форму прямой призмы с основанием в виде трапеции со сторонами 2, 3 см и высотой 2 см. Длина призмы 25 см. Такие 24 счетчика собраны вокруг мишени в виде цилиндра диаметром 6 см. Мишень имеет форму плоской ленты длиной 25 см, шириной 6 см и толщиной  $\sim 100 \text{ мг/см}^2$ . Использовались мишени из алюминия, меди и свинца. Мишень располагается под углом  $\sim 0,3$  рад относительно направления фотонного пучка для увеличения эффективной толщины. Это позволяет совместить требование тонкой мишени, необходимой для уменьшения пороговой энергии заряженных адронов, вылетающих из мишени, с достаточным большим выходом адронов. Использованный нами  $4\pi$ -детектор регистрирует заряженные адроны с кинетической энергией  $T_{\text{пор}} > (5-25) \text{ МэВ}$  в зависимости от типа частиц и угла выхода из мишени.

Для нашей методики эксперимент особо важное значение принимает точное определение эффективности каждого из 24 счетчиков 4И -детектора. Эффективность каждого счетчика была нами тщательно проверена в лабораторных условиях и доведена до  $\sim 100\%$ .

Для эксперимента появилась необходимость создания блока электроники, позволяющего регистрировать одновременное срабатывание двух и более счетчиков - до 24 счетчика [7,8]. Информация от такого мажоритарного блока подается на ЭВМ. Туда же подается информация об общем числе адронных случаев, образованных в мишени, и о числе фотонов, падающих на мишень. Вся информация для каждого канала системы мечения с мишенями (Ag, Cu, Pb) и без мишени записывается на магнитные ленты ЭВМ. Регистрируется множественность в области  $2 < n < 24$ . Случаи одиночного фотообразования адронов нами не регистрировались из-за большого вклада электромагнитного фона и случайных совпадений.

После вычета фоновых случаев, полученных в циклах без мишени для каждого ядра, вычисляется общая вероятность образования адронов и вероятность образования  $n$ -го числа заряженных адронов на один фотон для каждого канала системы мечения. Вычисляется также величина средней множественности образованных адронов для каждого канала системы мечения. Ошибки составляют  $\sim 20\%$  и в основном обусловлены высоким уровнем электромагнитного фона. В пределах ошибок не наблюдается зависимости величины средней множественности образованных заряженных адронов от массового числа ядер или от энергии  $\gamma$ -квантов. Не наблюдается также энергетической зависимости для вероятности образования  $n$ -го

числа множественности. На рис.3а,б,в, для одного канала системы мечения приведены распределения по множественности образованных частиц без вычета и с вычетом событий без мишени для различных ядер. Высокий уровень фона в основном обусловлен мягким электромагнитным излучением в экспериментальном зале. Специфика эксперимента не позволяет избавиться от фона путем кратностей совпадений, так как это привело бы к увеличению порога регистрации заряженных частиц. С увеличением множественности регистрируемый уровень фона уменьшается, что позволяет провести поиск порогового эффекта образования большой множественности в исследуемом нами интервале энергии. На рис.4а,б для двух каналов системы мечения приведены распределения вероятностей образования  $n$ -го числа заряженных адронов для трех исследуемых ядер. Как видно, распределения особенно не отличаются друг от друга и в этом интервале энергии не наблюдается увеличение случаев большей множественности ( $n < 15$ ). Из рисунков видно, что сечение образования множественности  $n > 10$  может составить  $\leq 0,5\%$  от полного сечения образования адронов, тогда как ожидаемая большая множественность в адрон-ядерных столкновениях составляет (3-5) % от полного сечения [2]. Отметим, что в каждом канале системы мечения общее число случаев образования адронов составило  $\sim 1000$ .

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что значения средней множественности в пределах точности измерений являются независимыми от массы ядра мишени и энергии перичного пучка в исследуемом диапазоне.

Отметим, что усредненная по всей энергетической области ве-

величина средней множественности  $(4,63 \pm 0,7)$ ,  $(4,06 \pm 0,65)$  и  $(4,64 \pm 0,36)$  для ядер алюминия, меди и свинца соответственно, находится в хорошем согласии со значением  $(4,84 \pm 0,17)$ , полученном при расщеплении ядер аргона протонами с энергией 1 ГэВ [9]. Таким образом, можно утверждать, что множественность испущенных заряженных частиц при расщеплении ядер на пучках промежуточных энергий является внутренней характеристикой ядерной материи.

Более чувствительной к механизму образования заряженных частиц в процессе расщепления атомных ядер может оказаться величина максимальной множественности, зарегистрированной в эксперименте. Малая статистика зарегистрированной большой множественности позволяет говорить только об оценочных значениях. Тем не менее, измерения, выполненные для каждого из ядер показывают, что оценочные величины максимальной множественности слабо меняются с изменением энергии поглощаемых фотонов. Постоянство средних и максимальных значений множественности вторичных заряженных частиц является скорее всего следствием идентичности механизмов расщепления, связанных с каскадно-испарительными процессами в атомных ядрах, несмотря на различие энергии поглощаемых фотонов.

Пороговые эффекты в образовании множественности заряженных частиц в данном эксперименте не обнаружены. Это обстоятельство свидетельствует о том, что таким методом наблюдать эффекты коллективных взаимодействий в ядерной материи на фоне многочисленных каскадно-испарительных процессов трудно. Для этого, возможно, потребуется введение дополнительных кинематических критериев отбора. Возможным ориентиром в этом направлении является

наблюдение десятикратного увеличения сечения деления на три соизмеримых по массе осколка  $^{238}\text{U}$  при изменении энергии первичного пучка протонов от 1 до 10 ГэВ, что возможно, соответствует пороговой особенности кривой возбуждения. Однако уровень вероятности наблюдения этой особенности составляет  $(4,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-4}$  от полной вероятности неупругого взаимодействия [9]. Обращает на себя внимание то, что этот уровень примерно соответствует уровню, достигнутому в настоящем эксперименте для образования максимальной множественности заряженных адронов.

Экспериментальные результаты, полученные в настоящей работе, представляют необходимые сведения для выполнения последующих экспериментов с более жесткими критериями отбора для обнаружения эффектов коллективного взаимодействия при поглощении фотонов атомными ядрами.

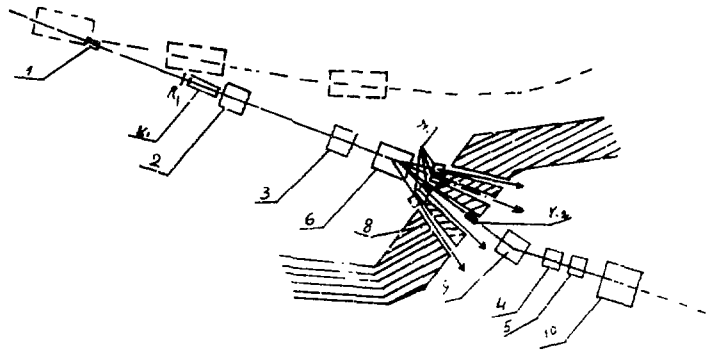


Рис. 1

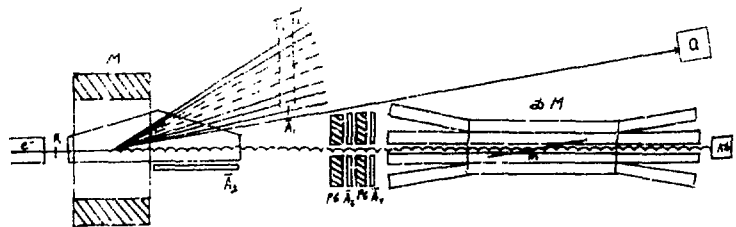


Рис. 2

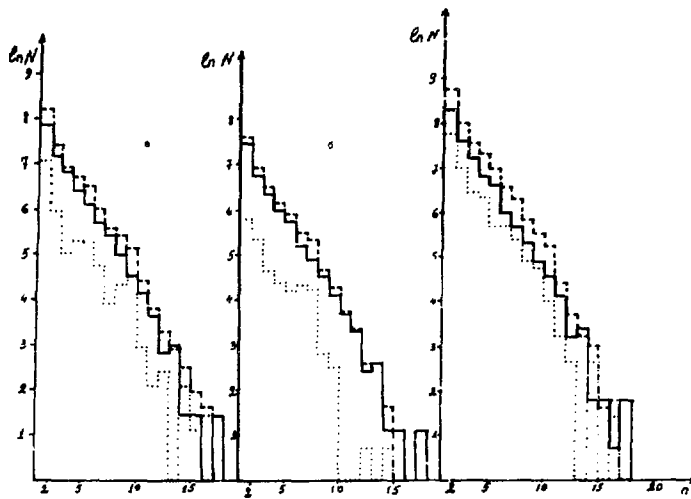


Рис. 3

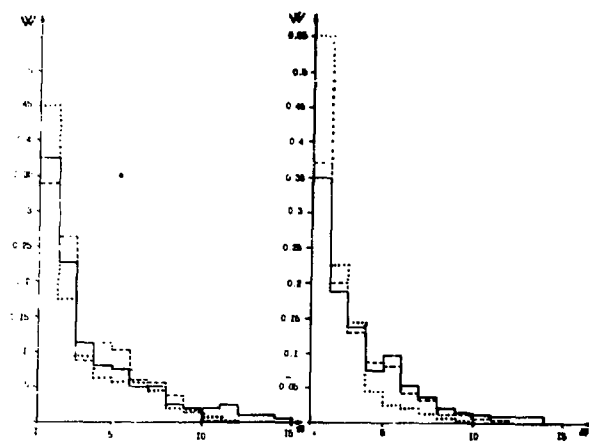


Рис. 4

## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Общая схема расположения тракта разреженного электронного пучка

1-выходной патрубков,  $K_1, K_2$  -коллиматоры, 2-5 -квадрупольные линзы, 6 - поворотный магнит СП-12, 7 - затворы, 8 - бетонная стена, 9 - поворотный магнит СП-137, 10 - анализирующий магнит СП-57,  $R_1$ -радиатор

Рис.2 Общий вид экспериментальной установки

$R_2$  -радиатор, М -анализирующий магнит,  $\bar{A}_1 - \bar{A}_4$  - "охраняющие" счетчики,  $T, T'$  -каналы системы измерения,  $\mathcal{DM}$  -  $4\pi$  -детектор,  $m$  -мишень,  $ЛД$  -линейный детектор,  $Q$  -квантометр

Рис.3 Распределение по множественности образованных частиц

----- ядро без учета фона  
 ————— фон, т.е. измерения без мишени  
 - - - - - ядро с вычетом фона

$a$  -для алюминия,  $b$  -для меди,  $v$  - для свинца

Рис.4 Распределение вероятностей образования  $n$ -го числа заряженных адронов для энергии  $E_\gamma = 2,06 \pm 0,06$  ГэВ (а)  
 $E_\gamma = 3,07 \pm 0,06$  ГэВ (б)

----- для алюминия  
 - - - - - для меди  
 ————— для свинца

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kidd J.M., Lindstrom P.J., Growcord H.J. et al.  
Phys. Rev. C37, 2613, 1988.
2. Андреева Н.П., Боос Э.Г., Морозова П.В. и др. Полный распад тяжелых ядер, вызываемый протонами и  $\bar{U}$ -мезонами высоких энергий. Препринт ИФВЭ 80-15, Алма-Ата, 1981.
3. Chestnov Yu.A., Gorshkov B.L., Iljin A.I. et al.  
Collective interaction mechanism of 1 GeV protons with heavy nuclei. Preprint INPI, 941, Leningrad, 1984.
4. Gevorgyan S.R., Gulkanyan G.R., Vartanyan V.A. Mean multiplicity of g-particles in interaction of high energy leptons with nuclei. Preprint EPI, 773(88), Yerevan, 1984.
5. Аракелян Е.А., Баятян Г.Л., Вартанян Г.С. и др. Меченый фотонный пучок на выведенном разреженном электронном пучке Ереванского синхротрона. Научное сообщение ЕФИ-733(48)-84, Ереван, 1984.
6. Аракелян Е.А., Баятян Г.Л., Вартанян Г.С. и др. Измерение профиля пучка выведенных электронов при помощи пропорциональной камеры. Научное сообщение ЕФИ, 598(85)-82, Ереван 82 Известия АН АрмССР, Физика, 1984, т.19, вып.2, с.101.
7. Балаян З.К., Вартанян Г.С., Кечян К.П.-А. и др. Стробируемая 32-входовая схема отбора событий. Препринт ЕФИ-1022(72)-87, Ереван, 1987.

8. Аракелян Е.А., Баятян Г.Л., Григорян Н.К. и др. Восьми-  
входная схема отбора событий. ПТЭ, 1967, № 1, с.89.
9. Филатов Н.П., Беловицкий Г.Е., Жданов А.А. и др. Изучение  
процессов деления ядер  $^{238}\text{U}$  с большим сопровождением за-  
ряженных частиц и на три соизмеримых по массе осколка протонами с энергией 1 ГэВ. Препринт ЛИЯФ-1404, Ленинград,  
1988. с.23.

Рукопись поступила 25 апреля 1989 г.

Е.А.АРАКЕЛЯН, Г.Л.БАЯТЯН, А.Р.БАГДАСАРЯН, Г.С.ВАРТАНЯН,  
А.Р.ВОСКАНЯН, Н.К.ГРИГОРЯН, К.Т.ДАРЕВИЧЯН, С.Г.КНЯЗЯН,  
А.Т.МАРГАРЯН, Г.Г.МАРИЖЯН, К.К.МКРТЧЯН, Э.М.ОГАНЕСЯН,  
А.К.ПАПЯН, С.Г.СИМОНЯН, С.С.СТЕПАНЯН, Г.Е.СОЛЖИКИН

ИЗМЕРЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ АДРОНОВ ПРИ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ  $E_\gamma = 0,5-3,3$  ГэВ С ЯДРАМИ  
 $\text{Al}$ ,  $\text{Cu}$  и  $\text{Pb}$ .

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

---

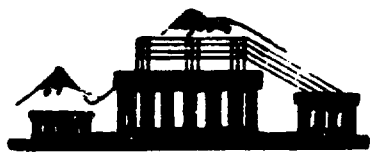
Подписано в печать 3/УП-89 ВЭ-02196 Формат 60x84/16  
Офсетная печать. Уч.изд.л. 0,8 Тираж 299 экз.Ц.12 к.  
Зак.тип.№ 1037 Индекс 3649

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, ул.Братьев Алиханян, 2

The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Alikhanian Brothers 2,  
Yerevan, 375036  
Armenia, USSR

**ИНДЕКС 3649**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**