

56
И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

ПРЕПРИНТ И Я Ф 75 - 108

Б.Б.Войцеховский, Д.М.Николенко, С.Г.Попов,

В.Н.Ротаев, Д.К.Топорков

УПРУГОЕ И НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ
ЭЛЕКТРОНОВ 110 МэВ НА ЯДРЕ АЗОТА - 14

Новосибирск

1975

УПРУГОЕ И НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ
110 МэВ НА ЯДРЕ АЗОТА-14

Б.Б.Войцеховский, Д.М.Николенко, С.Г.Попов,
В.Н.Ротаев, Д.К.Топорков

А Н Н О Т А Ц И Я

Кратко описан эксперимент по рассеянию электронов на ядре ^{14}N на накопителе ВЭШ-2 со струйной газовой мишенью в "сверхтонком" режиме. Приведены результаты по упругому и неупругому рассеянию при энергии электронов 110 МэВ и углах рассеяния 72° , 90° , 108° .

1. Введение

Последние годы увеличивается число экспериментальных и теоретических работ, посвященных изучению взаимодействия электронов с ядрами в различных диапазонах энергии. В этой ситуации повышение точности эксперимента и его постановка в отличных от традиционных условиях представляется актуальной задачей. С этой целью на накопителе ВЭШ-2 ИЯФ СО АН СССР были поставлены эксперименты по рассеянию электронов на ядрах с использованием "сверхтонкого" режима внутренней газовой мишени /1/. Эксперименты проводились при начальной энергии электронов 110 МэВ, при углах рассеяния 72, 90, 108 градусов; мишень - аммиак.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ.

Основными элементами в эксперименте являются: накопительное кольцо с электронным инжектором, устройство создающее газовую мишень, магнитный спектрометр, электроника управления экспериментом и съема информации.

Набор информации обычно происходит в автоматическом режиме по следующему циклу: накопление электронов в накопителе до заранее устанавливаемого уровня (обычно $0,5 \pm 1$ А, за время ~ 20 с), выключение инжекции электронов, переключение энергии на точную энергию эксперимента ($\sim 3 \pm 5$ с), включение мишени-струи и регистрирующей аппаратуры (время счета примерно 30 с), после того, как уровень тока упадет до заданного значения (обычно это около $150-250$ мА) отключаются мишень и аппаратура и цикл повторяется.

Устройство, создающее мишень, подробно описано ранее /2/. Отметим здесь, что диаметр струи в месте пересечения её с электронным пучком составляет 7 мм, такой же диаметр электронного пучка при включенной мишени. Плотность газа в струе примерно $5 \cdot 10^{13}$ молекул \cdot см $^{-3}$. Система формирования и откачки струи обеспечивает необходимый перепад давления (в 10^4 раз) в струе относительно среднего давления в накопительном кольце с тем, чтобы электроны взаимодействовали в основном с ядрами мишени, а не с ядрами остаточного газа в накопителе.

Магнитный спектрометр электронов описан подробно в работах /3,4/. Он позволяет измерять энергию электронов в широком диапа-

зоне от $0,5 E_{max}$ до E_{max} , в данном случае от 55 МэВ до 110 МэВ, с точностью ~ 200 КэВ (ширина на половине высоты по упругому пику) в телесном угле $0,6 \cdot 10^{-2}$ стерад.

Электронная аппаратура эксперимента описана в работе /5/. Электрон, рассеянный в телесный угол спектрометра, пересекает три искровые камеры, две из которых находятся в однородном магнитном поле спектрометра и определяют по две координаты пролета. Тройные совпадения срабатываний искровых камер запускают систему опроса, которая выдает в стандартизованном виде информацию о событии. Последняя передается "on line" на вычислительную машину. В информацию о событии, кроме четырех координат пролета электрона, входит мгновенное значение величины магнитного поля, накопителя, т.е. начальная энергия электрона. Съём информации ЭВМ происходит в высшем приоритете, в низшем происходит обработка поступающей информации. Обработка информации вычислительной машиной заключается в проверке правильности диапазонов координат вычисления энергии рассеянного электрона с учетом поправок на угол влета, поперечный импульс, мгновенное отклонение магнитного поля накопителя.

Кроме того вычисляется одна из координат вылета электрона из мишени /4/ (рис.1). Любая из характеристик события сразу же может быть выведена на экран "Videoton" для постоянного контроля в процессе набора информации (см.рис.2).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА.

На рис.3 приведена обзорная гистограмма спектра рассеянных электронов на угол 90° . Шаг гистограммы примерно 500 КэВ. Этот энергетический спектр условно можно разделить на несколько областей: области упругого рассеяния на ядрах азота и водорода, область "низколежащих" резонансов (область I на рис.3 - область между пиками упругого рассеяния), область гигантского резонанса (область II), область нерезонансного взаимодействия, которая частично накладывается на область гигантского резонанса.

При обработке спектра учитывалось излучение электрона на ядре, сопровождающее рассеяние, тормозные и ионизационные потери на фольгах накопителя и спектрометра и других материалах

(суммарная толщина вещества составляет $\sim 0,1$ г·см⁻²). При построении гистограмм в областях I и II отбирались события в которых координата ^{вылета} лежит в узкой области включающей пик этого распределения (рис.1). В области I радиационный хвост составляет 77%, эффект 12% и фон 11%; в области II - радиационный хвост 36%, эффект 50% и фон 14% всех событий.

Спектрометр позволяет измерять энергию электронов сразу в широком энергетическом диапазоне, что дает возможность точной нормировки измеряемых сечений рассеяния на хорошо изученные сечения упругого рассеяния (на ядрах азота или водорода), измеряемые одновременно. Более того, так как сечения упругого рассеяния электронов на протоне изучены очень хорошо /6,7/, появляется возможность уточнить сечение упругого рассеяния электронов на ядре азота при различных передачах импульса. На рис.4 приведена зависимость формфактора упругого рассеяния электронов на ядре азота от переданного импульса из работы /8/, и нанесены значения, полученные в данном эксперименте. Для сравнения показаны результаты /8/.

При вычислении упругого формфактора ядра учитывалось однородность срабатывания искровых камер, "хвост" пика упругого рассеяния на азоте в районе водородного упругого пика. При этом возможно некоторое занижение (по оценкам, в пределах экспериментальной точности) формфактора упругого $e-N$ рассеяния за счет возможного вклада резонансного рассеяния на ядре азота в пик упругого рассеяния на протоне. В табл.1 приводятся значения упругого формфактора при различных значениях квадрата передаваемого импульса.

На рис.5 приведен энергетический спектр рассеянных на угол 90° электронов в I области энергетического диапазона. Здесь уже вычтен "хвост" пика упругого рассеяния на азоте.

На рис.6-8 приведены формфакторы уровней в зависимости от квадрата передаваемого импульса, и указаны также значения, полученные в /8,9/.

На рис.9 приведена область 2 энергетического диапазона для трех углов рассеяния после учета радиационных поправок к упругому рассеянию.

Пунктиром показан уровень фона. Доля фона в различных диапазонах определена из сравнения распределений событий по месту

вылета электронов (см./4/ и рис.1) в данном диапазоне и в областях упругих пиков (где доля фона незначительна). Точками показано поведение сечения нерезонансного рассеяния в зависимости от энергии. Форма кривой нерезонансного рассеяния определена после выявления резонансов, из следующих соображений. Выбирались участки спектра на которых во всех трех случаях резонансы отсутствуют. Упомянутые участки соединяли гладкой кривой экстраполируя т.о. сечение нерезонансного рассеяния в области спектра с резонансами.

В этой обработке мы отмечали резонансы выделяющихся от нерезонансного рассеяния на уровне двух статистических ошибок на всех трех спектрах. Ошибка определения сечения резонансов связана с неточностью проведения кривой нерезонансного рассеяния и со статистической ошибкой. Мы приводим только статистическую ошибку. Соотношения между сечениями резонансов при данном переданном импульсе слабо зависят от формы кривой нерезонансного рассеяния.

В области гигантского дипольного резонанса резонансы сливаются и их выделение затруднено. Однако можно отделить три диапазона - $19,5+21,6$; $21,6+24,3$; $24,5+26,5$ МэВ, на границах которых резонансы отсутствуют. В диапазоне $8,6+10$ МэВ известно несколько уровней, мы приводим суммарный формфактор.

В таблице 2 приведены значения формфакторов, наблюдавшихся резонансов и суммарные формфакторы по каждому из 4-х указанных диапазонов.

Интересно, что начало нерезонансных процессов монотонно сдвигается с ростом переданного импульса в сторону меньших энергий. Можно отметить некоторое соответствие экспериментальных результатов с вычислениями дипольного резонанса, сделанными в работе /10/.

В продолжении эксперимента предполагается увеличение информации за счет добавления новых углов рассеяния и более подробной обработки полученных результатов.

В заключение авторы пользуются случаем поблагодарить коллектив установки ВЭП-2 за обеспечение стабильной работы ускорительного комплекса, а также Б.А.Лазаренко, Ю.Г.Украинцева и Д.К.Весновского за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. T. Belajev, G. T. Budker, S. G. Popov. *High-energy physics and nuclear structure. New-York - London, 1970, p.606.*
2. П.И.Батурин, С.Г.Попов, Д.К.Топорков. ЖТФ, X У, 2463 (1975)
3. Д.М.Николенко, С.Г.Попов. ЖТФ, X IV, 45I (1974)
4. П.И.Батурин, Б.А.Лазаренко, Д.М.Николенко, С.Г.Попов, Ю.Г.Украинцев. Аппаратура для изучения рассеяния электронов атомными ядрами на накопителе. Направлена в ЖТФ.
5. Д.К.Весновский, Б.А.Лазаренко, Д.М.Николенко, С.Г.Попов, Ю.А.Украинцев и др. Доклад на семинаре по обработке физической информации, Ереван, сентябрь 1975 г.
6. С.И.Биленькая, Ю.М.Казаринов, Л.И.Лапидус. ЖЭТФ, 6I, 2225 (1971)
7. F. Borzkowski, P. Peuser, G. G. Simon, O. H. Walther and R. D. Wendling. *Nucl. Phys., A222 (1974), 269*
8. G. R. Bishop, M. Bernheim and A. Kossanyi-Demay. *Nucl. Phys., 54 (1964), 353.*
9. N. Ensslin, W. Bertozzi, S. Kovalecki, C. P. Sargent, W. Turchinety and C. F. Williamson. *Phys. Rev. C, 9 (1974), No 5, 1705.*
10. Y. D. Vergados. *Phys. Lett., 53B (1974), No 2, 151.*

Таблица 1.

Значения упругого формфактора для ядра ^{14}N
при трех значениях переданного импульса.

$q^2 [\text{Ф}^{-2}]$	0.44	0.63	0.82
F	0.62 ± 0.016	0.47 ± 0.007	0.37 ± 0.01

Таблица 2.

Значения формфакторов ($F^2 \times 10^4$) в
зависимости от переданного импульса, E — энергия резонанса,
 Γ — ширина на полувисоте

$q [\text{Ф}^{-1}]$	0,66	0.8	0.9
$E, \Gamma [\text{МэВ}]$			
8.6 ± 1.0	3.7 ± 1.1	4.7 ± 1.0	7.0 ± 1.3
11.1 0.6	6.5 ± 0.8	-	8.5 ± 1.1
12.6 0.6	3.9 ± 0.6	7.7 ± 1.0	7.8 ± 1.3
13.4 0.6	5.9 ± 0.8	5.6 ± 0.9	7.8 ± 1.3
15.9 0.75	4.1 ± 0.6	4.3 ± 0.8	10.0 ± 2.0
17.1 0.75	3.1 ± 0.9	5.6 ± 1.0	12.6 ± 1.8
18.7 0.75	3.4 ± 0.9	5.6 ± 1.0	9.7 ± 1.8
27 0.6	3.0 ± 0.6	3.0 ± 0.6	6.1 ± 1.0
19.5 ± 21.6	9.2 ± 1.0	8.4 ± 1.2	13.9 ± 1.9
21.6 ± 24.3	19.1 ± 1.2	18.3 ± 1.3	20 ± 2.1
24.3 ± 26.5	6.5 ± 1.0	10.5 ± 1.1	10.4 ± 1.8

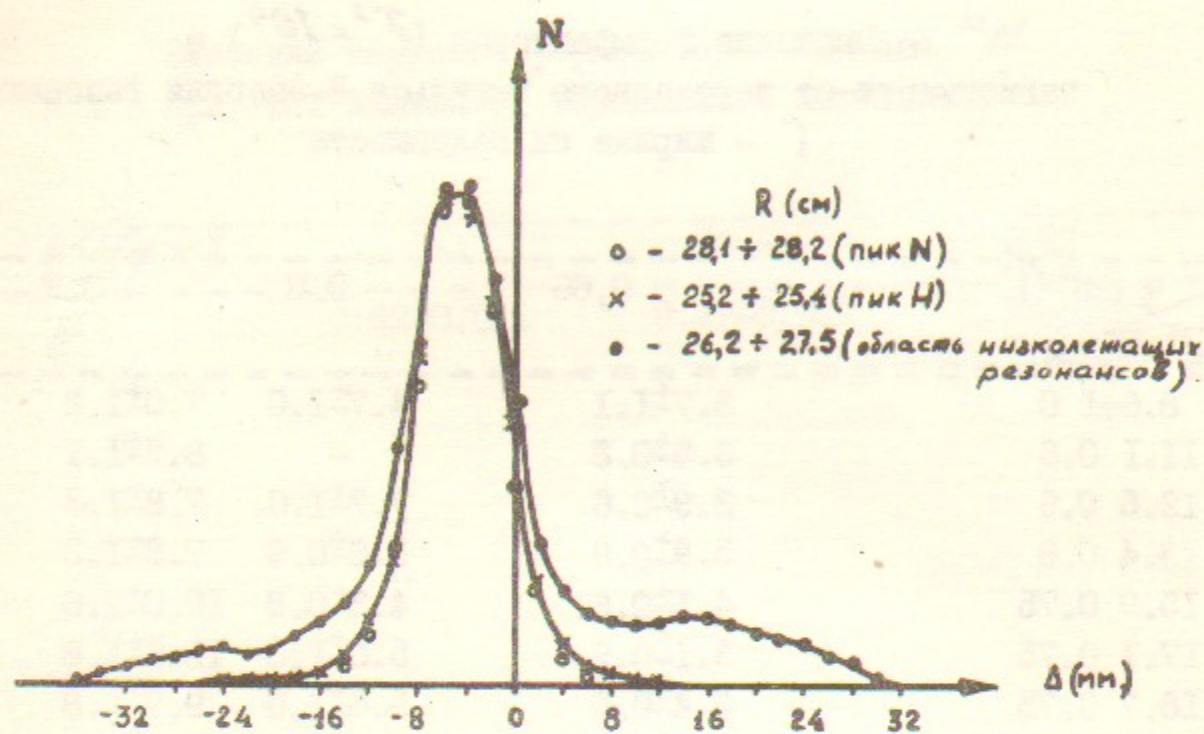


Рис.1. Распределение электронов по координате вылета.

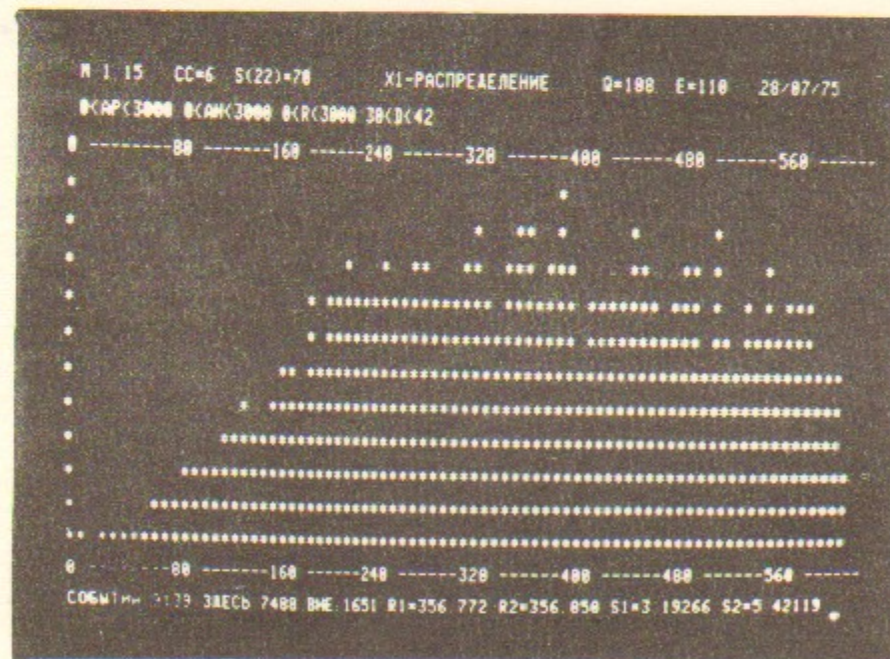


Рис.2. Распределение координат прохождений электронов в камере, сфотографированное с экрана

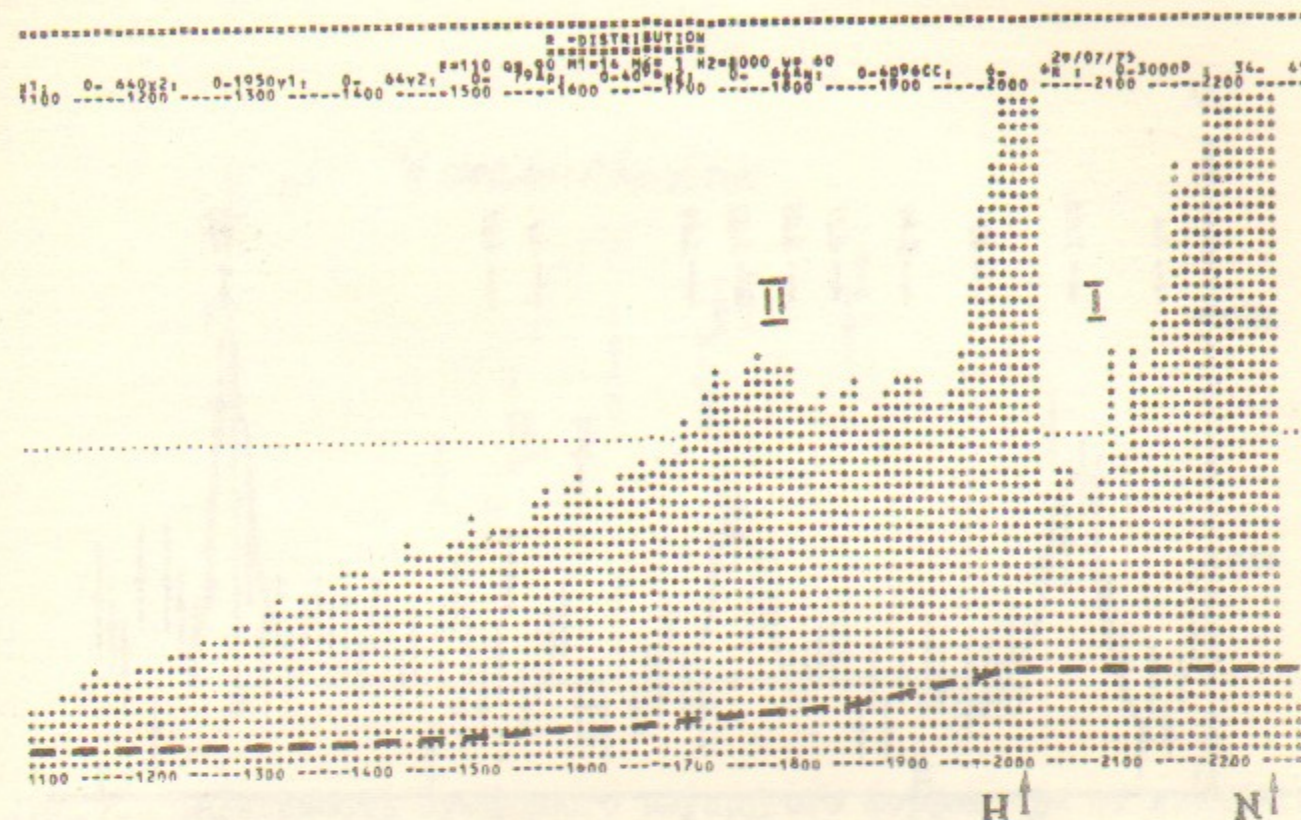


Рис.3. Спектр электронов рассеянных на 90° . Фон показан пунктиром (Сверху спектр обрезан, чтобы различить детали неупругого рассеяния при данном размере рисунка).

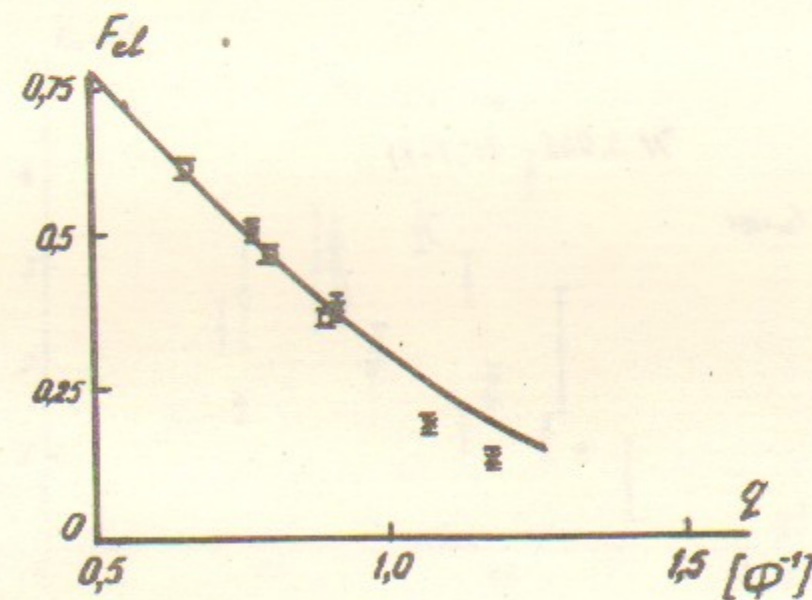


Рис.4. Зависимость упругого фактора от передаваемого импульса по табл. I. (× - точки из /8/, ○ - точки настоящей работы). Кривая соответствует $F(q) = (1 - 0.331q^2) \times \exp(-0.752q^2)$

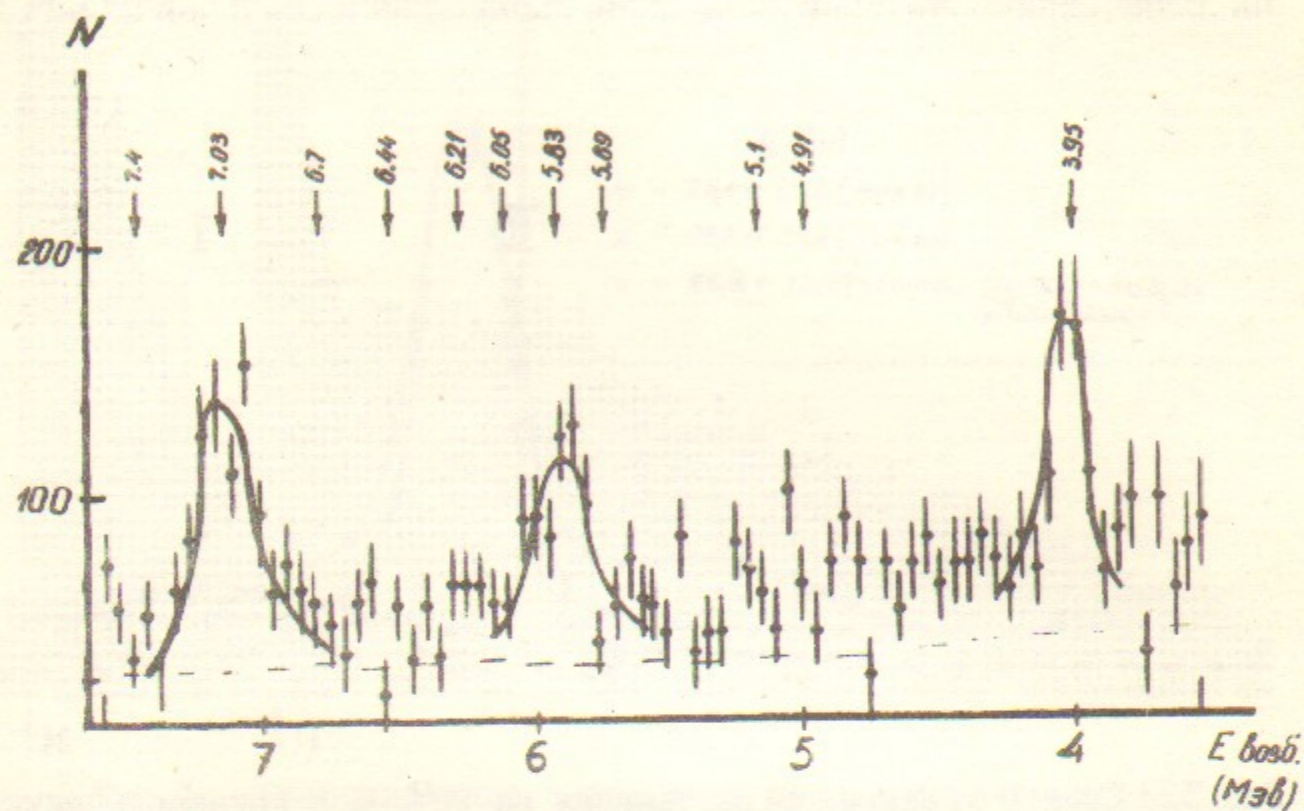


Рис.5. Спектр электронов в области "низколежащих" резонансов. Указаны положения известных уровней. Фон показан пунктиром.

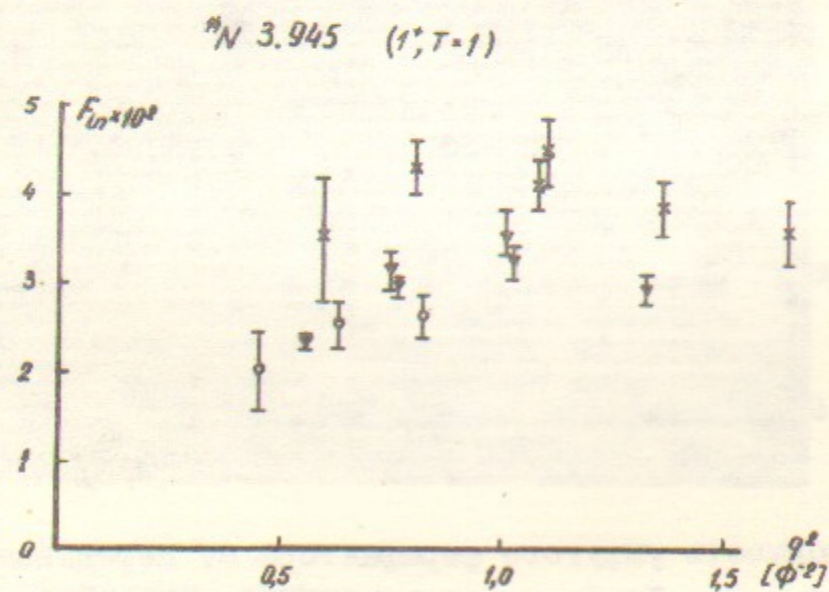


Рис.6. Зависимость неупругого формфактора от квадрата передаваемого импульса для уровня 3.95 МэВ (x- точки из /8/, ∇ - точки из /9/, o - точки настоящей работы).

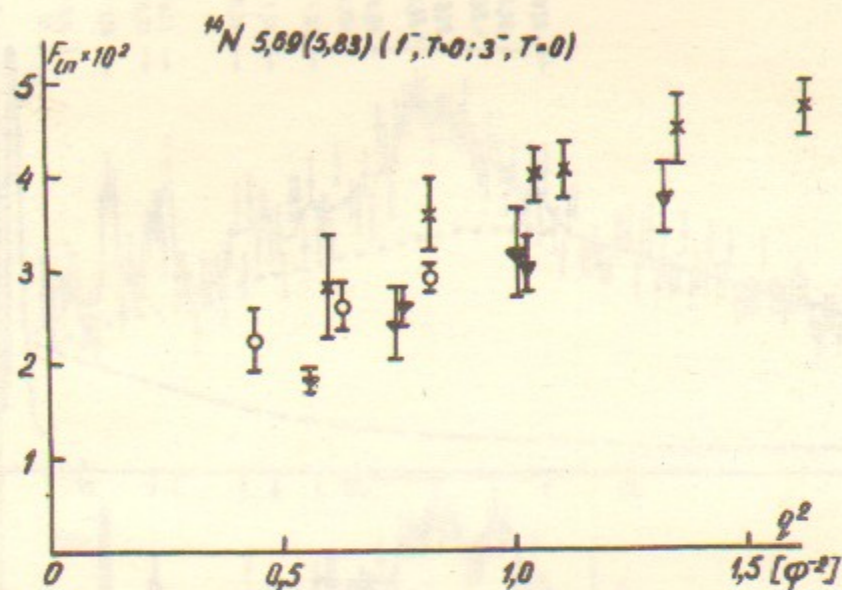


Рис.7. Зависимость суммарного неупругого формфактора от квадрата передаваемого импульса для уровней 5.83 МэВ и 5.69 МэВ (обозначения те же, что и на рис.6).

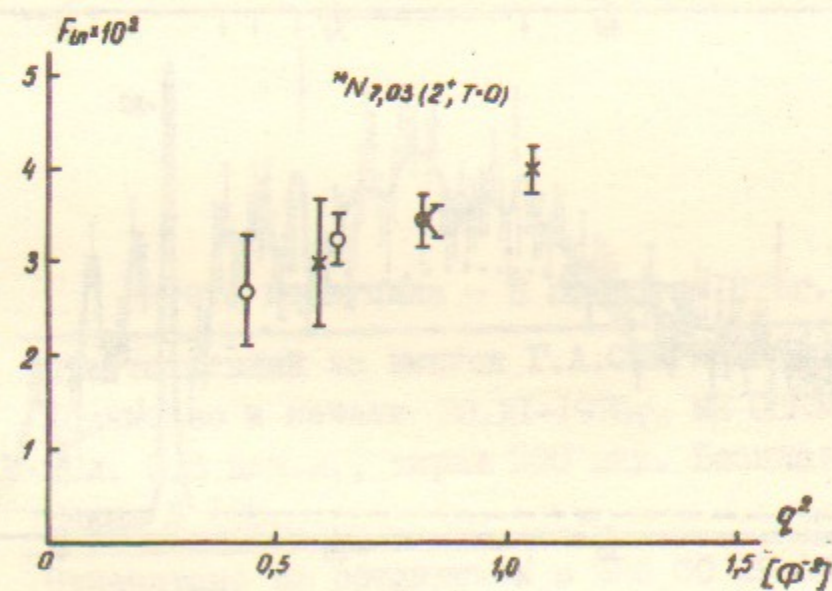


Рис.8. Зависимость неупругого формфактора от квадрата передаваемого импульса для уровня 7.03 МэВ (обозначения те же, что и на рис.6).

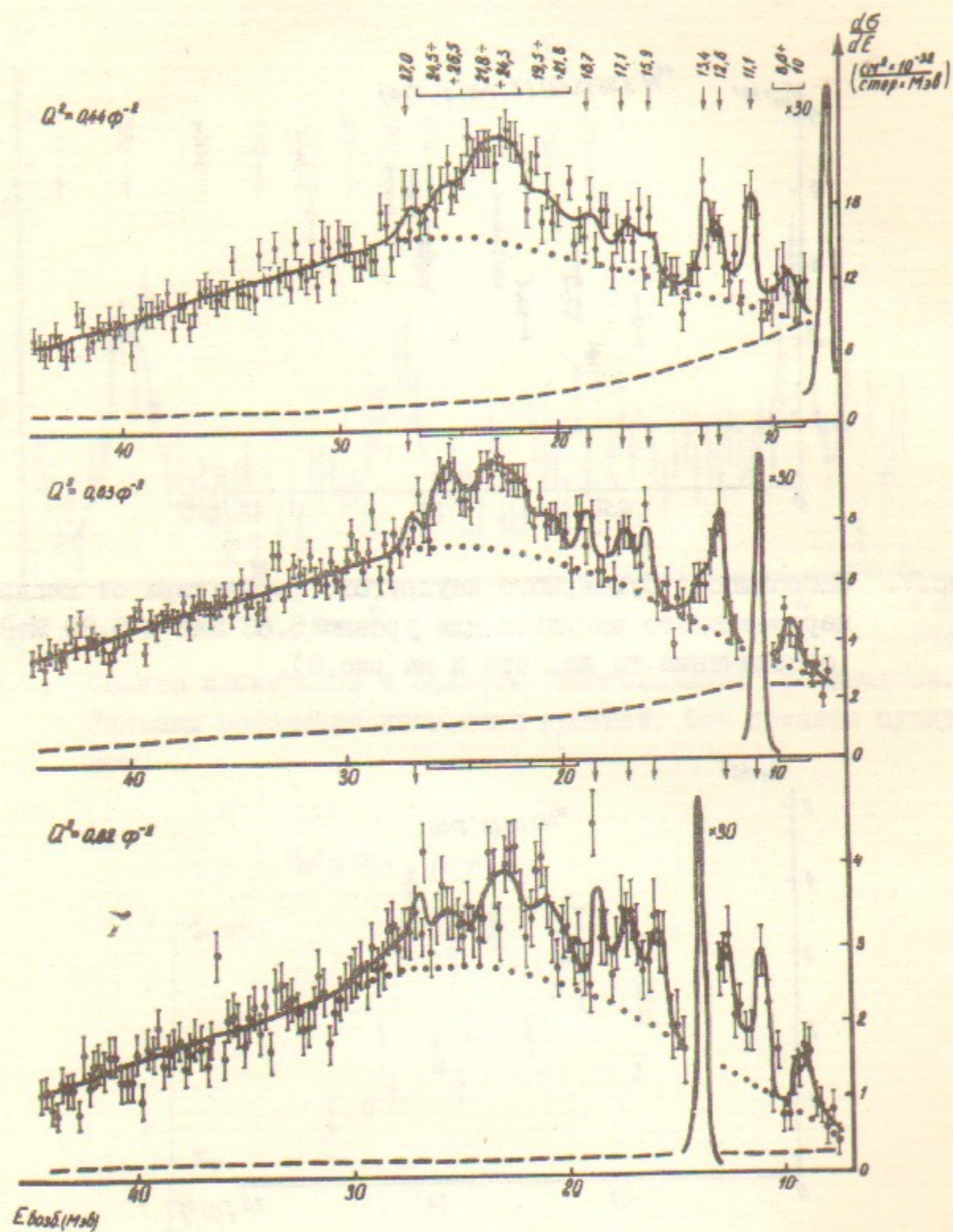


Рис.9. Спектры электронов в области II после учета рад.поправок
 Точки - сечение нерезонансного рассеяния. Фон показан
 пунктиром.

Работа поступила - 8 августа 1975г.

Ответственный за выпуск Г.А.СПИРИДОНОВ
 Подписано к печати 20.XI-1975г. МН 03238
 Усл. 0,8 печ.л., тираж 200 экз. Бесплатно
 Заказ № 108.

Отпечатано на ротационной машине в ИЯФ СО АН СССР