

6  
B-19

# ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

Д-516

И.М. Василевский, В.В. Вишняков, Э. Илиеску, А.А. Тяпкин

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА  
КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ НОРМАЛЬНЫМИ  
К ПЛОСКОСТИ РАССЕЯНИЯ  
КОМПОНЕНТАМИ СПИНОВ  
ДЛЯ УПРУГОГО РР-РАССЕЯНИЯ  
ПОД УГЛОМ  $90^\circ$  В С.Ц.М.  
ПРИ ЭНЕРГИИ 315 МЭВ  
*С ЭРН, 1962. Abstr. n 23.*

Д-516

И.М. Василевский, В.В. Вишняков, Э.Илиеску, А.А. Тяпкин

619/6 мр.

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА  
КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ НОРМАЛЬНЫМИ  
К ПЛОСКОСТИ РАССЕЯНИЯ  
КОМПОНЕНТАМИ СПИНОВ  
ДЛЯ УПРУГОГО РР-РАССЕЯНИЯ  
ПОД УГЛОМ  $90^\circ$  В С.Ц.М.  
ПРИ ЭНЕРГИИ 315 МЭВ<sup>x/</sup>

---

<sup>x/</sup> Данная работа была представлена на международную конференцию по физике высоких энергий / Киев, 1959 г./ и результаты ее были сообщены в докладе проф. Я.А. Смородинского.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Для получения полной информации о взаимодействии двух нуклонов опыты по рассеянию поляризованных нуклонов на неполяризованной мишени должны быть дополнены исследованиями рассеяния поляризованных пучков нуклонов на поляризованных мишенях. Трудности получения поляризованных мишеней препятствуют проведению этих опытов. В.В.Владимирским и Я.А.Смородинским<sup>/1/</sup> было указано на возможность получения данных о взаимодействии нуклонов в различных спиновых состояниях на основе опытов по рассеянию нуклонов на обычных неполяризованных мишенях. Компоненты тензора поляризации в этих опытах определяются на основании исследований корреляции поляризаций рассеянных нуклонов. Трудности проведения опытов по определению коэффициентов спиновой корреляции заключены в необходимости выделять редкие случаи тройного ядерного взаимодействия в основной мишени и двух мишенях-анализаторах.

Проведение корреляционных опытов особенно важно в настоящее время для pp-рассеяния при энергии 310 Мэв. При этой энергии протонов ранее в Беркли была проведена полная система опытов, позволивших провести фазовый анализ<sup>/2,3/</sup>. Однако из-за погрешностей измерений этот анализ не дал однозначного результата. Стаппом было получено пять наборов фаз, удовлетворяющих экспериментальным данным<sup>/4/</sup>. Определение коэффициента корреляции между компонентами спинов протонов могло бы быть использовано для более определенного решения вопроса о фазах, описывающих упругое pp-рассеяние.

Впервые измерение спиновой корреляции было проведено ливерпульской группой физиков<sup>/5/</sup> для упругого pp-рассеяния под углом  $90^\circ$  в с.ц.м. при энергии 382 Мэв. В этой работе был определен коэффициент  $C_{nn} = 0,416 \pm 0,084$ , определяющий корреляцию между нормальными к плоскости рассеяния компонентами спинов. Однако трудности экстраполяции полученной величины к энергии 310 Мэв не позволили произвести сопоставление со значениями коэффициента  $C_{nn}$ , соответствующими различным наборам фаз.

Нами были предприняты измерения коэффициента  $C_{nn}$  для pp-рассеяния под углом  $90^\circ$  в с.ц.и. при энергии 315 Мэв. Дополнительная трудность, встретившаяся при проведении эксперимента при данной энергии, связана с тем, что выведенный пучок протонов синхроциклотрона Объединенного института ядерных исследований имеет энергию 660 Мэв и торможение его до энергии 315 Мэв связано с большой потерей интенсивности. После испытания нескольких вариан-

тов торможения пучка протонов был выбран наиболее эффективный способ, дающий пучок протонов с энергией 315 Мэв с полной интенсивностью около  $10^7$  протонов в секунду. Углеродный поглотитель располагался непосредственно у вакуумной камеры ускорителя. После прохождения поглотителя пучок отклонялся на  $16^\circ$  анализирующим магнитом и направлялся в стальной коллиматор диаметром 100 мм, установленный в четырехметровой бетонной стене. На выходе коллиматора в экспериментальном зале были установлены квадрупольные линзы с апертурой 120 мм. Затем пучок проходил через коллиматоры диаметром 40 и 50 мм, установленные в дополнительной защите, и попадал на полиэтиленовую мишень. Мишень имела ширину 20 мм, длину и высоту — по 30 мм. Схема расположения регистрирующей аппаратуры приведена на рис. 1. Случаи упругого  $pp$ -рассеяния отбирались с помощью сопряженных телескопов, состоящих из

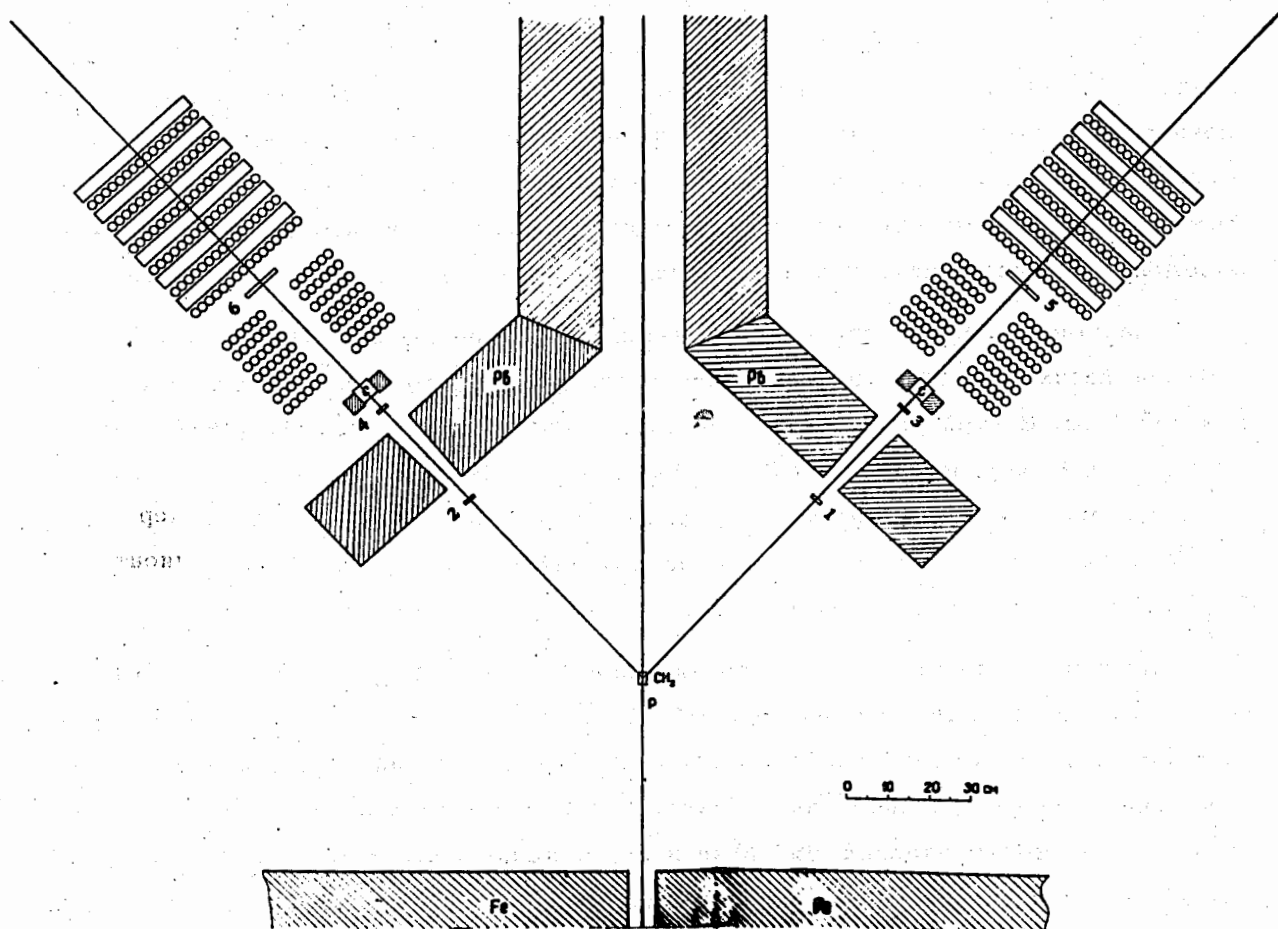


Рис. 1.

включенных на совпадения сцинтилляционных счетчиков 1, 2, 3 и 4. Все четыре сцинтиллятора имели одинаковый размер /высота 90 мм, ширина 30 мм и толщина 7 мм/ и были изготовлены из сцинтиллирующей пластмассы. Телескопы располагались симметрично относительно пучка протонов под углами  $42,7^\circ$ . Угловое разрешение первого рассеяния составляло  $\pm 0,93^\circ$ .

При нормальной работе ускорителя счет совпадений составлял около двух тысяч в минуту. Сопряженные телескопы надежно выделяли случаи упругого рассеяния протонов на ядрах водорода. Замена полиэтиленовой мишени на эквивалентную углеродную мишень приводила к уменьшению счета совпадений в 25 раз.

Выделенные телескопами протоны проходили затем через углеродные анализаторы толщиной  $6,4 \text{ г/см}^2$ . За углеродными анализаторами располагались счетчики 5 и 6 из сцинтиллирующей пластмассы высотой 200 мм, шириной 100 мм и толщиной 10 мм. Счетчики 5 и 6 были включены на антисовпадения со счетчиками сопряженных телескопов. При юстировке центры сцинтилляторов счетчиков 1,3,5 и 2,4,6 совмещались с точностью  $\pm 0,5 \text{ мм}$  с нитями, натянутыми из центра первой мишени.

Протоны, движущиеся по оси телескопа, при рассеянии в анализаторе в горизонтальной плоскости на угол  $> 7,75^\circ$  не проходили через счетчики антисовпадений.

Таким образом, система сцинтилляционных счетчиков выделяла редкие случаи, когда оба протона испытывали в анализаторах взаимодействие с ядрами углерода. При включении только одного счетчика антисовпадений счет составлял 12% от числа совпадений  $1+2+3+4$ . При включении обоих счетчиков антисовпадений счет уменьшался до 1,5% от числа совпадений.

Включение счетчиков антисовпадений при отсутствии в телескопах углеродных анализаторов вызывало существенно большее уменьшение счета. Так, при одном включенном счетчике антисовпадений счет составлял /2-3/% и при включении обоих счетчиков - /0,05-0,1/% от  $N_{1+2+3+4}$ . Малая величина остаточного счета, в значительной своей доле объясняемая взаимодействием протонов с ядрами сцинтилляторов 3 и 4 счетчиков, указывает на малость фона случайных совпадений  $1+2+3+4$ .

Для регистрации направления рассеяния протонов в анализаторах были применены две годоскопические камеры газоразрядных счетчиков в режиме импульсного питания<sup>6,7/</sup>. Каждая камера состояла из двух частей. В первой части, расположенной между анализатором и счетчиком антисовпадений, использовались только вертикально установленные счетчики МС-6 с диаметром трубки 22 мм и длиной катода 190 мм. Вторая часть камеры, расположенная за счетчиком антисовпадений, состояла из шести рядов таких же счетчиков, расположенных вертикально, и шести рядов счетчиков, имеющих диаметр трубки 32 мм и длину катода 290 мм и расположенных горизонтально. В тех случаях, когда системой сцинтилляционных счетчиков регистрировалось событие  $1+2+3+4-5-6$ , на газоразрядные счетчики подавался импульс высокого напряжения величиной около двух киловольт и длительностью около одной микросекунды.

На фотографируемой с помощью киноаппарата панели неоновые лампы были расположены в точном соответствии с газоразрядными счетчиками. Изображение этой панели представлено на рис. 2. Группы неоновых ламп /1,4/показывают

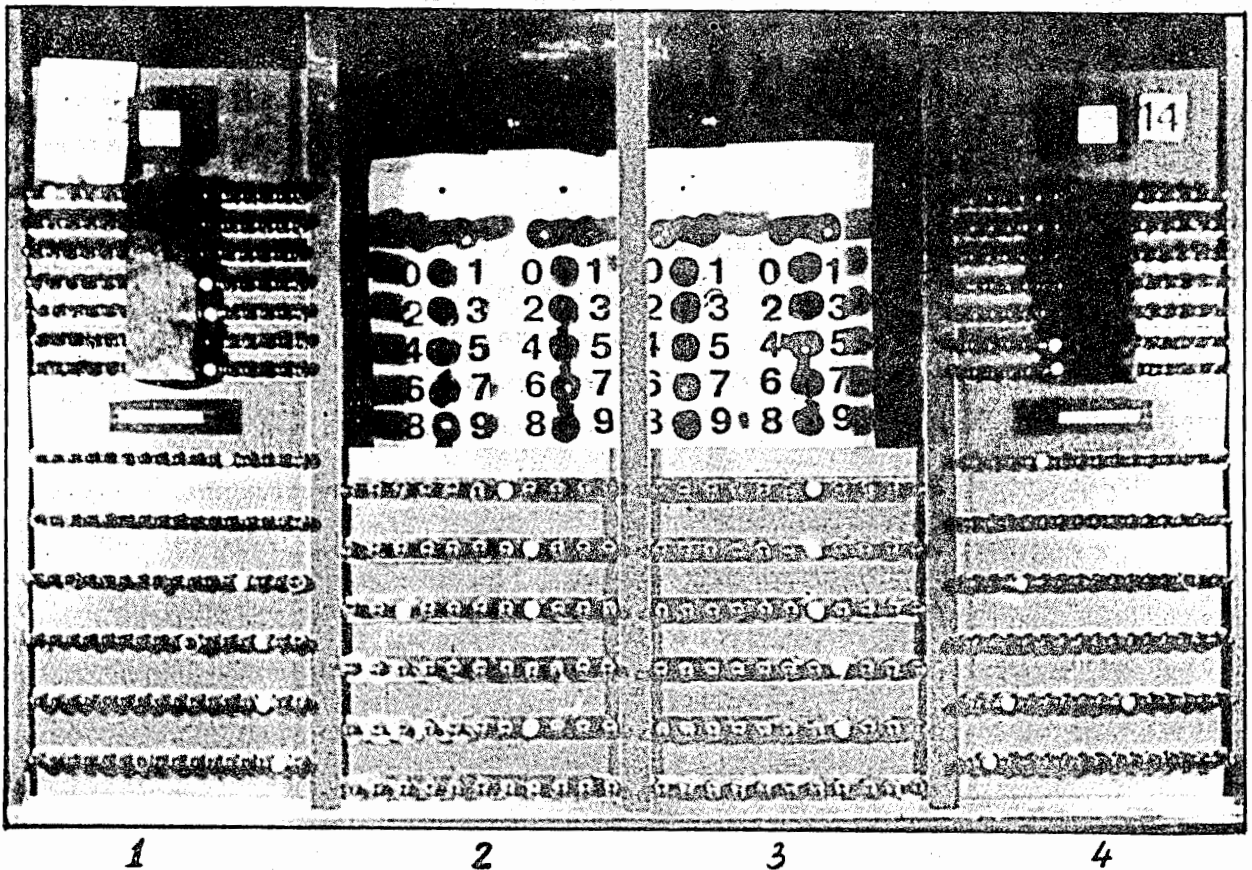


Рис. 2.

проекции путей рассеянных протонов на горизонтальную плоскость. Белые квадратики изображают графитовые рассеиватели, светлые прямоугольные полосы-счетчики антисовпадений. Внизу центральной части кадра расположены ряды неоновых ламп /2,3/, фиксирующих вертикальные проекции путей частиц. Вверху центральной части кадра изображены номера и неоновые лампы счетчика кадров.

Фотографирование регистрирующей панели с неоновыми лампами происходило всякий раз, когда управляющая система из сцинтилляционных счетчиков фиксировала событие 1+2+3+4-5-6. При этом только 14% кадров содержало изображение горизонтальной проекции трека рассеянного протона в каждой годоскопической камере. На сто кадров в среднем приходилось только около двух кадров, содержащих горизонтальные проекции треков обоих рассеянных протонов. Только эти редкие кадры и составляли материал для выяснения относительной вероятности испытать протонам право-правое, лево-левое, право-левое и лево-правое рассеяние. При просмотре кадров принимались во внимание только те треки, которые содержат три и более зажженных неоновых лампы и исходят из углеродной мишени, не пересекая счетчика антисовпадений. При этом число незажженных ламп, находящихся перед или между зажженными, должно быть меньше числа зажженных ламп. На рис. 2. изображен типичный случай рассеяния обоих протонов.

Разрешающее время годоскопической системы составляло около  $2 \cdot 10^{-6}$  сек. Поэтому в отобранные кадры могли попадать случаи, когда только в одной из камер наблюдается трек рассеянного протона, зарегистрированного управляющей системой сцинтилляционных счетчиков, а во второй камере наблюдается удовлетворяющий условиям рассеяния трек случайной частицы, время прохождения которой в пределах разрешающего времени совпадает с моментом выделенного события 1+2+3+4-5-6.

Одно из преимуществ применения годоскопических систем в данной работе состоит в том, что определение вероятности возникновения фоновых треков не требовало особого времени на специальные измерения и производилось по числу кадров, на которых в одной камере наблюдалось более одного трека рассеянного протона /см. рис. 3/.

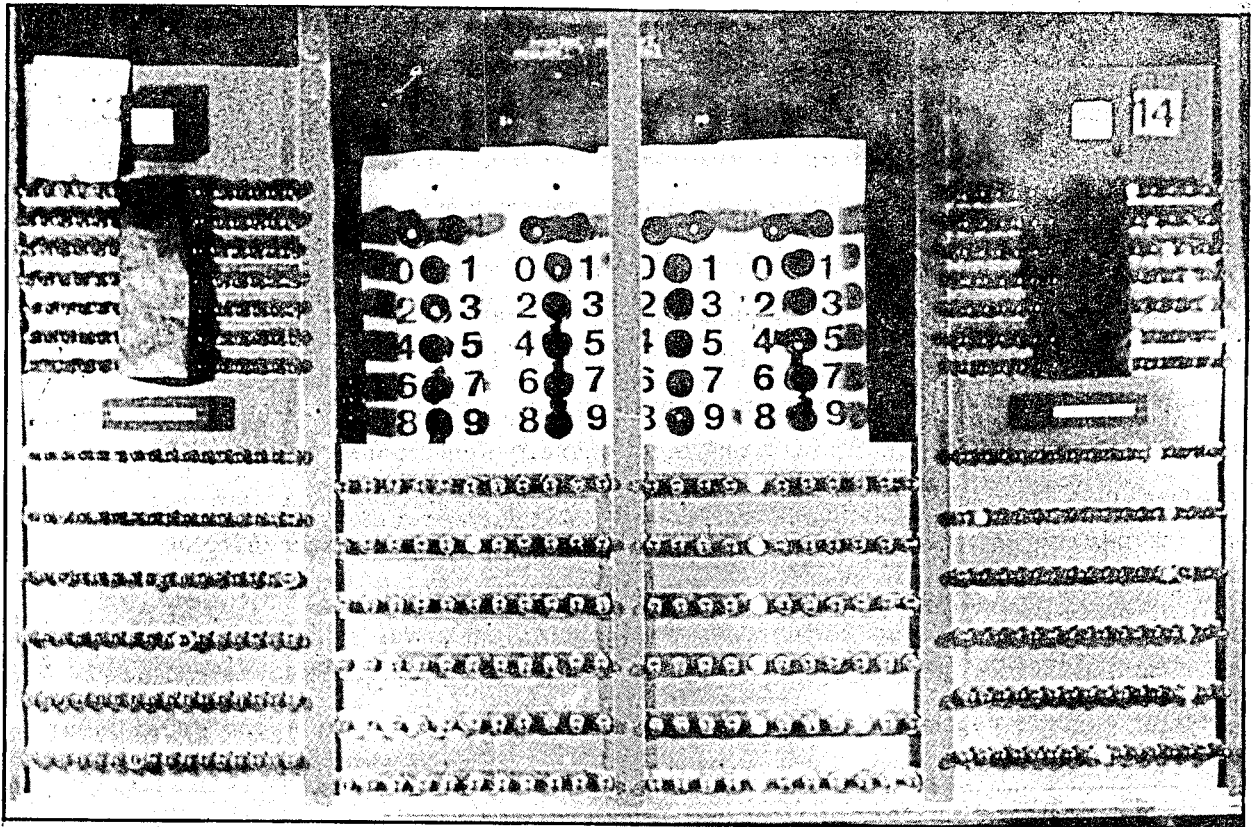


Рис. 3.

За 100 часов работы ускорителя было получено 110.000 снимков. При просмотре на киноплёнке было обнаружено 2608 кадров, содержащих треки рассеянных протонов в обеих камерах /случаи "тройного" рассеяния/, и 443 кадра с двумя треками рассеянных частиц в одной камере.

Случаи тройного рассеяния были подвергнуты окончательной обработке, включающей проверку соответствия критериям отбора треков рассеянных частиц, регистрацию номеров зажженных неоновых ламп и измерение проекции угла рассеяния.

Эти случаи распределялись следующим образом:

$$N_{RR} = 687$$

$$N_{LL} = 724$$

$$N_{RL} = 582$$

$$N_{LR} = 615$$



Среднее число фоновых случаев на 2608 просмотренных кадров тройного рассеяния равно  $N_{фон} = 443$ . С учетом равномерности распределения фоновых случаев найден коэффициент корреляции в распределении рассеянных протонов, равный

$$e' = \frac{N_{RR} + N_{LL} - N_{RL} - N_{LR}}{N_{RR} + N_{LL} + N_{RL} + N_{LR}} = +0,089 \pm 0,023$$

Согласно проведенным расчетам ложная корреляция в рассеянии, обусловленная геометрией первого рассеяния,  $e_{\lambda} = +0,015 \pm 0,005$ .

Таким образом, коэффициент<sup>х/</sup> корреляции во вторичном рассеянии протонов  $e = e' - e_{\lambda} = +0,084 \pm 0,024$ .

Коэффициент спиновой корреляции  $C_{nn}$  связан с найденной величиной  $e$  соотношением  $C_{nn} = \frac{e}{P_1 \cdot P_2}$ , где  $P_1$  и  $P_2$  - средние значения поляризующих способностей анализаторов. По условиям данного эксперимента

$$P_1 = P_2.$$

На графитовый анализатор падают протоны со средней энергией 140 Мэв. После прохождения анализатора средняя энергия протонов равна 104 Мэв. Для определения величины  $\bar{P}$  в расчете были использованы данные работы<sup>18/</sup> о поляризации и сечении упругого и неупругого рассеяния протонов с энергией 135 Мэв и 95 Мэв на углероде. Рассчитанное среднее значение поляризующей способности анализатора оказалось равным

$$P_1 = P_2 = 0,40 \pm 0,05$$

и соответственно  $C_{nn} = 0,52 \pm 0,20$  <sup>х/</sup>.

Для более точного и непосредственного определения средней поляризующей способности был начат калибровочный опыт. В этом опыте полиэтиленовая мишень помещалась в пучок протонов с энергией 640 Мэв, а сопряженными

---

<sup>х/</sup> В работе, представленной на Киевскую конференцию по физике высоких энергий ливерпульской группой физиков, методикой сцинтилляционных счетчиков для той же энергии протонов была получена корреляционная асимметрия  $e = 0,142 \pm 0,017$  и коэффициент спиновой корреляции  $C_{nn} = 0,75 \pm 0,11$ .

телескопами, расположенными под углом 26 и  $56,5^\circ$  к направлению падающих протонов, отбирались случаи упругого рр-рассеяния. При этом протоны, регистрируемые телескопом, расположенным под углом  $56,5^\circ$ , имели ту же среднюю энергию, что и в первом опыте. Поляризация же этих протонов, согласно данным работы /9/, равна  $P_0 = 0,32 \pm 0,02$ . Наблюдения с помощью годоскопической камеры асимметрии в рассеянии этих протонов позволит найти  $\bar{P} = \frac{e_1}{P_0}$ .

Согласно первым результатам, полученным в калибровочном опыте,  $e_1 = 0,11 \pm 0,02$  и  $\bar{P}_1 = 0,34 \pm 0,06$ . Это приводит к большему значению коэффициента корреляции  $C_{nn} = 0,7 \pm 0,3$ .

В заключение считаем своим приятным долгом поблагодарить В.П. Дзельцова, Л.И. Лapidуса, Р.М. Суляева и Ю.Д. Прокошкина за интерес к работе и за содействие ее проведению.

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 марта 1960 года.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.В. Владимирский, Я.А. Смородинский. ДАН, 104, /5/, 713 /1955/.
2. O. Chamberlain, E. Segre, R.D. Tripp, C. Wiegand and T. Ypsilantis, Phys.Rev. 105, 288 (1957).
3. J.E. Simmons, Phys.Rev. 104, 416 (1956).
4. H.P. Stapp, T.J. Ypsilantis, N. Metropolis, Phys.Rev. 105, 302 (1957).
5. A. Ashmore, A.N. Diddens, G.B. Huxtable, K. Skarsvag, Proc. Phys. Soc. 72, 289 (1958).
6. А.А. Тяпкин. Приборы и техника эксперимента, 3, 51 /1956/.
7. В.В. Вишняков, А.А. Тяпкин. Атомная энергия, 10, 298 /1957/.
8. J.M. Dickson and D.C. Salter, Nuovo Cim. 6, 235 (1957).
9. М.Г. Мещеряков, С.Б. Нурушев, Г.Д. Столетов. ЖЭТФ, 33, 37 /1957/.