

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ ՆԱՎՈՇ ԿՈՍԵՇԻՄԵ

ЕФИ-97(74)

54760 3799

Դ.Դ.Մկրտչյան, Բ.Ն.Սիսիլև

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ
ДЛЯ СИЛЬНО ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ В
ШИРОКОЗАБОРНОМ ДРЕЙФОВОМ ОБЪЕМЕ

ԱՐՄՍ

ԵՐԵՎԱՆ

1974

ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение ЕФИ-97(74)

Г.Г. АЖРТЧЯН, Р.Н. ДИХТЕЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ
ДЛЯ СИЛЬНО ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ В ШИРО-
КОУГОЛЬНОМ ДРЕЙФОВОМ ОБЪЕМЕ

Ереван 1974

Г.Г.МКРТЧЯН, Р.Н.ПИХТЕЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ
ДЛЯ СИЛЬНО ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ В ШИРО-
КОЗАЗОРНОМ ДРЕЙФОВОМ ОБЪЁМЕ

В работе исследован метод электронного проецирования трека сильноионизирующей частицы (α -частиц) при их остановке в широкозазорном дрейфовом объёме. Измерен коэффициент газового усиления в смеси $\text{He}_4 + 2\% \text{CH}_4$. Получены энергетические разрешения для α -частиц - $\Delta E/E \approx 8\%$ (полная ширина на полувысоте), показано, что амплитуда импульса не зависит от числа проволочек на которые проецируется трек и от места прохождения частицы. Амплитуда импульса на ММК пропорциональна ионизации. Данный метод предполагается использовать для идентификации ядер отдачи в реакциях с интенсивными пучками фотонов и электронов.

Ереванский физический институт

Ереван 1974

Scientific Report EPH-97(71)

G.G.MKRTCHYAN, R.N.PIKHTELEV

THE INVESTIGATION OF ENERGY RESOLUTION FOR
HEAVILY-IONIZING PARTICLES IN WIDE GAP
DRIFT VOLUME

The method of electrical projection of heavily-ionizing particles (α -particles) tracks at their stopping inside the wide-gap drift volume was investigated in this work. The gas multiplication coefficient for ${}^4\text{He} + (2\%)\text{CH}_4$ mixture was measured. The energy resolution for α -particles equal to $\sim 2\%$ (FWHM) was obtained and it was shown that the pulse height is independent of both the place of particle passage and the number of track projection wires. The pulse amplitude on the prop. chamber is proportional to ionisation. This method was proposed for the identification of recoil nuclei in reactions induced by intense beams of photons and electrons.

Yerevan Physics Institute
Yerevan 1974

в работе [1] при электронном просвечивании трека заряжен -
ной частицы. Упомянутые в таблице [1] и киндносте-
ратора [2] (1-1).

В настоящей работе просвечивание трека предлагается
использовать для детектирования ядер отдачи (α -час-
тиц) в широком интервале кинетических энергий.

В качестве рабочего газа используется $\text{He}^4 + 1\% \text{CH}_4$,
который может служить мишенью в ряде физических за-
дач [3].

Целью настоящей работы являлась регистрация α -
частиц, останавливающихся в широкозазорном дрейфовом
объеме, надежное разделение α -частиц от сильного
фона электронов и исследование энергетических разреше-
ний многопроволочной пропорциональной камеры (МПК),
на плоскость которой проецируется электронное изобра-
жение трека. На рис.1 показана схематическая констру-
кция камеры. Она состоит из дрейфового зазора шириной
 ~ 14 см, внутри которого помещена МПК. Размеры
пропорциональной камеры $15 \times 15 \text{ см}^2$, расстояние меж-
ду анодными и катодными плоскостями по 1 см, шаг на-
мотки проволочек 4 мм. Катодные плоскости изготовле-
ны из проволочек берилловой бронзы $\varnothing 100$ мк, а в каче-
стве анодов использовались проволочки из золоченого
молибдена диаметром $\varnothing 20$ мк.

α -частицы пропускались параллельно электродам
МПК. В этом случае амплитуда сигнала на МПК будет

пропорциональна суммарной ионизации, создаваемой частицей на своем пути. α - частицы от источника Pu^{239} ($\frac{\Delta E}{E} \approx 3\%$) расположенного внутри полиэтиленовой оболочки через коллиматор с углом раствора $+10^\circ$ проходили в дрейфовый объем камеры вблизи нижнего электрода. Источник можно было перемещать вдоль оси и тем самым менять остаточный пробег внутри чувствительного объема с точностью ~ 1 мм. Напротив источника помещался экран из оргстекла для исследования зависимости амплитуды импульса от числа проволок, на которые проецируется трек частицы.

К нижнему электроду дрейфового объема прикладывается отрицательный потенциал и электроны, образованные вдоль трека частицы, дрейфуют к плоскости МПК. На рис.2 представлена зависимость амплитуды импульса от напряжения, приложенного к дрейфовому промежутку (U_D).

При напряженности $U_D \geq 0,8$ кв/см в данном газе скорость дрейфа электронов постоянна $\sim 1,5 \cdot 10^6$ см/сек и рекомбинация не существенна, т.е. практически все электроны переносятся в область МПК. При измерении напряженности U_D от 0,8 до 1,1 кв/см амплитуда импульса изменяется $\lesssim 1\%$, т.е. в этой области не требуется высокой стабилизации U_D .

Величина коэффициента газового усиления (M) определялась по полному заряду, прошедшему через входное сопротивление усилителя (рис.3). В области изменений напряжений на МПК (U_K) не наблюдается насыщения коэффициента газового усиления, т.е. при $M \lesssim 300$ не происходит экранирования сигнальных проволок ионным облаком в области лавины и амплитуда импульса должна быть пропорциональна ионизации, созданной частицей в дрейфовом объеме. Для стабилизации коэффициента газового усиления с точностью $\sim 1\%$ требуется стабилизация $U_K \sim 0,1\%$ и стабилизация концентрации метана с относительной ошибкой 0,25% при малых концентрациях CH_4 .

Дальнейшие измерения выполнены при $U_d = 12$ кв, $M = 250$ и концентрации $CH_4 \sim 2\%$.

Исследовалась зависимость амплитудных распределений импульсов на МПК от величины остаточного пробега α - частиц в чувствительной области дрейфового объема путем передвижения источника с шагом 1 см. Остаточный пробег определялся в аналогичных условиях на кристалле $CSJ(Tl)$. Результаты измерений приведены на рис.4. Расчеты произведены с учетом уменьшения dE/dx в области энергий α - частиц, когда их скорость сравнима со скоростью электронов в ядре He^4 , т.е. $V_\alpha / c \sim Z\alpha$ ($\alpha = 1/137$), что соответствует энергии $E_\alpha = 0,4$ Мэв и остаточному пробегу $\sim 1,7$ см.

Энергетическое разрешение (рис.5) для α - частиц, останавливающихся в чувствительном объеме, равно $\sim 8\%$ (полная ширина на полувысоте). Так как проекция трека частицы перпендикулярна чувствительным проволочкам МПК, была произведена проверка независимости амплитуды импульса от числа проволочек, на которые проецируется трек частицы. Для этого $\sim 1/2$ площади активного слоя источника закрывалась майларом толщиной 10 мкм. Калибровка энергии после ослабителя производилась на кристалле $CSJ(Tl)$. На пути α - частиц в дрейфовом объеме вводился экран, в котором поглощался остаточный пробег от α - частиц, имеющих различные энергии $E_\alpha = 2,2$ Мэв и 3,4 Мэв. В этом случае на одинаковой длине (от коллиматора до экрана) α - частицы имели различные потери энергии и треки проецировались на одни и те же чувствительные проволочки МПК. Полученные результаты приведены на рис.6.

Видно, что энергетическое разрешение не изменяется, т.е. не зависит от числа проволочек, на которое проецируется трек частицы.

Аналогичным образом были измерены амплитуды импульсов от α - частиц, проходящих вблизи нижнего электрода дрейфового объема и вблизи МПК. В пределах

ошибок (+1 канал анализатора) центры распределений совпадают. Таким образом не происходят потери электронов на пути их дрейфа к МПК и амплитуда импульса не зависит от места прохождения частицы.

На рис.5 виден "хвост" распределения импульсов от электронов, проходящих через дрейфовый объем от источника электронов ($S_{\tau}^{90} + Y^{90}$) с интенсивностью $\sim 10^5 \text{ сек}^{-1}$ и $E \approx 0,6$ и $2,0$ Мэв. При этом образуется 130 пар ионов в чувствительной области. Так как длительность импульса в данной смеси $\sim 0,5$ мксек (по основанию), то при интенсивности электронов $\sim 10^5 \text{ сек}^{-1}$ происходит наложение импульсов. Кроме того, за счет больших статистических флуктуаций при малой ионизации амплитудное распределение импульсов от электронов расширяется в область больших амплитуд.

Подобную конструкцию предполагается использовать для регистрации ядер отдачи в реакциях упругого фоторождения частиц. Преимущество такого детектора заключается в том, что через дрейфовый объем можно пропускать нейтральные пучки высокой интенсивности. В потоке частиц с минимальной ионизацией интенсивностью до $10^5 + 10^6 \text{ сек}^{-1}$ при соответствующей дискриминации импульсов можно иметь 100% эффективность регистрации ядер отдачи.

Для ядер отдачи идущих перпендикулярно к плоскости МПК и останавливающихся в дрейфовом объеме форма импульса повторяет кривую потерь энергии на ионизацию (кривая Брегга). При этом амплитуда начального участка импульса соответствует потерям энергии в конце пути и не зависит от энергии и пробега α -частицы. Амплитудное разрешение, полученное при этом, равно $\sim +5\%$. Полный заряд, собранный от трека перпендикулярно плоскости МПК будет пропорционален полной ионизации, т.е. энергии ядра отдачи, а длительность импульса пропорциональна проекции трека на плоскость МПК (так как скорость электронов в дрейфовом объеме постоянна), а при углах близких к 90° пропорциональна

пробегу частицы. Разрешающее время определяется шириной дрейфового объема и скоростью дрейфа электронов. Для ширины ~ 20 см и смеси $\text{He}^4 + 2\% \text{CH}_4$ разрешающее время ~ 15 мксек.

При создании радиального поля вдоль оси пучка для реакций с малыми переданными импульсами (ядро отдачи вылетает с углами близкими к 90°) амплитуда импульса не будет зависеть от азимутального угла. Тогда только импульс с МПК от электронного изображения трека может быть использован для получения обширной информации: амплитуда начального участка - масса частицы; полный заряд - её энергия; длительность импульса - пробег и наличие остановки в дрейфовом объеме.

Использование различных газов от He^4 до Xe дает возможность использовать данный метод регистрации ядер отдачи в широком круге задач вплоть до помещения внутрь дрейфового объема тонких твердых мишеней, что значительно упростит конструкцию и обработку результатов.

В заключение авторы считают своим долгом поблагодарить В.М.Харитонову, А.С.Александряну и В.И.Иванову за многочисленные полезные обсуждения и постоянный интерес к работе, а также М.П.Лорикиану за критические замечания.

Подписи к рисункам

- Рис. 1 Схематическая конструкция камеры.
- Рис. 2 Зависимость амплитуды импульса МПК от величины дрейфового напряжения (U_{Δ})
- Рис.3 Зависимость величины коэффициента газового усиления (M) от рабочего напряжения камеры (U_k).
- Рис.4 Зависимость амплитуды импульса от потерь энергии на ионизацию (ΔE) в чувствительной области дрейфового объема.
- Рис.5 Энергетическое разрешение для α -частиц, останавливающихся в чувствительном объеме.
- Рис.6 Амплитудные распределения импульсов от α -частиц, имеющих разные энергии (2,2 МэВ и 3,4 МэВ), но одинаковые длины начальных участков траектории в дрейфовом объеме.

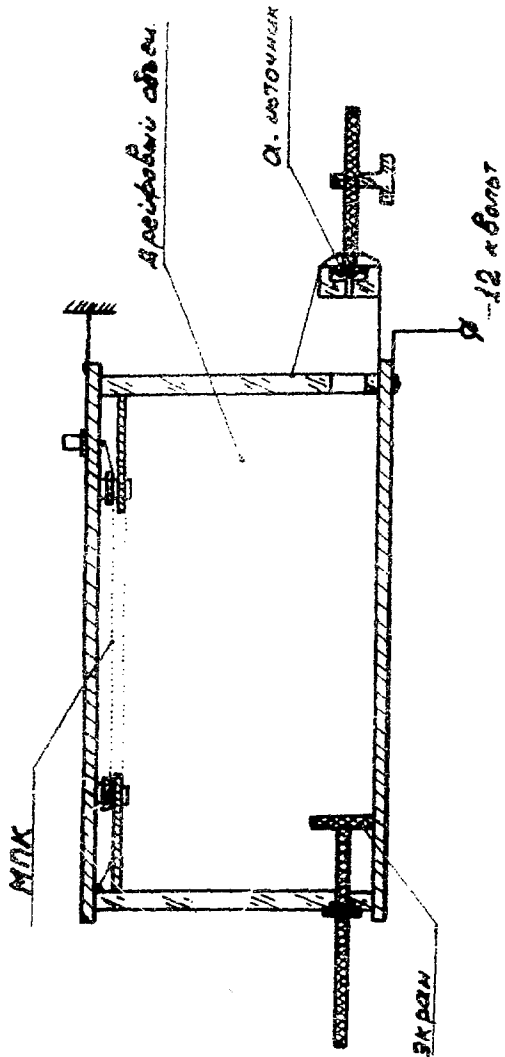


рис. 1

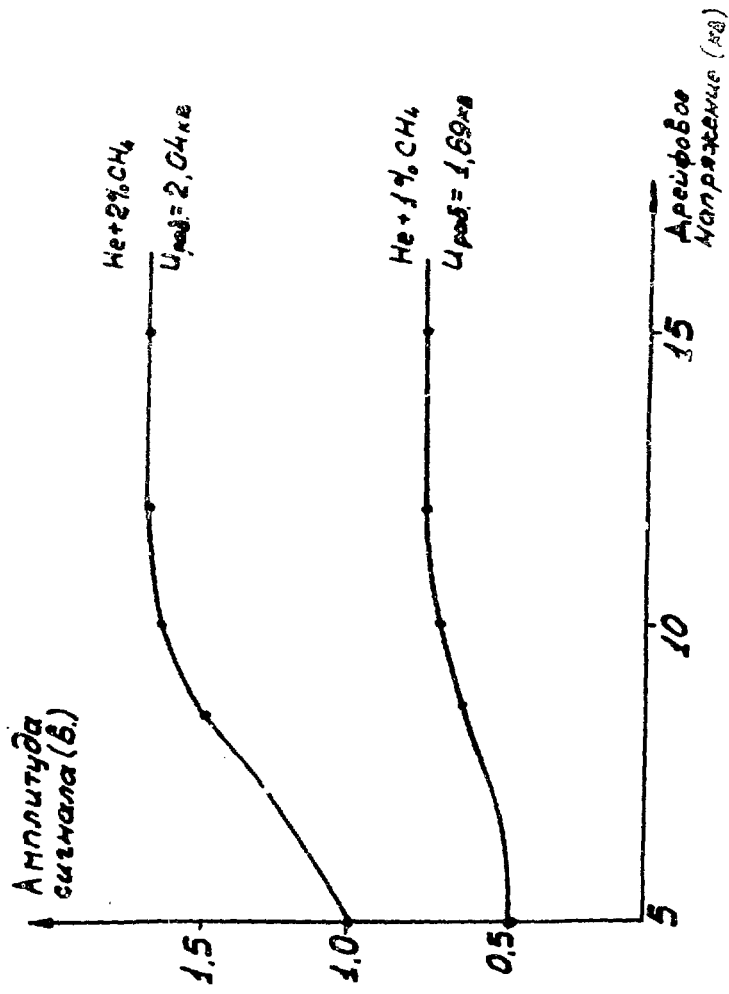


рис. 2

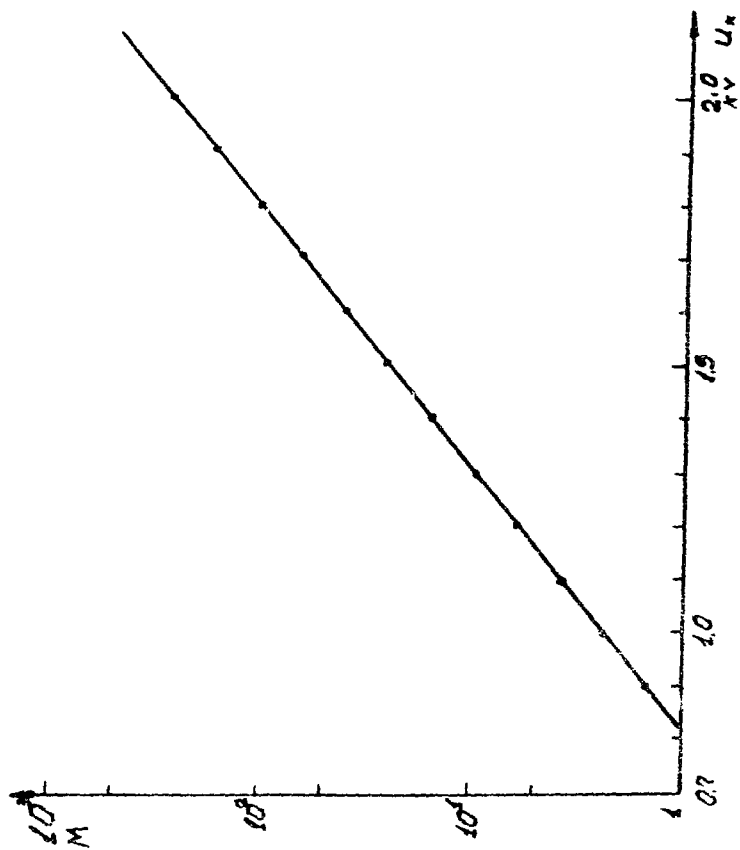
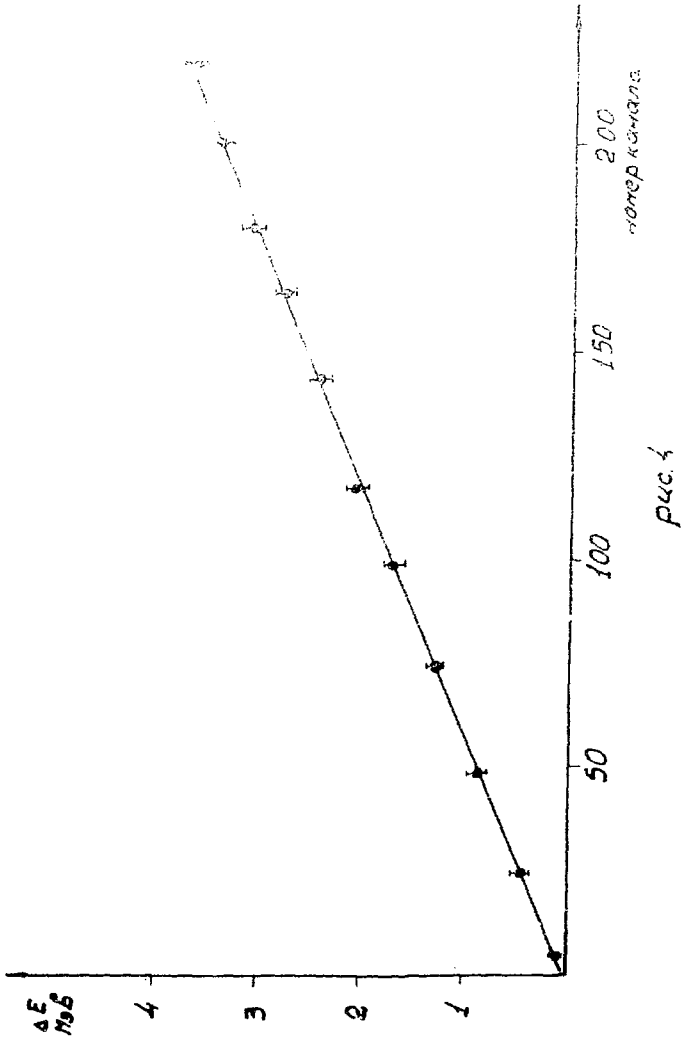


рис. 3



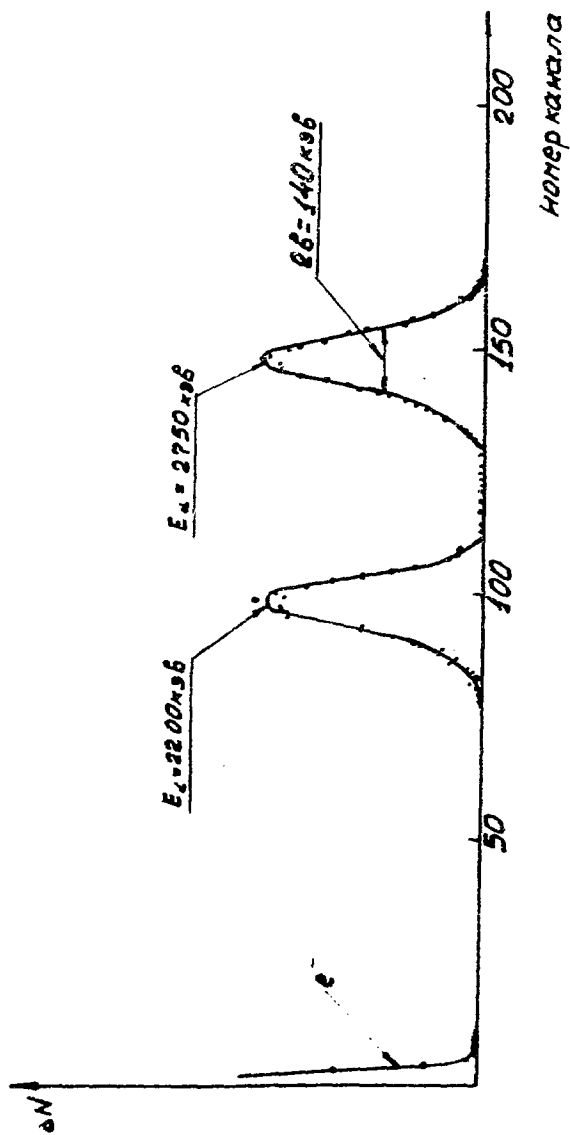


Рис. 5

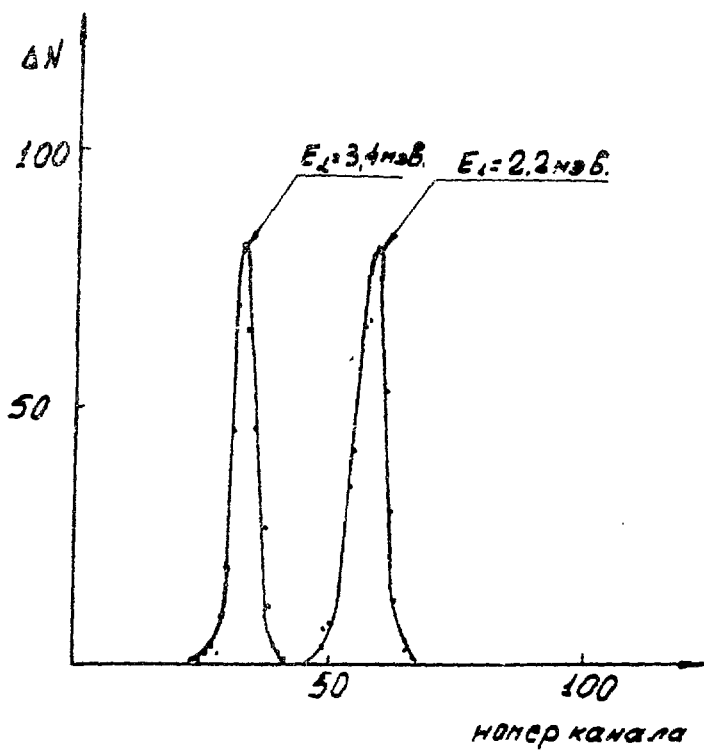


Рис. 6

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Fisher and S. Shibata ;
Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий. Дубна, сентябрь 1970 г., стр.270.
2. Б.А.Долгошеин, В.Н.Лебедев, Б.Ц.Родионов.
Письма ЖЭТФ, 11 (1970).
3. В.А.Царев и др. ЯФ, 10, вып.2 (1969).
В.А.Царев, М.И.Дайон, Ю.А.Раков.
Препринт ФИАН, 170, 1971.

Рукопись поступила 5-го сентября 1974 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 0001

ВФ-03468

Тираж 300

Подписано к печати 31/ХП-74г.Формат издания 30 x 40
1,0 уч.изд.л. Ц.7 к.

Отпечатано на ротапринтере
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркрянца