

2332

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2332



Ф. Легар, В.В. Федоров

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО
п-р - РАССЕЯНИЮ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНОГО НАБОРА
ФАЗОВЫХ СДВИГОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

P-2332

Ф. Легар, В.В. Федоров^{x/}

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО
n-p - РАССЕЯНИЮ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНОГО НАБОРА
ФАЗОВЫХ СДВИГОВ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

x/
НИИЯФ МГУ.

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

В настоящее время имеется значительное количество экспериментальных данных по нуклон-нуклонному рассеянию при 630 Мэв.

В результате совместного анализа $p-p$ и $n-p$ - рассеяния в работе ^{/1/} было получено три набора фазовых сдвигов, из которых ни одному, если судить по имеющимся экспериментальным данным, нельзя отдать предпочтения, в том числе и по χ^2 - критерию.

В настоящей работе ставится задача планирования оптимального эксперимента, позволяющего дискриминировать имеющиеся наборы фаз. Как следует из работы ^{/1/}, наиболее простыми опытами, посредством которых возможно различить наборы фаз, являются опыты по тройному $n-p$ -рассеянию или по измерению коэффициентов спиновых корреляций. Мы ограничимся опытами по измерению параметров Вольфенштейна D , R и A ^{/2/}. Планирование основывается на результатах работы ^{/3/}. Выбирается оптимальный тип эксперимента и соответствующий угол рассеяния. В формулу (4) из ^{/3/} входит функция трудности $h^2(\theta)$ ^{/4/}. В данном случае значительно удобнее пользоваться функцией эффективности $\lambda(\theta) = h^{-2}(\theta)$, которая конечна во всей области изменения лабораторного угла θ и более естественно связано со статистикой рассеянных частиц.

Формула (4) из ^{/3/} принимает в новых обозначениях вид

$$t(\theta) = \frac{\delta^2(\lambda_1 + \lambda_k) - (s_1^2 - s_k^2)(\lambda_1 - \lambda_k) + 2\sqrt{\delta^2(\lambda_k - \lambda_1)(s_k^2 \lambda_k - s_1^2 \lambda_1)} + \delta^4 \lambda_1 \lambda_k}{\lambda_1 \lambda_k [\delta^4 + (s_1^2 - s_k^2)^2 - 2\delta^2(s_1^2 + s_k^2)]}, \quad (1)$$

где

$$\delta = \frac{y_1(\theta) - y_k(\theta)}{u_{1-\alpha}}, \quad s = \sigma(\theta) + \sigma_0(\theta),$$

$y(\theta)$ - экспериментальная величина (D , R или A), вычисленная по i -му фазовому набору; $\sigma_1(\theta)$ - коридор ошибок величины $y_1(\theta)$; $\sigma_{10}(\theta)$ - систематическая ошибка величины $y_1(\theta)$; $u_{1-\alpha}$ ($1-\alpha$) - уровень нормального распределения; θ_2 - угол рассеяния на второй мишени в лабораторной системе координат.

Для всех вышеуказанных опытов эффективность находилась из анализа данных о комплексе измерительной аппаратуры, сплывом состоянии и плотности пучка рассеиваемых частиц и анализирующей способности мишени.

Предполагалось, что во всех трех опытах в качестве детектора третьего рассеяния используется искровая камера, внутри которой помещается анализирующая мишень, состоящая из углерода^{/5/}. В камере регистрируются все частицы, рассеянные в заданном диапазоне телесного угла.

Была вычислена дисперсия величины D , R и A для произвольного метода регистрации частиц, получаемая за единицу времени:

$$\mathcal{D}(\theta_2) = \left(K \cdot \frac{d\sigma_2}{d\Omega_2} \cdot \frac{d\sigma_3}{d\Omega_3} \cdot P_3^2 \sum_{i=1}^n \frac{\cos^2 \phi_i d\Omega_1}{1 + P_3 P \cos \phi_i} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где $\frac{d\sigma_2}{d\Omega_2}$ - эффективное сечение $p-p$ -рассеяния; $\frac{d\sigma_3}{d\Omega_3}$ - эффективное сечение протонов на анализирующей мишени; P_3 - анализирующая способность мишени; ϕ_1 - азимутальный угол третьего рассеяния; P - обозначает D , R или A , K - коэффициент нормировки.

Суммирование (или интегрирование) ведется по тем телесным углам, в которых производится регистрация частиц.

Используя определение эффективности и предполагая, что искровая камера захватывает телесный угол в пределах $\theta_3' - \theta_3''$, из формулы (2) имеем:

$$\lambda(\theta_2) = K \cdot \frac{d\sigma_2}{d\Omega_2} \frac{\int_{\theta_3'}^{\theta_3''} d\sigma_3}{\int_{\theta_3'}^{\theta_3''} d\Omega_3} P_3^2 \frac{\sin \theta_3 d\theta_3}{1 - (P_3 P)^2 + \sqrt{1 - (P_3 P)^2}}. \quad (3)$$

Наличие коэффициента K объясняется трудностью расчета ряда констант, зависящих от интенсивности начального пучка, плотности мишени, длины пробега рассеиваемых частиц и геометрии эксперимента. В нашем случае K вследствие полной аналогии методики всех трех опытов является приблизительно одним и тем же для каждого из них. Как видно из (1), положение оптимальной точки не зависит от K . Впоследствии K можно определить, исходя из начальной статистики, накопленной в выбранной точке, и получить время в часах. На рис. 1 представлена эффективность $\lambda(\theta_2)$ для параметра $R_{p,p}$. При вычислении были использованы данные по рассеянию протонов на углероде, опубликованные в работах^{/8-10/}, и данные по $p-p$ -рассеянию из^{/11/}. Предполагалось, что $\theta_3' = 4^\circ$ и $\theta_3'' = 30^\circ$.

В настоящее время методика эксперимента по тройному $p-p$ -рассеянию такова, что все эффекты измеряются на основании разности статистик рассеяния на C и CD_2 , используемых в качестве второй мишени. Нетрудно показать, что при выполнении условия

$$\frac{t_{CD_2}}{t_C} = \sqrt{\frac{\lambda_C}{\lambda_{CD_2}}}, \quad (4)$$

где t_{CD_2} и t_C - время измерения на CD_2 и C , и λ_{CD_2} и λ_C - соответствующие функции эффективности, дисперсия $D(P)$ имеет минимум при заданном $T = t_{CD_2} + t_C$. Экспериментом установлено, что отношение $\frac{\lambda_C}{\lambda_{CD_2}} = 1/3$ и не зависит с достаточной степенью точности от угла второго рассеяния. Поэтому эффективность по сравнению с (3) изменяется на незначительный постоянный множитель.

При использовании полученного значения эффективности и формулы (1) для $u_{1-\alpha} = 1$ были вычислены соответствующие времена (в произвольных единицах).

Предсказанные зависимости $D_{p,p}$, $R_{p,p}$ и $A_{p,p}$ от угла, полученные на основании работы^{/11/} (фазы уточнены по новым данным, которые появились в последнее время), показаны на рис. 2 (а,б,в), результаты вычислений оптимальных углов - на рис. 3,4 и 5. Оптимальные углы, на которых надо проводить измерения, и соответствующее необходимое максимальное время (в произвольных единицах) дано для параметров D , R и A в таблице (см. стр. 6).

С точки зрения подтверждения одного из наборов фазовых сдвигов наиболее выгодным является измерение параметра D ; как выяснилось в процессе планирования, эксперимента, для этого нужно обеспечить относительно высокую разрешающую способность всей аппаратуры (узкие минимумы). Для R и A получаются более широкие минимумы и не нужна настолько точная установка угла и высокая разрешающая способность.

Очень глубокие минимумы для углов $\theta_2 > 145^\circ$ с.п.и. не учитывались из-за экспериментальных трудностей, связанных с резким понижением энергии рассеянной частицы на этих углах.

По данным работы^{/11/} была сделана оценка коэффициента K из формул (2) и (3). Коэффициент K (в одновременно единица времени в таблице) соответствует приблизительно 10.000 часам измерения на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

В работе^{/11/} была тоже получена предварительная величина $R_{p,p}(90^\circ) = 0,55 \pm 0,28$. Эта точка подтверждает 2-ой набор^{/11/}. Для экспериментальной точки с этим стандартным отклонением вероятность того, что она легла бы вне области принятия верной гипотезы, равна 15% (для $u_{1-\alpha} = 1$).

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Ю.М. Казаринову, Н.П. Клепикову и А.А. Тяпкину за ценные советы и обсуждения, а также И.Высочановой за помощь при выполнении расчетов.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.М.Казарянов, В.С.Киселев. ЖЭТФ, **48**, 797 (1984).
2. L. Wolfenstein, Phys. Rev., **96**, 1654 (1954).
3. Н.П.Клепиков, В.В.Федоров, ЯФ, **8**, 1032 (1985).
4. Н.П.Клепиков, С.Н.Соколов. Анализ и планирование экспериментов методом максимума правдоподобия. Москва, "Наука", 1984.
5. Ф.Легар, В.И.Никадоров, Г.Петер, А.Ф.Писарев. ПТЭ, **1**, 59 (1985).
6. J.M.Dickson, D.C.Salter, Nuovo Cim., **6**, 235 (1957).
7. R.Alfonse, A.Johansson, G.Tibell, Nucl. Phys., **4**, 643 (1957).
8. R.S.Harding, Phys.Rev., **111**, 1164 (1958).
9. E.Heiberg, Phys. Rev., **106**, 1271 (1957).
10. O.Chamberlain, E.Segre, R.Tripp, C.Wiegand, T.Ypsilantis, Phys. Rev., **102**, 1659 (1956).
11. Ю.М.Казарянов, Ф.Легар, А.Ф.Писарев, А.М.Розанова, Ю.Н.Сямонов. Материалы XII-ой международной конференции по физике высоких энергий. Дубна, 1984 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 августа 1985 г.

Т а б л и ц а

Оптимальные углы и необходимое максимальное время для параметров

D, R и A

Параметр	Угол θ_2 с.п.н. (в градусах)	Время t (в произвольных единицах) для данного угла	Суммарное время
D	100	0,0017	0,0088
	115	0,0071	
R	70 или 125	0,0058	0,0538
	85	0,48	
A	130	0,0082	0,1282
	40	0,12	

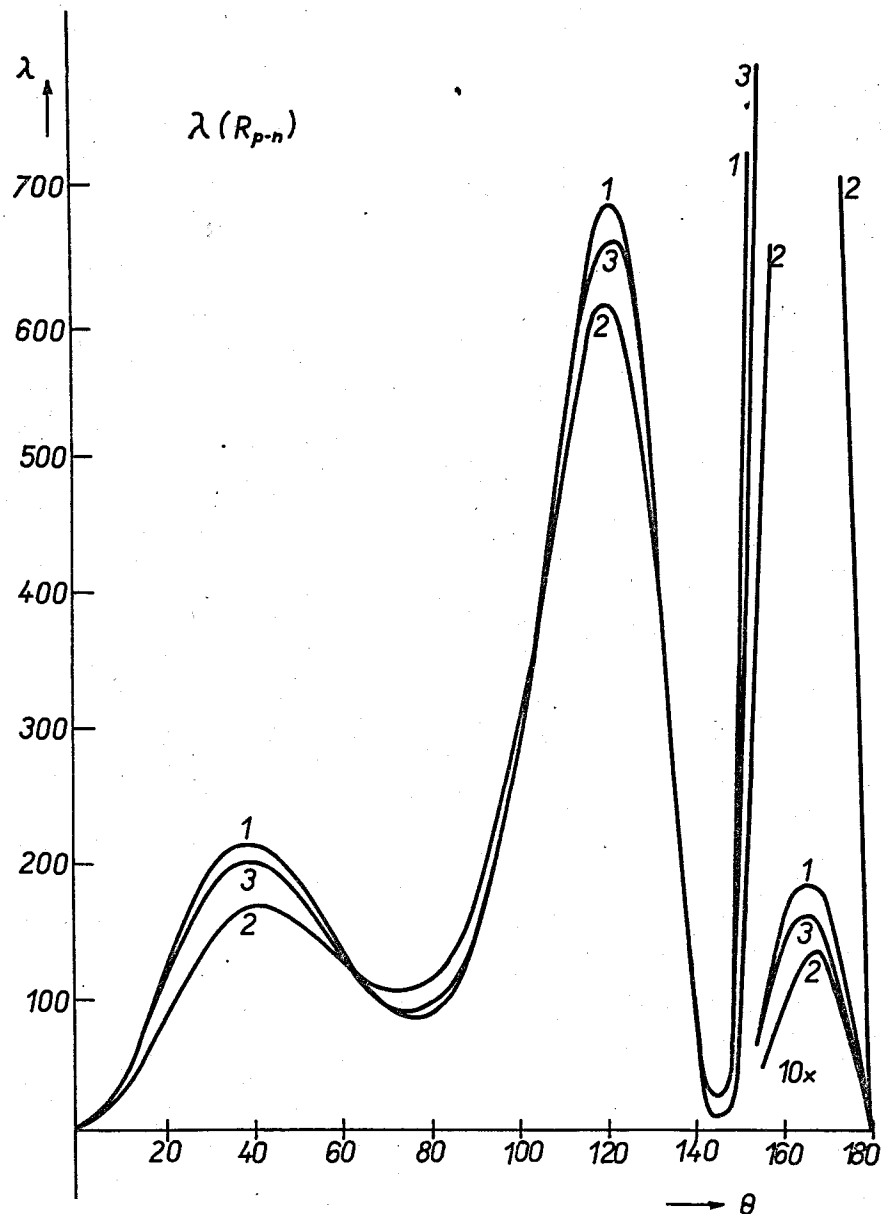


Рис. 1. Эффективность $\lambda(\theta)$ в зависимости от угла θ с.п.н. п-р-рассеяния. Кривые 1,2,3 соответствуют разным наборам фазовых сдвигов.

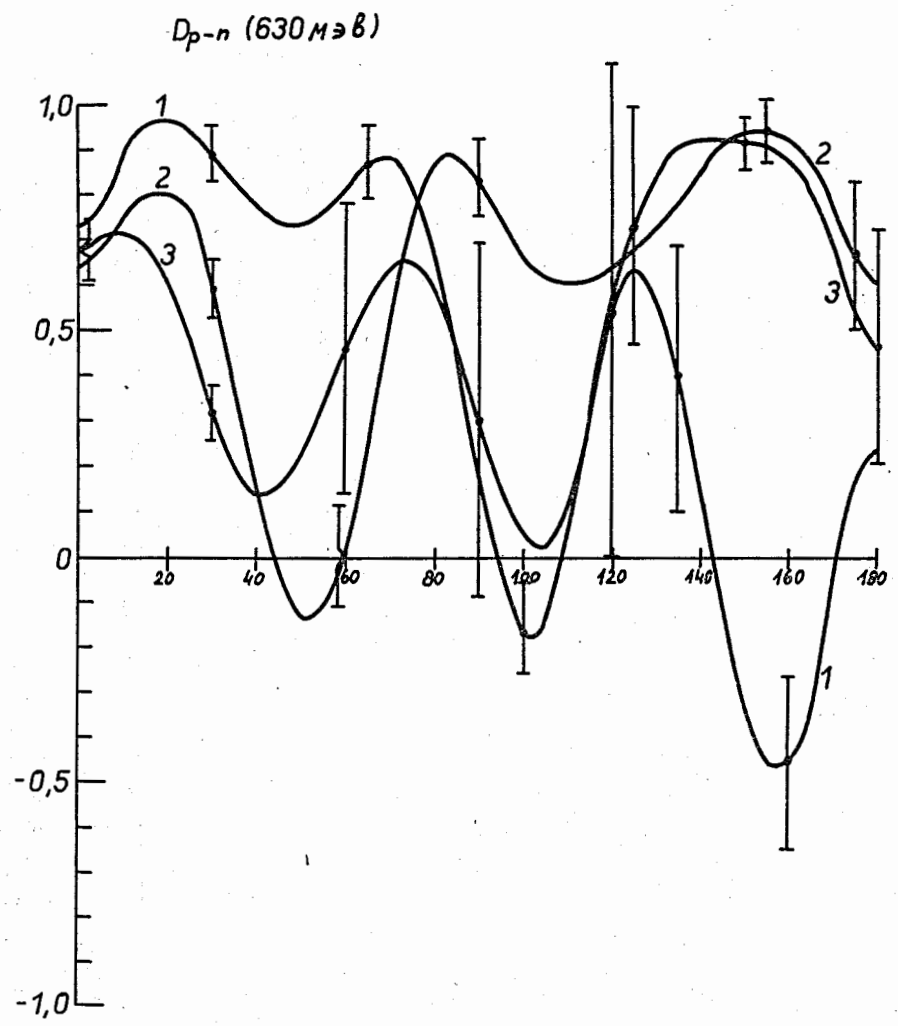


Рис. 2а

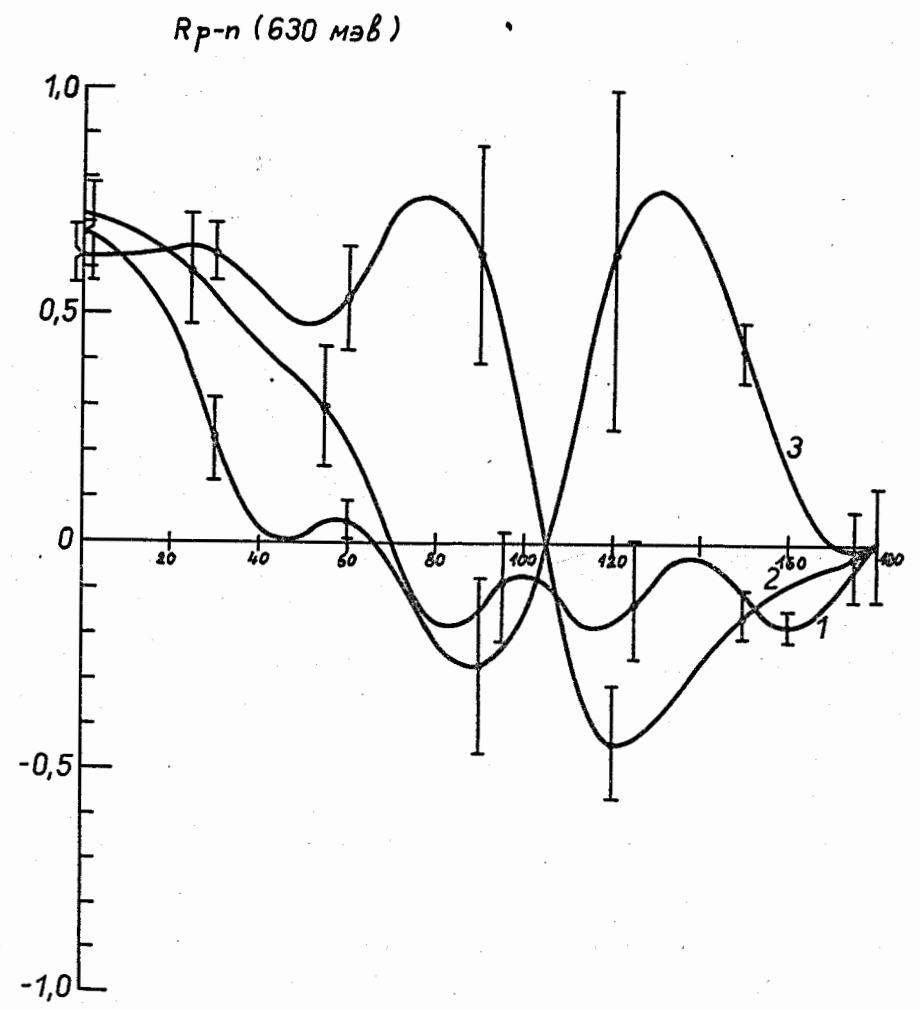


Рис. 2б

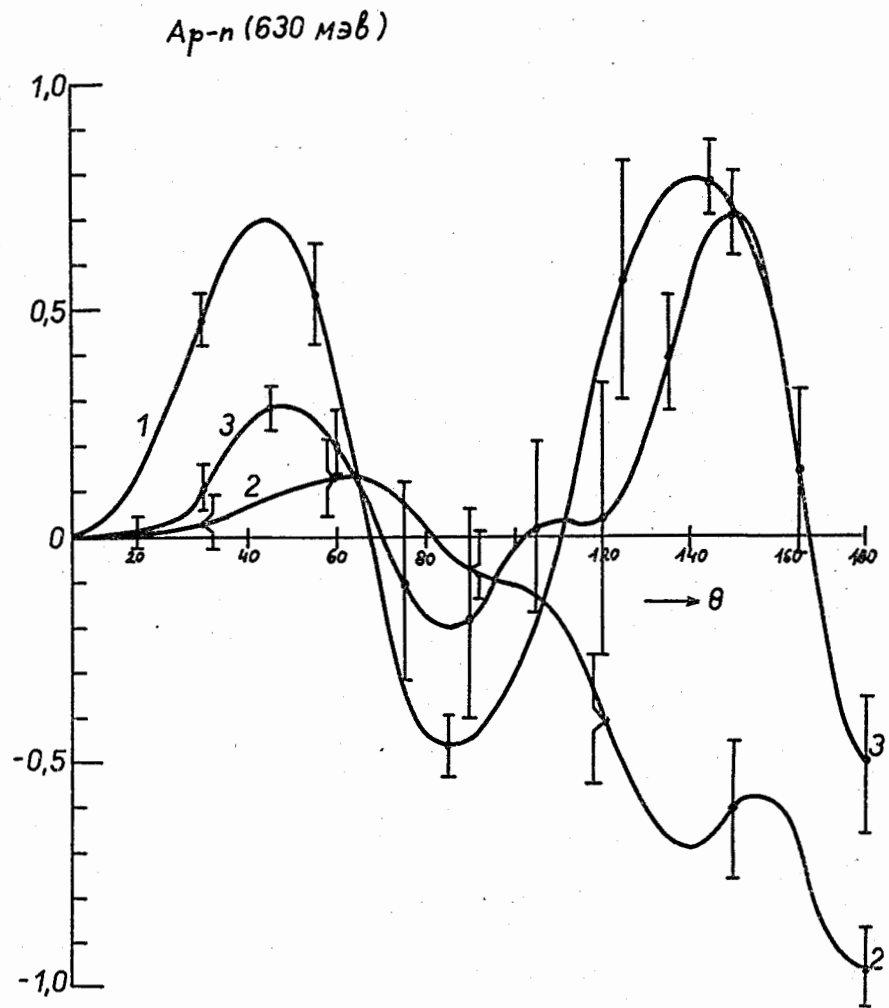


Рис. 2в

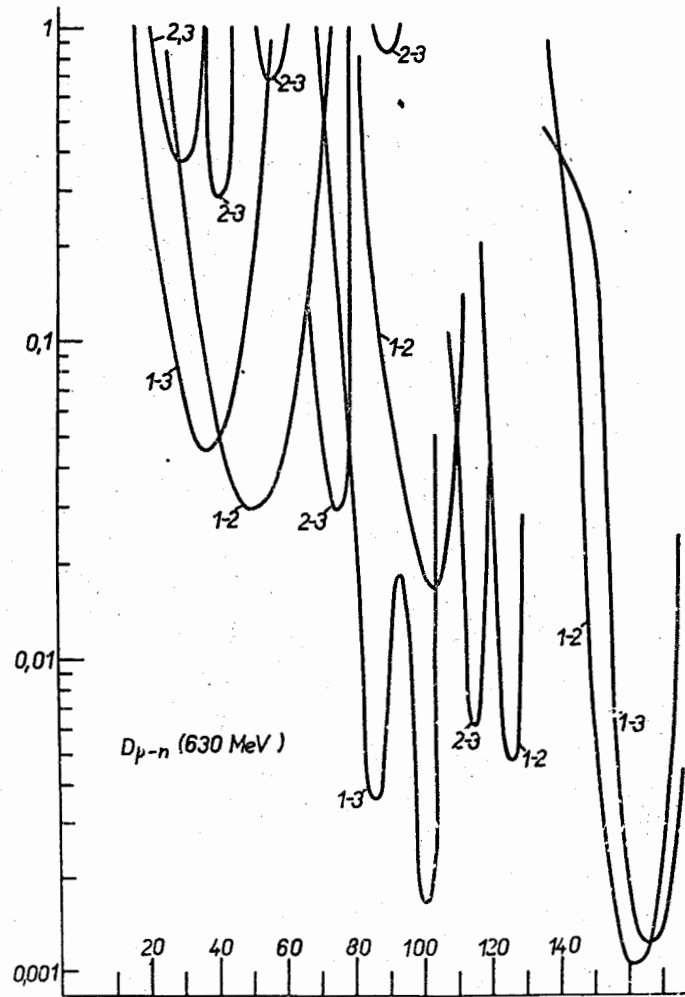


Рис. 3. Зависимость времени измерения параметра D_{p-n} от угла θ .
Кривые 1-2, 2-3, 1-3 соответствуют времени для различия $\Delta_{с.д.к.}$
пары наборов фазовых сдвигов.

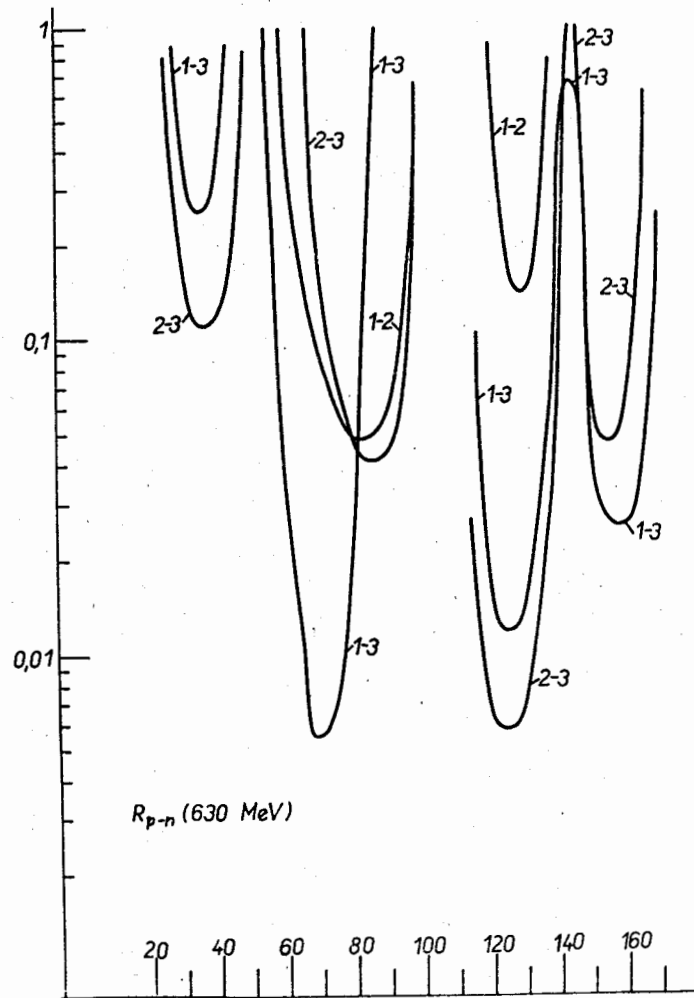


Рис. 4. Зависимость времени измерения параметра R_{p-n} от угла θ с.п.н.
Обозначение кривых - см. рис. 3.

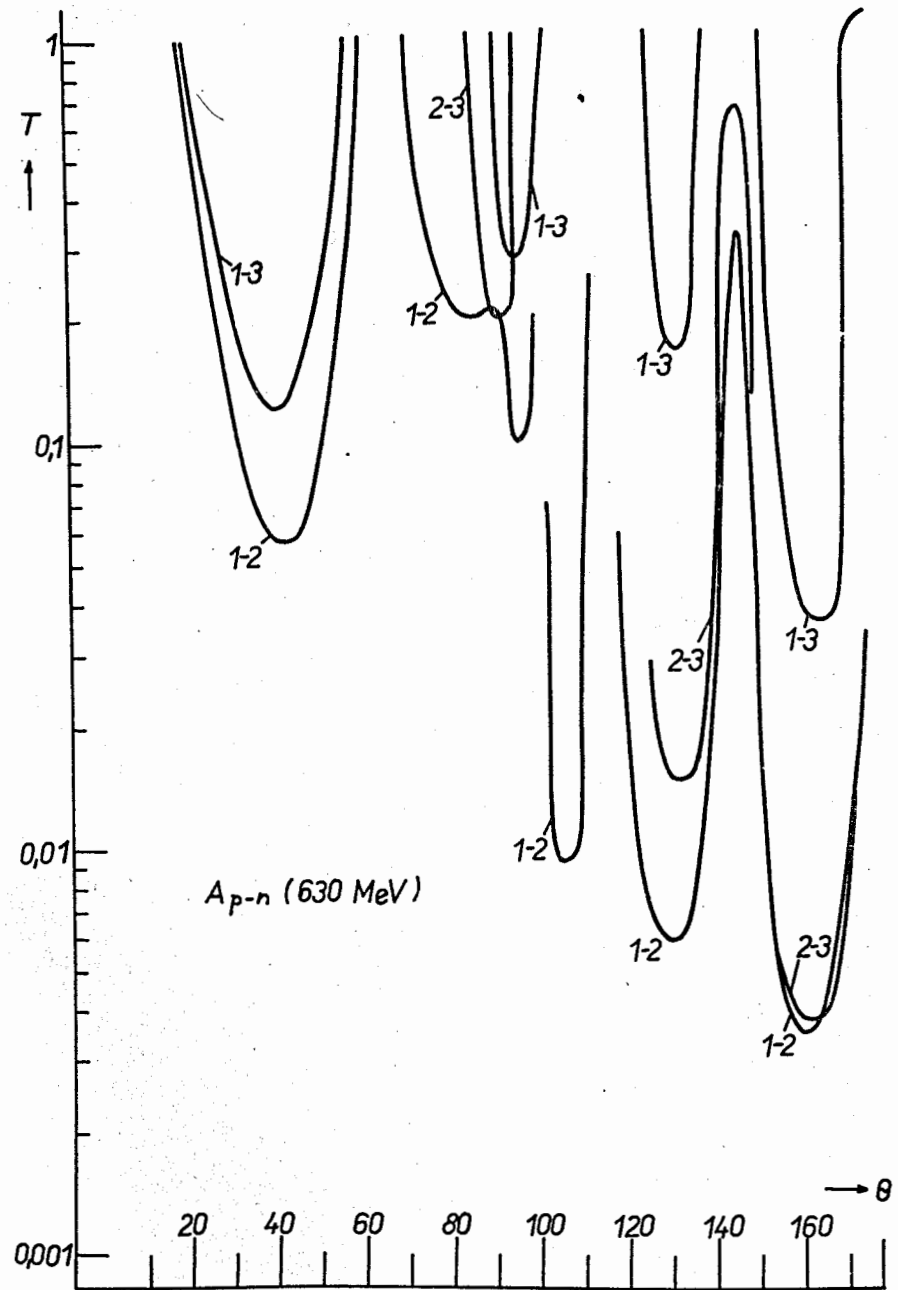


Рис. 5. Зависимость времени измерения параметра A_{p-n} от угла θ с.п.н.
Обозначение кривых - см. рис. 3.