

с 346.26 + с 346.22

19/

Г-611

ЯФ, 1967, т. 5, в. 6, с. 1283-1285

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2861 e



Б.М. Головин, А.М. Розанова

АМПЛИТУДЫ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ
НУКЛОНОВ НУКЛОНАМИ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

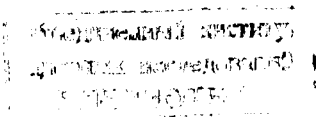
1966

P-2881

Б.М. Головки, А.М. Розанова

АМПЛИТУДЫ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ
НУКЛОНОВ НУКЛОНАМИ^{x)}

Направлено в ЯФ



x) Эта работа была доложена на сессии Отделения ядерной физики АН СССР, Москва, 23-25 июня 1966 г.

4449/1, нр.

Несмотря на интенсивную работу ряда лабораторий, количество экспериментального материала об упругом рассеянии нуклонов нуклонами при многих энергиях все еще недостаточно для прямого восстановления амплитуд NN-рассеяния. Поэтому основным методом анализа экспериментальных данных в настоящее время является выполнение фазового анализа. В результате проведения такого анализа для каждой энергии получают набор параметров (фазовые сдвиги, параметры смешивания), зная которые можно рассчитать все величины, экспериментально наблюдаемые при изучении рассеяния нуклонов нуклонами.

За последние годы появились сообщения целого ряда авторов о выполнении ими фазового анализа данных о pp- и np-рассеянии. В частности, цикл работ по фазовому анализу протонов и нейтронов протонами в широкой области энергий был выполнен в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ Ю.М. Казариновым и его сотрудниками^{/1,2,3/}.

Вместе с тем в ряде случаев описание упругого NN-рассеяния с помощью амплитуды^{/4/}

$$M = a + \beta \vec{\sigma}_1 \vec{n} \cdot \vec{\sigma}_2 \vec{n} + \gamma (\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2) \vec{n} + \delta \vec{\sigma}_1 \vec{m} \cdot \vec{\sigma}_2 \vec{m} + \epsilon \vec{\sigma}_1 \vec{l} \cdot \vec{\sigma}_2 \vec{l} \quad ,$$

$$\vec{n} = \frac{\vec{k}_i \times \vec{k}_f}{|\vec{k}_i \times \vec{k}_f|} \quad , \quad \vec{m} = \frac{\vec{k}_f - \vec{k}_i}{|\vec{k}_f - \vec{k}_i|} \quad , \quad \vec{l} = \frac{\vec{k}_f + \vec{k}_i}{|\vec{k}_f + \vec{k}_i|} \quad (1)$$

удобнее, чем с помощью фазовых сдвигов. Такое описание наглядней, чем задание фазовых сдвигов, так как слагаемые, образующие амплитуду (1), более явно связаны с вкладом различных типов сил в суммарное NN-взаимодействие. Оно удобно также при сопоставлении экспериментальных данных о рассеянии нуклонов нуклонами с предсказаниями, основанными на дисперсионных соотношениях, при проведении расчетов рассеяния нуклонов нейтронами и ядрами в импульсном приближении, по теории прямых реакций и т.п.

Благодаря любезности Ю.М. Казаринова, мы получили возможность воспользоваться расчетной техникой^{/5/} и результатами фазовых анализов NN-рассеяния при энергиях

28 Мэв^{/2/}, 40 Мэв^{/1/}, 52 Мэв^{/1/}, 68 Мэв^{/1/}, 85 Мэв^{/1/}, 147 Мэв^{/1/}, 210 Мэв^{/1/},
 310 Мэв^{/1/}, 400 Мэв^{/1/}, 630 Мэв^{/3/} и определили коэффициенты амплитуд упругого
 pp-рассеяния, упругого np-рассеяния и упругого pp-рассеяния без кулона^{x)}
 во всей этой области энергий.

Найденные нами угловые зависимости действительных и мнимых частей коэффициентов амплитуд приведены на рис. 1-3.

Обращает на себя внимание тот факт, что во всем указанном интервале энергий у коэффициента Y_{pp} (который обычно рассматривают как происходящий от синг-орбитального взаимодействия) мнимая часть значительно больше действительной и последняя в большинстве случаев пренебрежимо мала.

Интересно отметить также, что в случае ядерного рассеяния протонов протонами на малые углы значения как действительных, так и мнимых частей коэффициентов β и δ практически совпадают между собой. Заметное расхождение имеется лишь при энергии 630 Мэв, но и в этом случае значения указанных коэффициентов различаются не больше чем на 2 ошибки. Отмеченный факт позволяет представлять амплитуду ядерного pp-рассеяния на малые углы в виде суммы амплитуд центрального взаимодействия $M_{\text{центр}}$ и одного (вместо 3 в общем случае (1)) члена $(\epsilon - \beta) \vec{\sigma}_1 \vec{\ell} \cdot \vec{\sigma}_2 \vec{\ell}$, соответствующего тензорному взаимодействию кулонов^{xx)}:

$$M(\theta = 0^\circ) = M_{\text{центр}} + (\epsilon - \beta) \vec{\sigma}_1 \vec{\ell} \cdot \vec{\sigma}_2 \vec{\ell}.$$

$$M_{\text{центр}} = a + \beta \vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2. \quad (2)$$

Найденные нами значения бесспиновых членов $a(0^\circ)$ амплитуд np- и ядерного pp-рассеяния вперед можно сопоставить с предсказаниями, основанными на использовании дисперсионных соотношений. Такое сопоставление выполнено на рис. 4, где найденные нами значения $\frac{\text{Re } a_{np}(0^\circ)}{\text{Im } a_{np}(0^\circ)}$ сравниваются с результатами расчетов^{/8/}, и на рис. 5, при построении которого были использованы расчеты бесспиновых членов ядерного pp-рассеяния вперед, выполненные в работе^{/7/}. Из этих рисунков видно, что в рассмотренной нами области энергий предсказания, основанные на дисперсионных соотношениях, хорошо согласуются с экспериментальными данными об упругом NN-рассеянии.

x) Упругое pp-рассеяние без кулона^{x)} приблизительно соответствует ядерному рассеянию этих частиц или рассеянию нейтронов нейтронами.

xx) Это возможность была отмечена Л.И. Ландаусом при обсуждении полученных нами результатов.

Авторы благодарны В.П. Железову и Л.И. Лапидусу за обсуждение ряда вопросов, связанных с этой работой, Ю.М. Казаринову за обсуждение ряда вопросов и предоставление авторам всех необходимых данных, коллективу Вычислительного центра ОИЯИ за обеспечение работы ЭВМ, Н.Р. Юшкевич, Л.А. Лебедевой, Т.П. Александровой, Н.В. Волчковой, В.М. Шамсутдиновой за подготовку графического материала.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.М. Казаринов, В.С. Киселев, Ю.Н. Симонов. Препринт ОИЯИ, Р-2241, Дубна, 1965.
2. S.I. Bilenkaya, Z. Janout, Yu.M. Kazarinov, F. Lehar. Preprint, E-2609, Dubna, 1966.
3. Z. Janout, Yu.M. Kazarinov, F. Lehar, A.F. Pisarev, Yu.N. Simonov. Preprint, E-2560, Dubna, 1966.
4. С.И. Биленькая, В. П. Виттернитц, Ф. Легар, З. Яноут. Препринт ОИЯИ, Р-2349, Дубна, 1965.
5. И.Н. Силли. Кандидатская диссертация, ОИЯИ, Дубна, 1964.
6. A.A. Carter, D.V. Bugg. Rutherford Laboratory, Preprint RPP/H/12, 1965.
7. В.С. Барашенков. Препринт ОИЯИ, Р-2582, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 августа 1966 г.

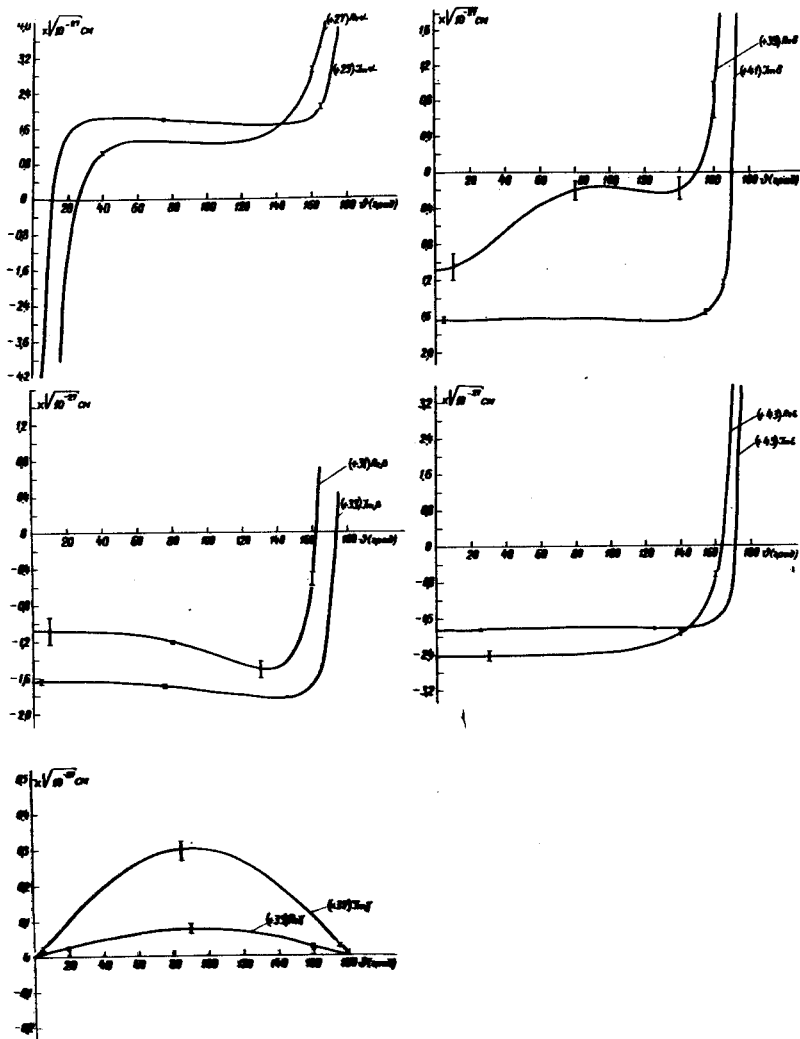


Рис. 1а. Угловая зависимость коэффициента поляризации упругого рассеяния при длине 23,1 мкм.

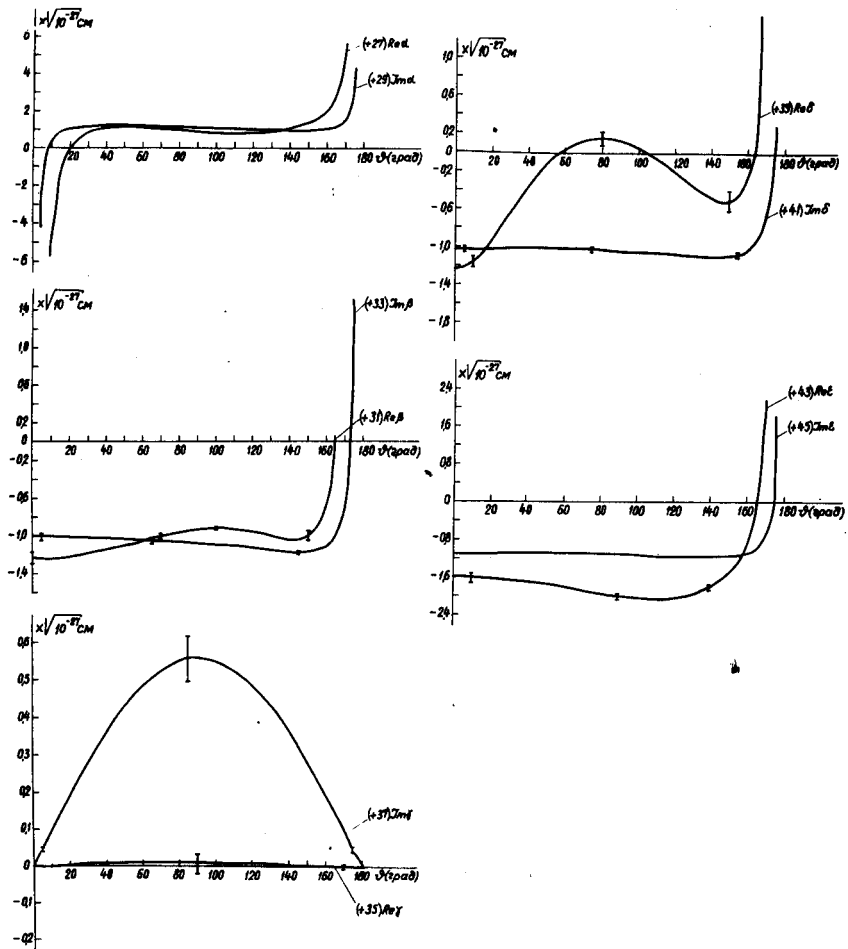


Рис. 16. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого p-p-рассеяния при энергии 40 Мэв.

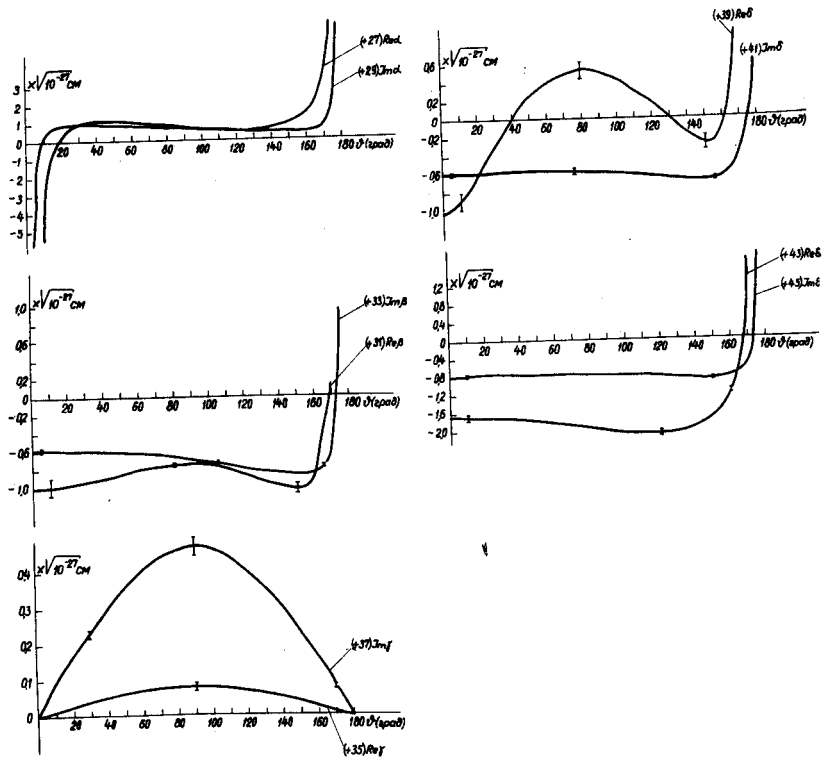


Рис. 1а. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp -рассеяния при энергии 52 Мэв.

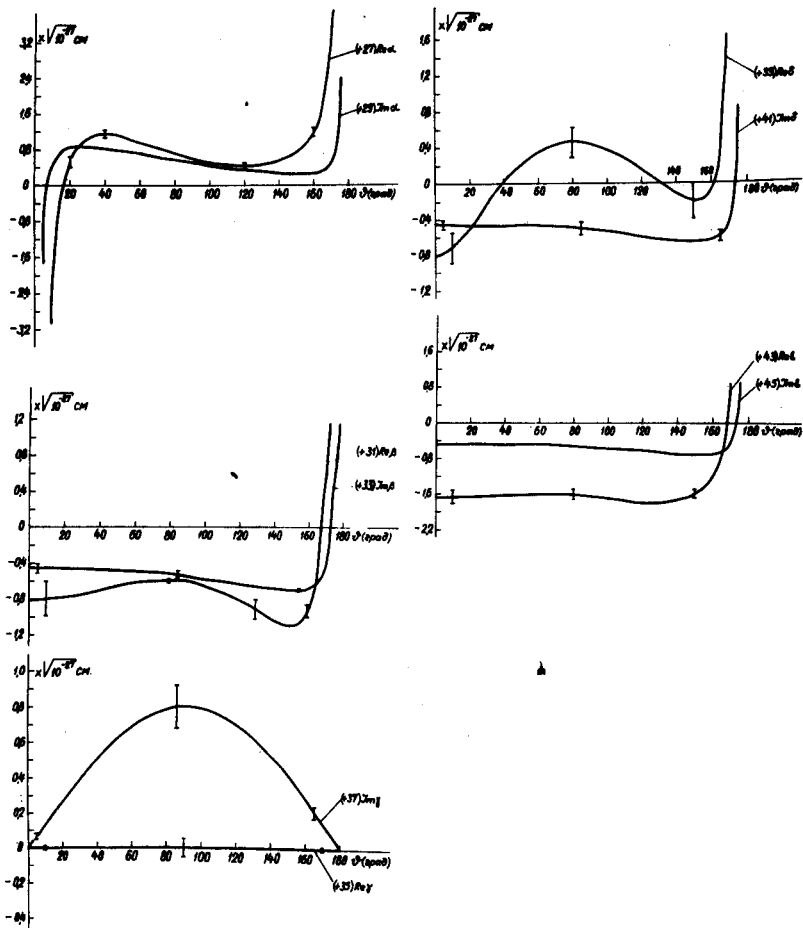


Рис. 1г. Угловая зависимость коэффициентов амплитуд упругого рр-рассеяния при энергии 66 Мэв.

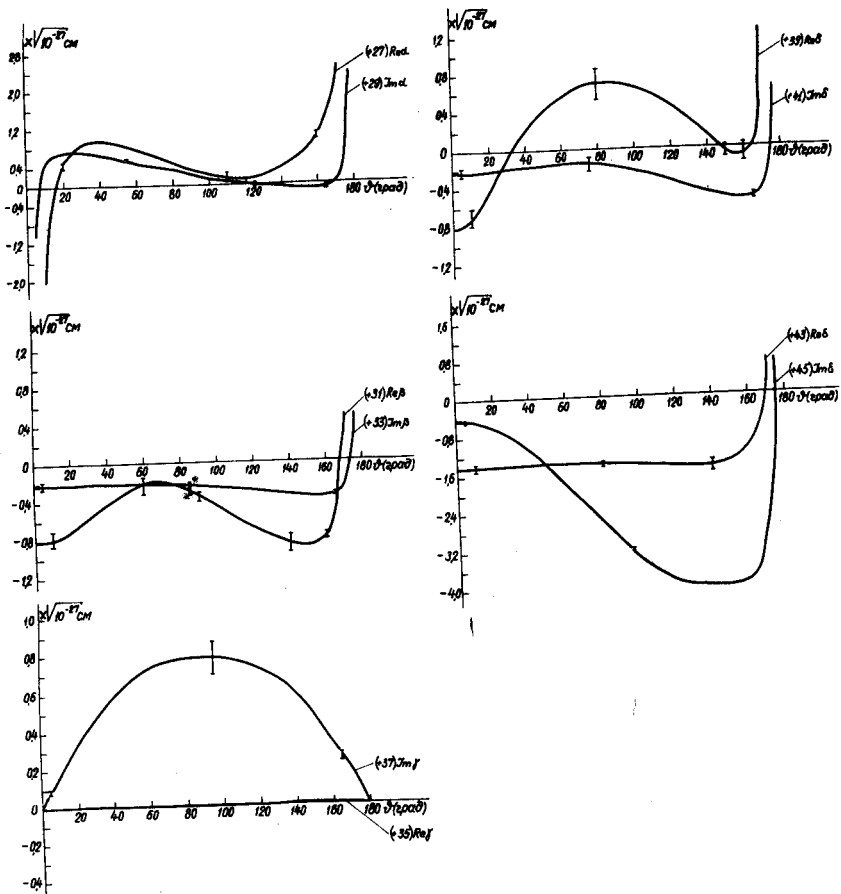


Рис. 1д. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp-рассеяния при энергии 95 Мэв.

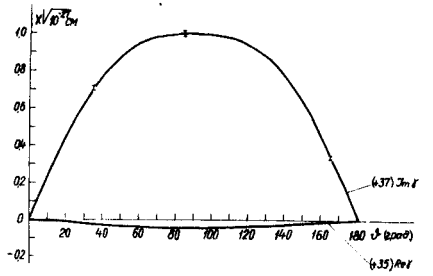
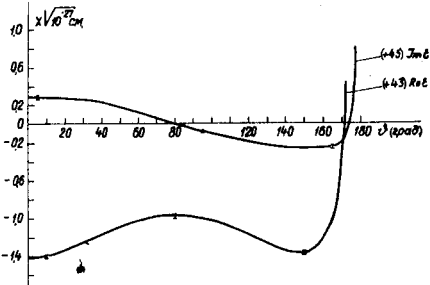
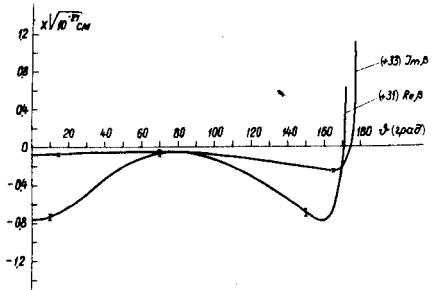
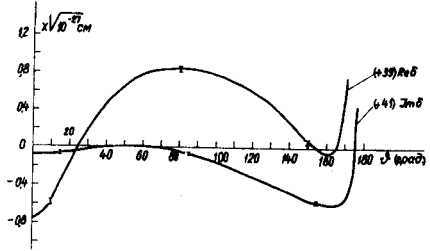
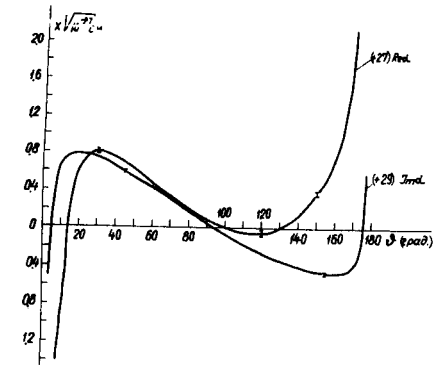


Рис. 1е. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp-рассеяния при энергии 147 Мэв.

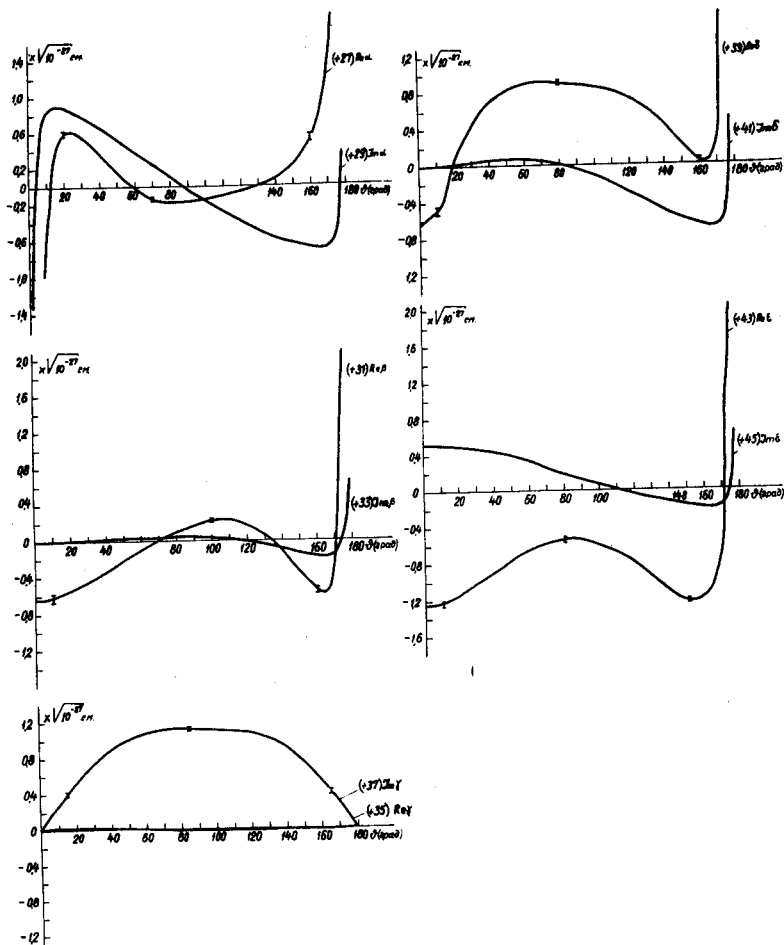


Рис. 1ж. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp -рассеяния при энергии 210 Мэв.

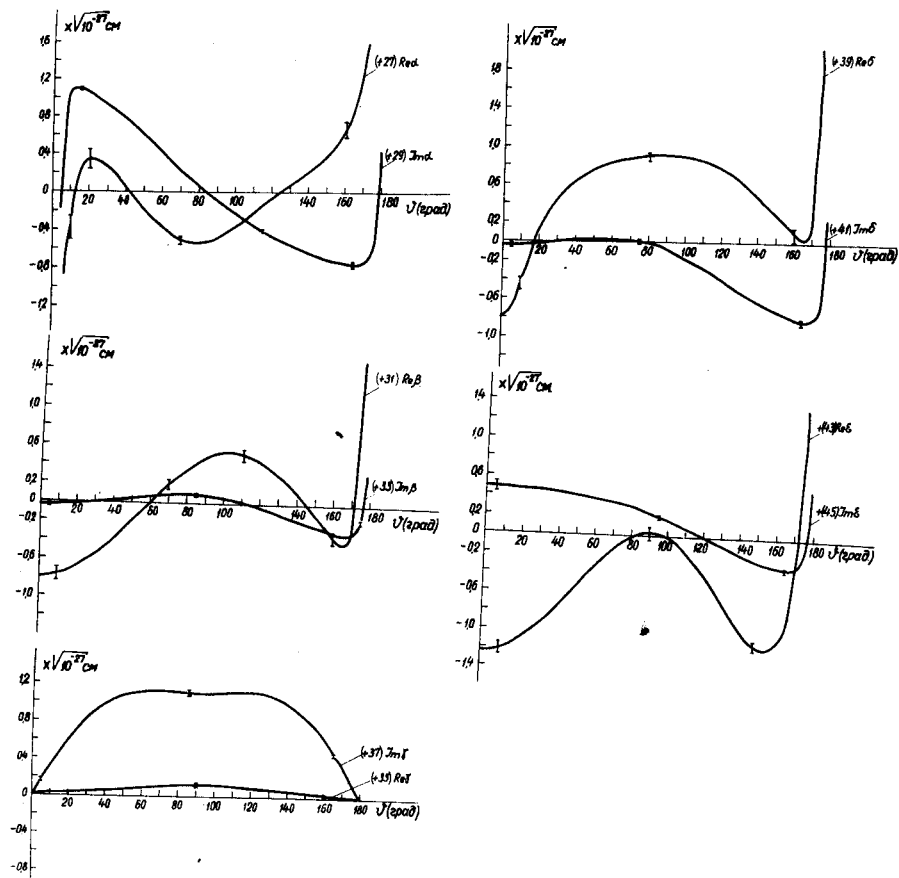


Рис. 13. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp -рассеяния при энергии 310 Мэв.

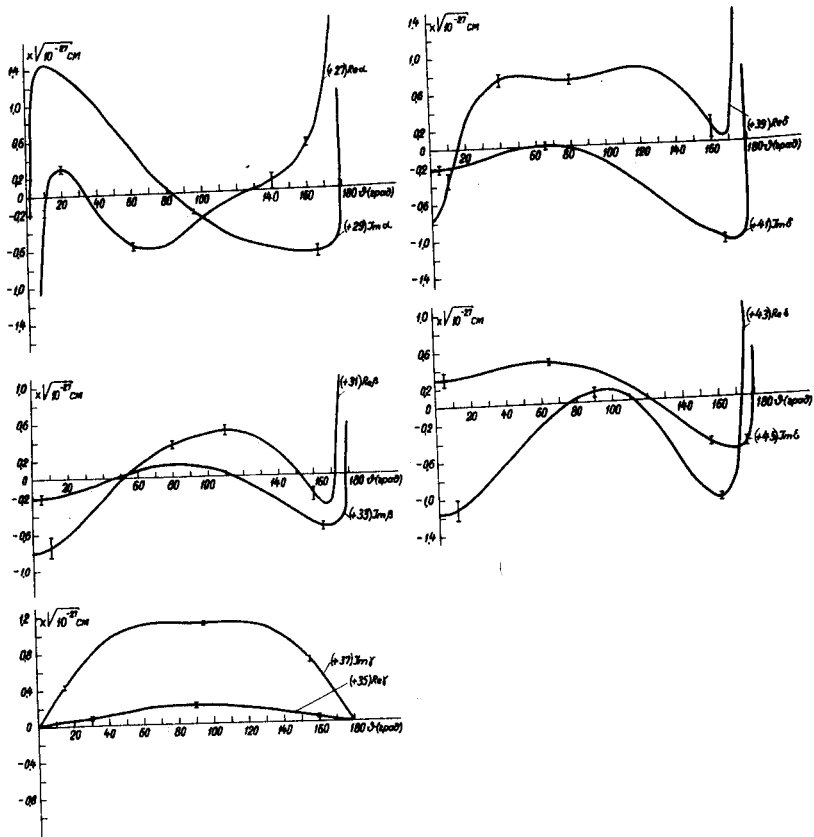


Рис. 1в. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого рр-рассеяния при энергии 400 Мэв (фазовый набор 1/1/).

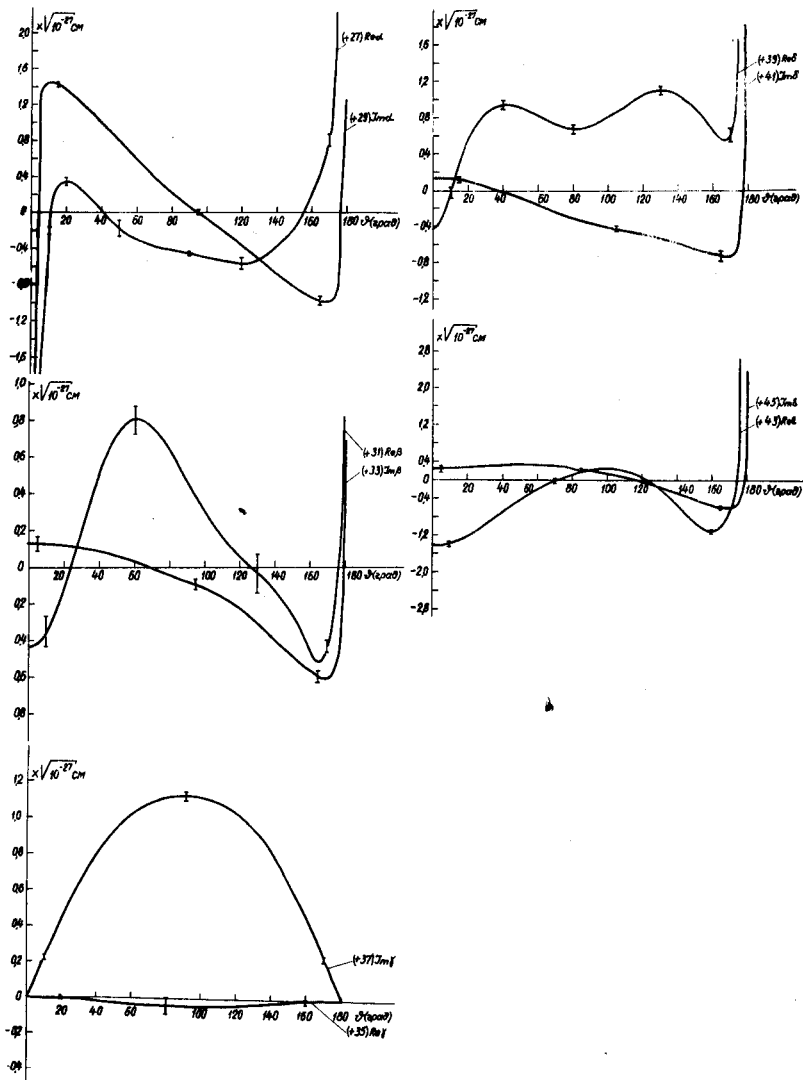


Рис. 1к. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp-рассеяния при энергии 400 Мэв (фазовый набор $2^{1/1}$).

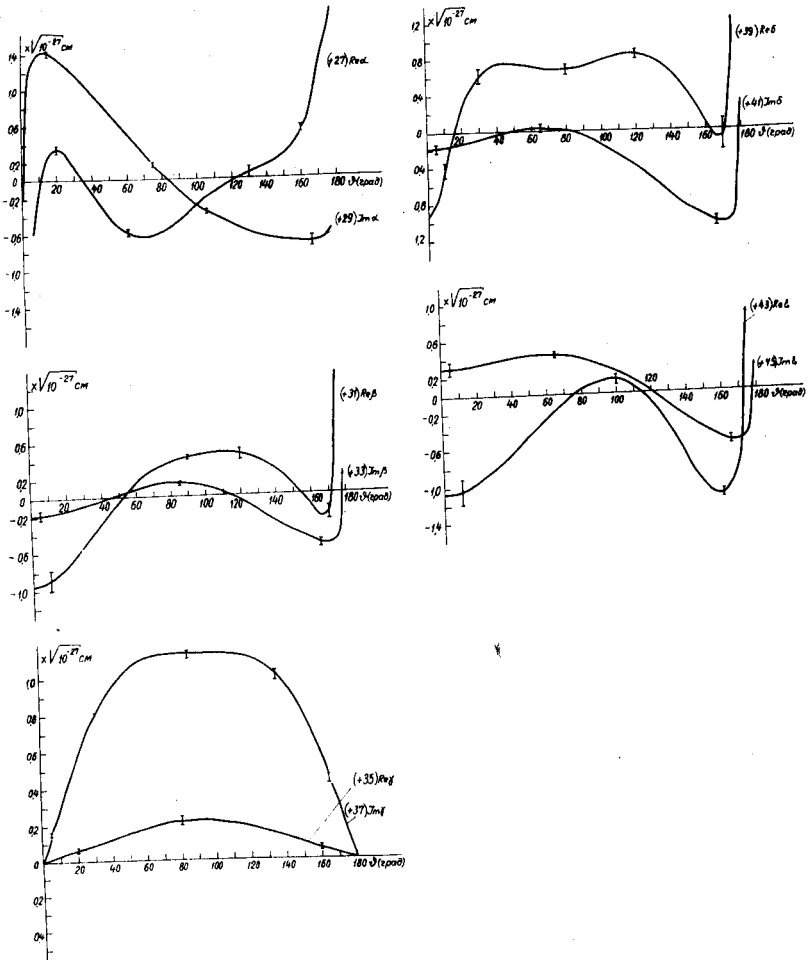


Рис. 11. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp-рассеяния при энергии 400 Мэв (фазовый набор $4^{1/1}$).

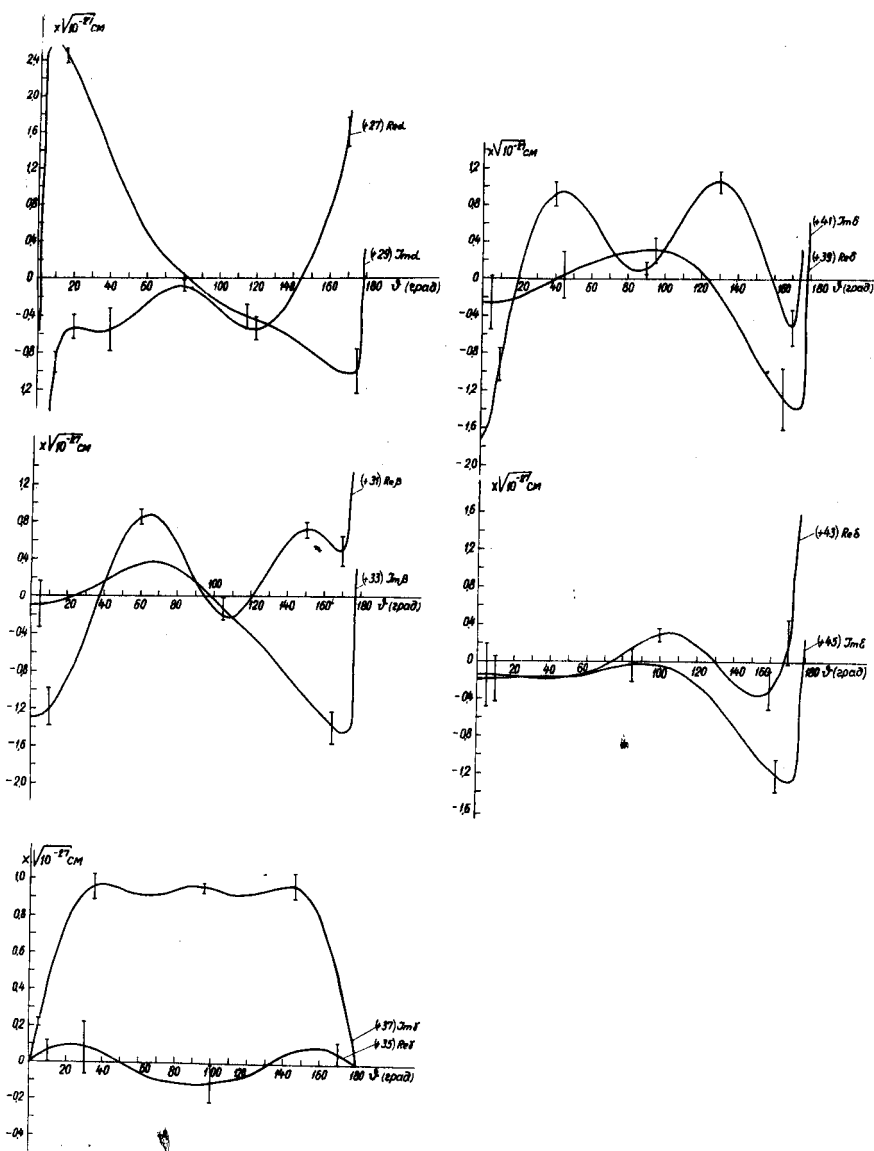


Рис. 1а. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого рр-рассеяния при энергии 630 Мэв (фазовый набор 1^{/3}).

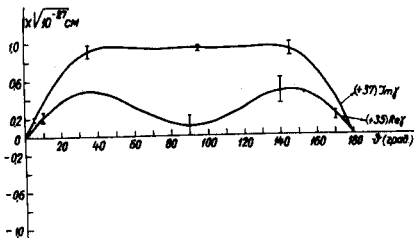
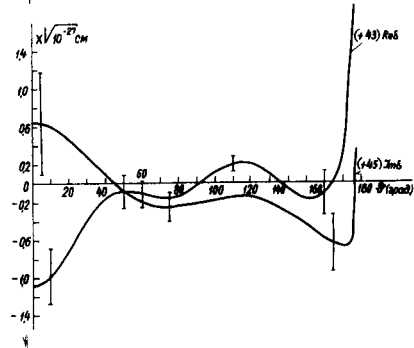
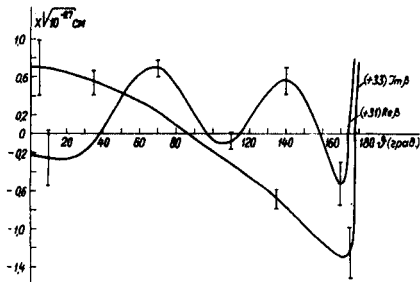
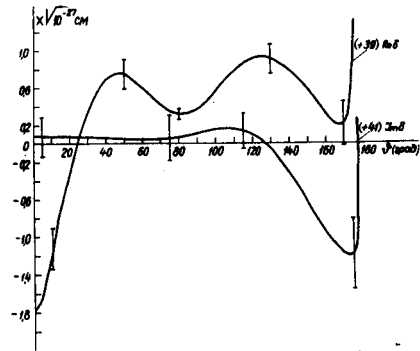
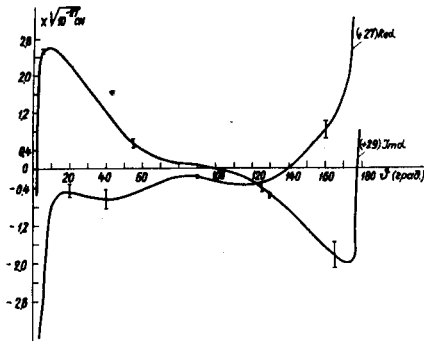


Рис. 1н. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp - рассеяния при энергии 630 Мэв (фазовый набор $2^{3/4}$).

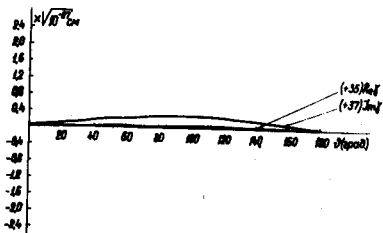
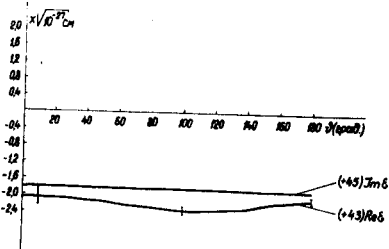
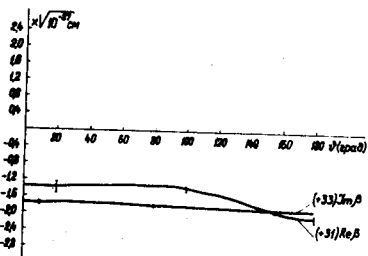
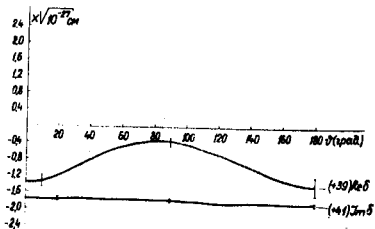
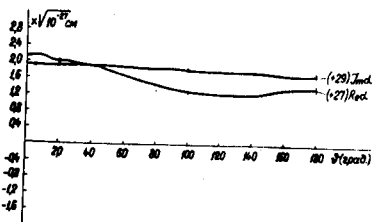


Рис. 2а. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "рр-рассеяния без кулона" при энергии 23,1 МэВ.

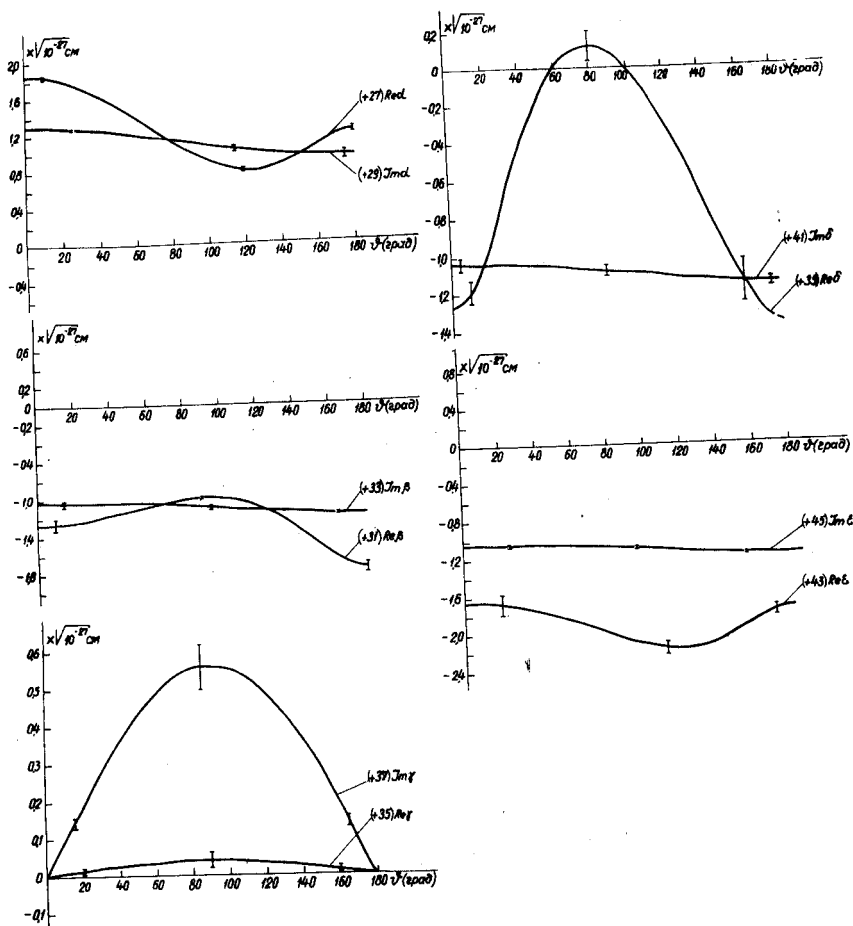


Рис. 26. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "pp"-рассеяния без кулона" при энергии 40 Мэв.

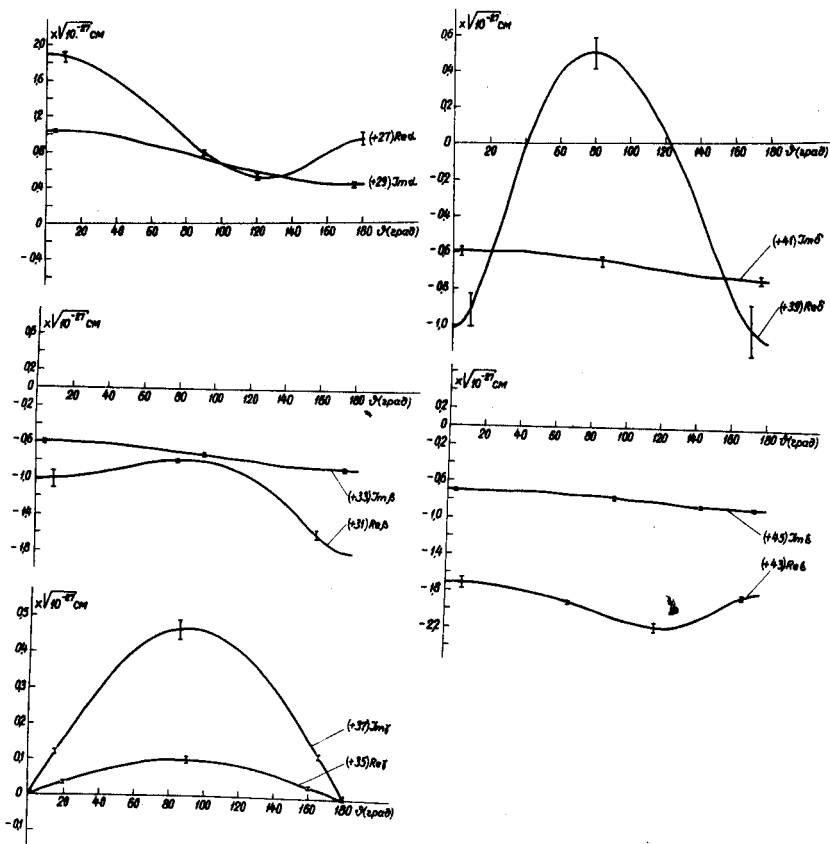


Рис. 2в. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "pp"-рассеяния без кулона" при энергии 52 Мэв.

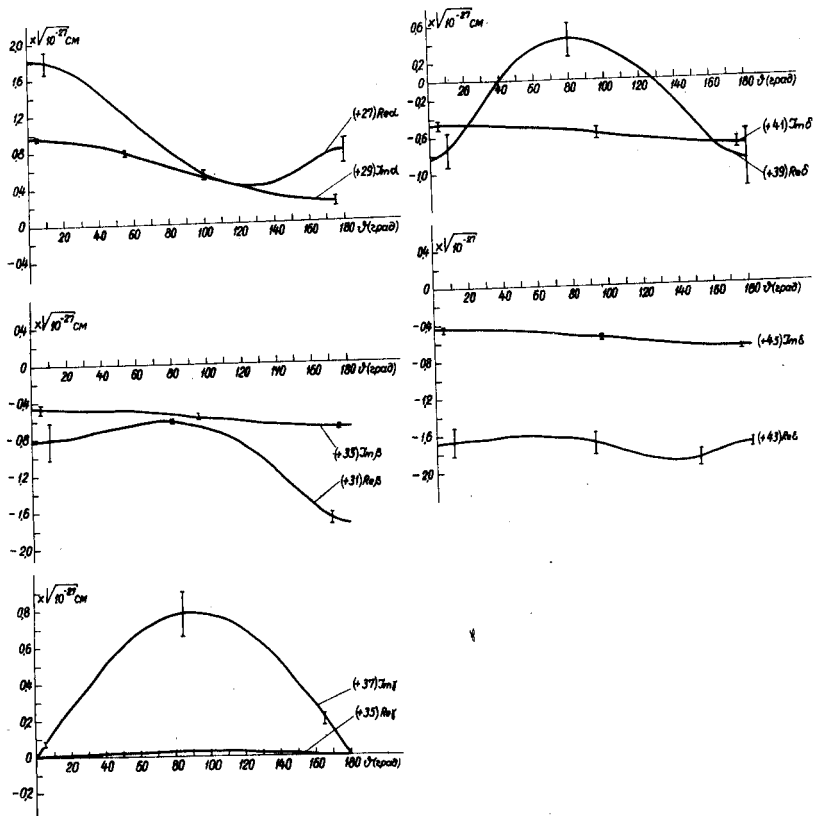


Рис. 2г. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "р-р-рассеяния без кулона" при энергии 86 Мэв.

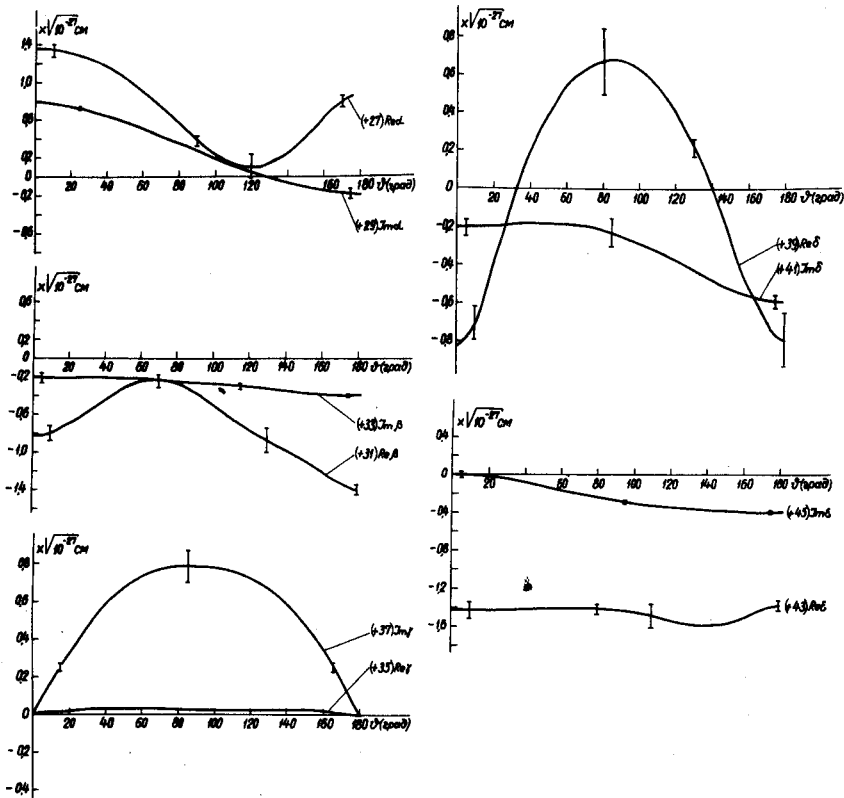


Рис. 2д. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp -рассеяния без кулона при энергии 95 Мэв.

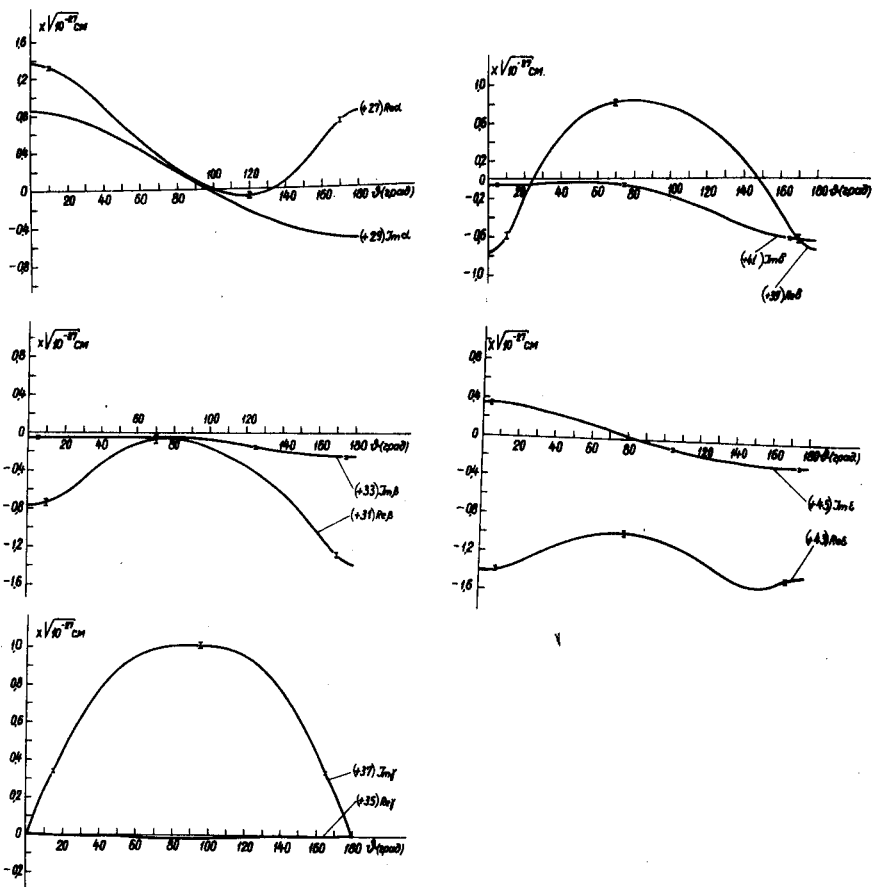


Рис. 2е. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "рр"-рассеяния без кулона при энергии 147 Мэв.

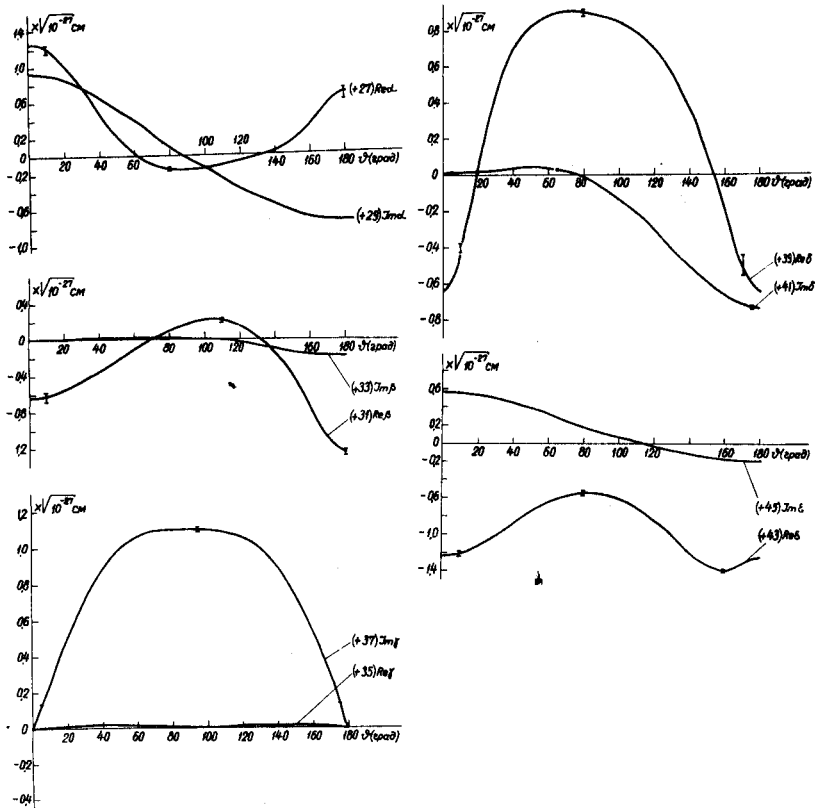


Рис. 2ж. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "pp"-рассеяния без кулона" при энергии 210 Мэв.

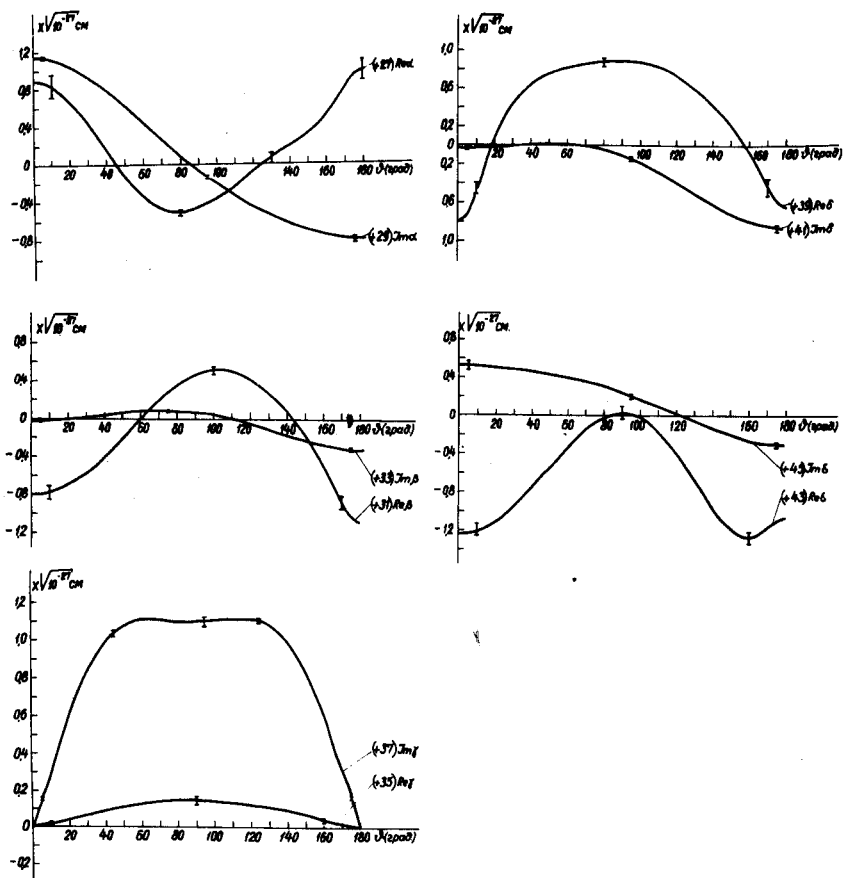


Рис. 23. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "pp-рассеяния без кулона" при энергии 310 Мэв.

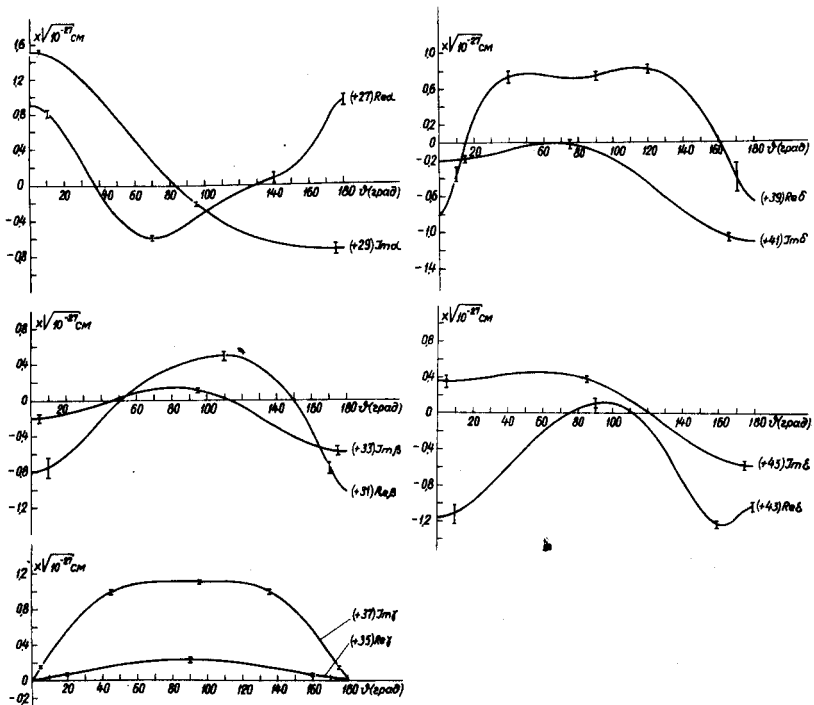


Рис. 2н. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "pp-рассеяния без кулона" при энергии 400 Мэв (фазовый набор 1^{1/2}).

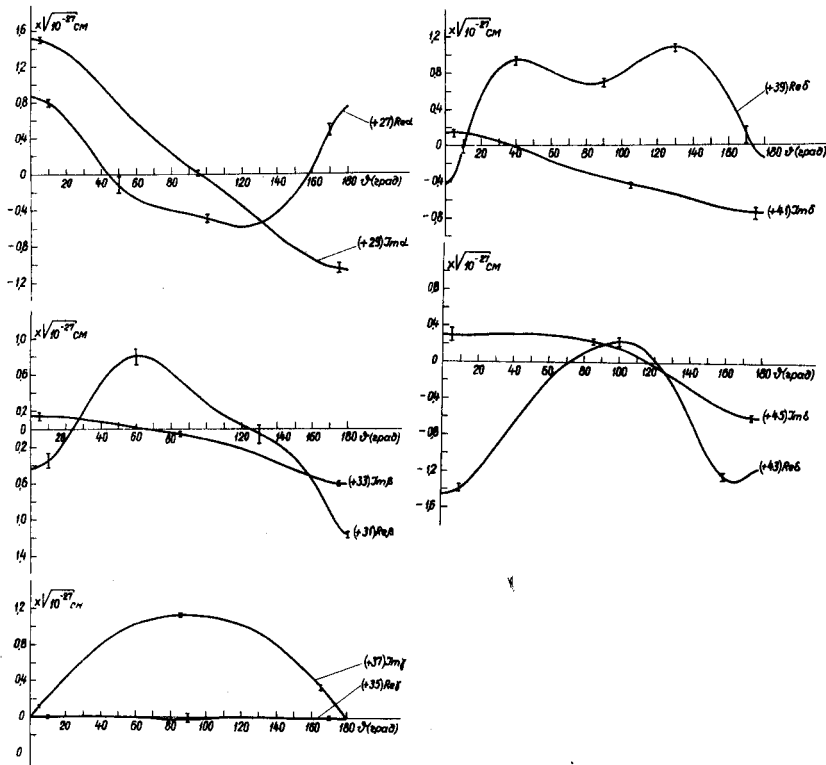


Рис. 2к. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp -рассеяния без кулона" при энергии 400 Мэв (фазовый набор 2^{1/2}).

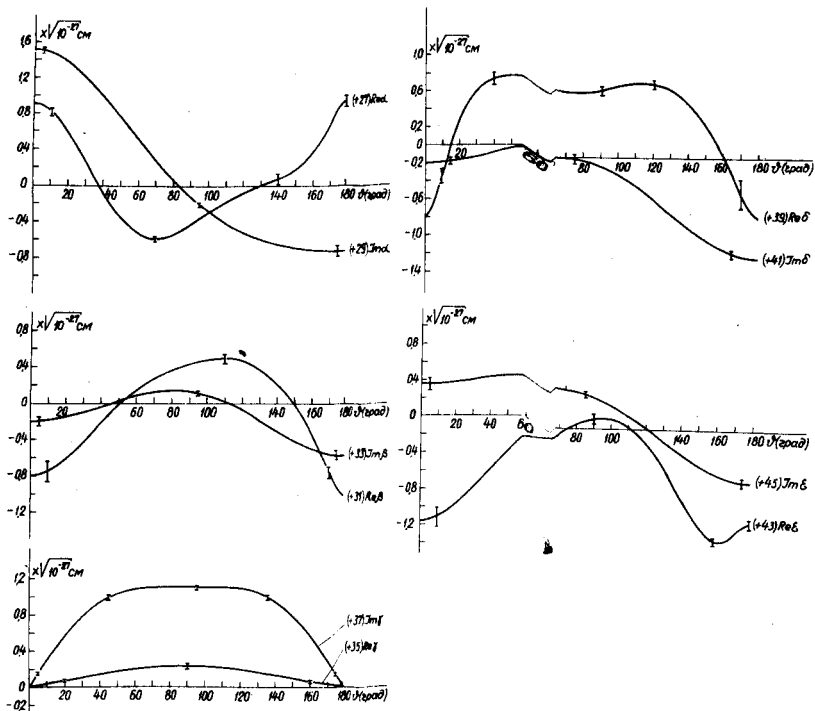


Рис. 2л. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp -рассеяния без кулона* при энергии 400 Мэв (фазовый набор $\sim 4/1/$).

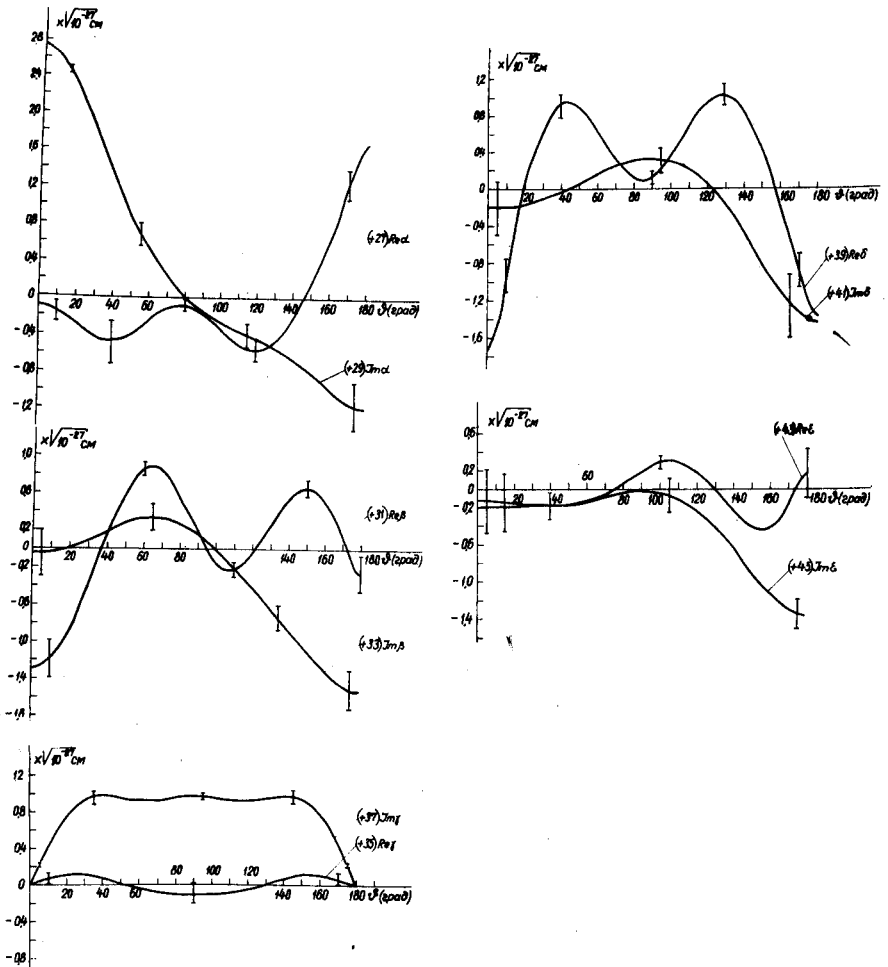


Рис. 2м. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого pp -рассеяния без кулона* при энергии 630 Мэв (фазовый набор $I^{1/3}/$).

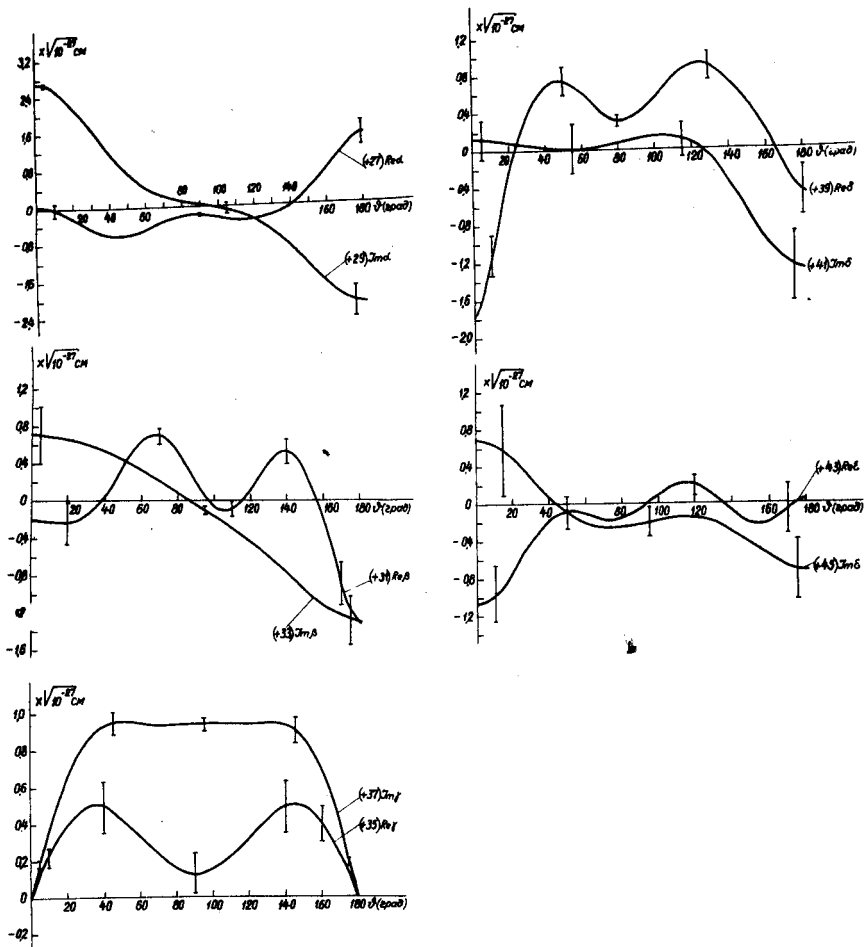


Рис. 2н. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого "pp-рассеяния без кулона" при энергии 630 Мэв (фазовый набор $2^{1/3}$).

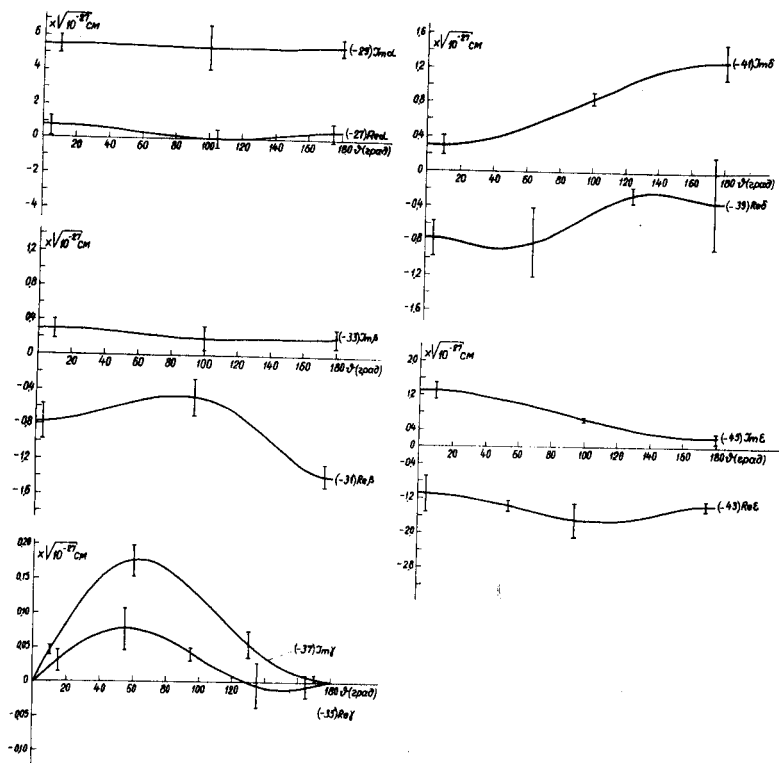


Рис. 3а. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого ν -рассеяния при энергии 23,1 Мэв.

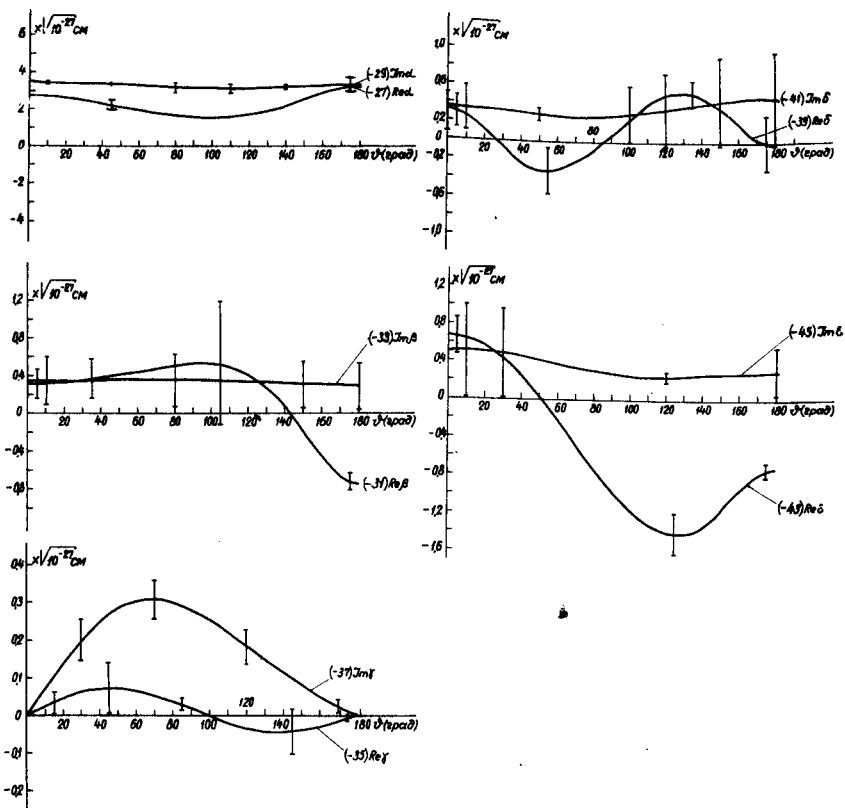


Рис. 36. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого π -рассеяния при энергии 40 Мэв,

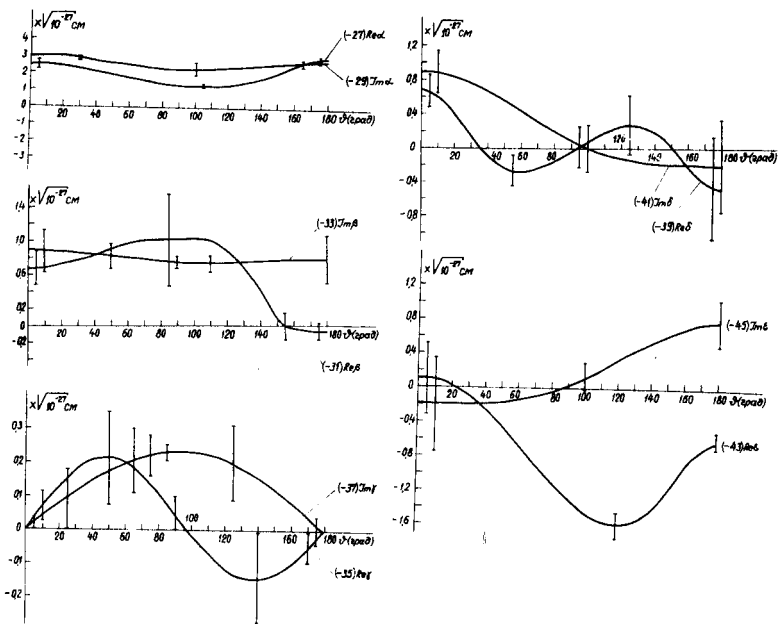


Рис. 3в. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого p-p -рассеяния при энергии 52 Мэв.

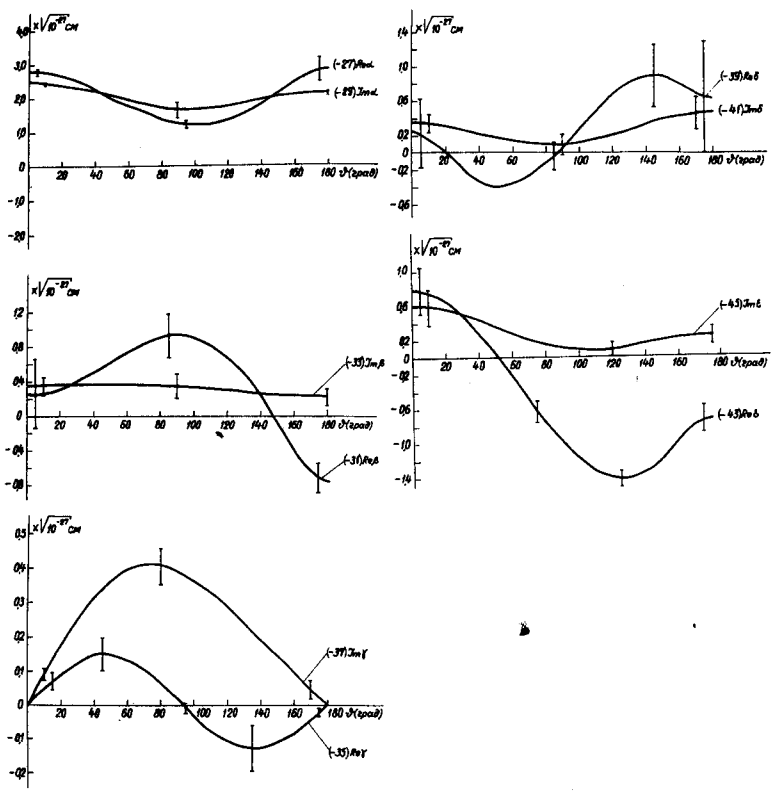


Рис. 3г. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого π p-рассеяния при энергии 66 Мэв.

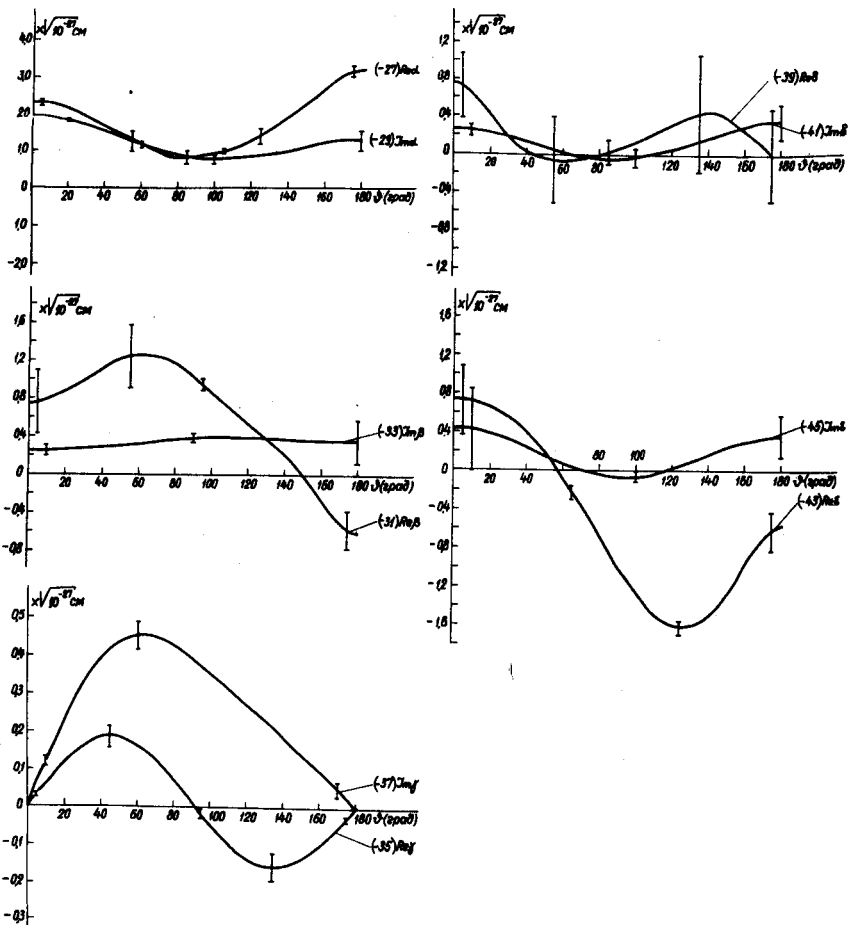


Рис. 3д. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого π -рассеяния при энергии 95 Мэв.

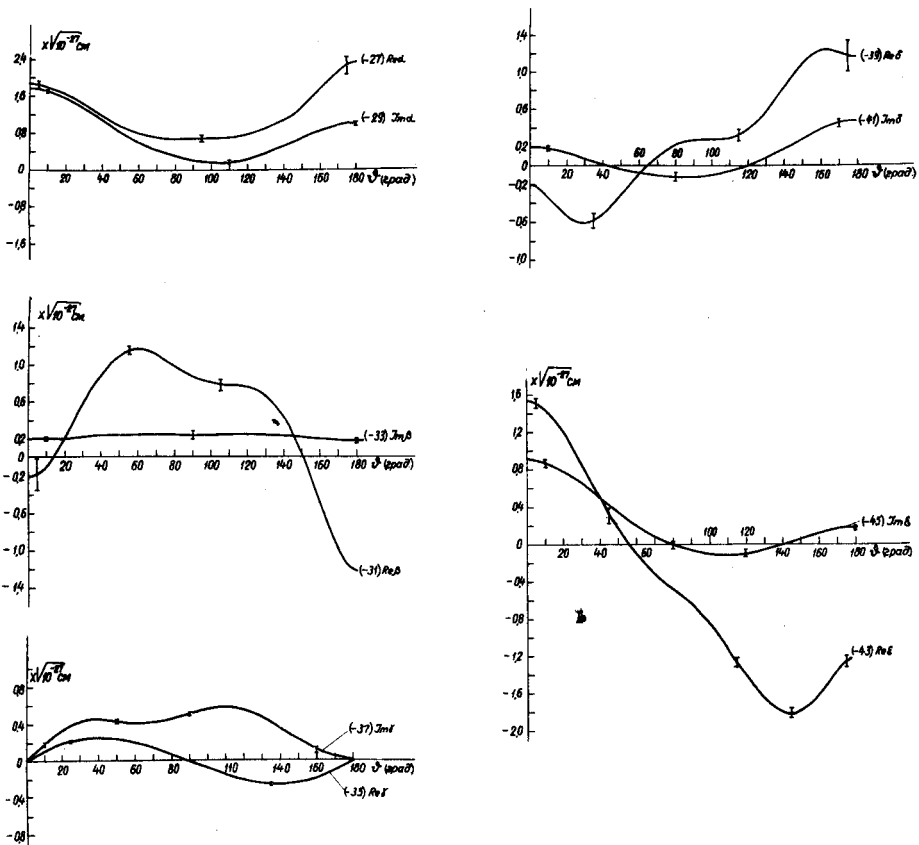


Рис. 3е. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого p-p -рассеяния при энергии 147 Мэв.

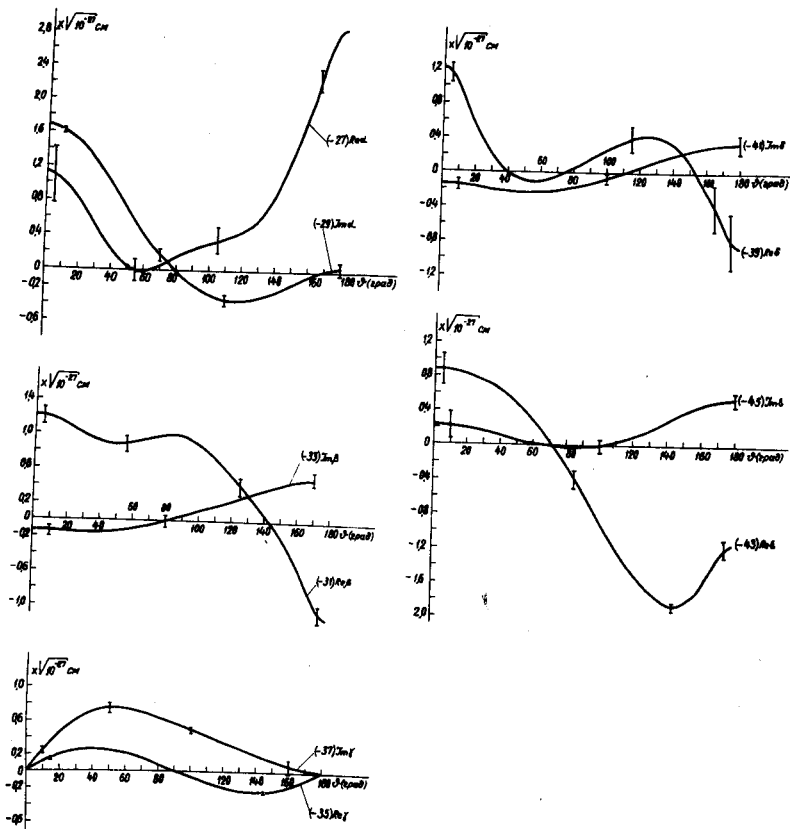


Рис. 3ж. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого p-p -рассеяния при энергии 210 Мэв.

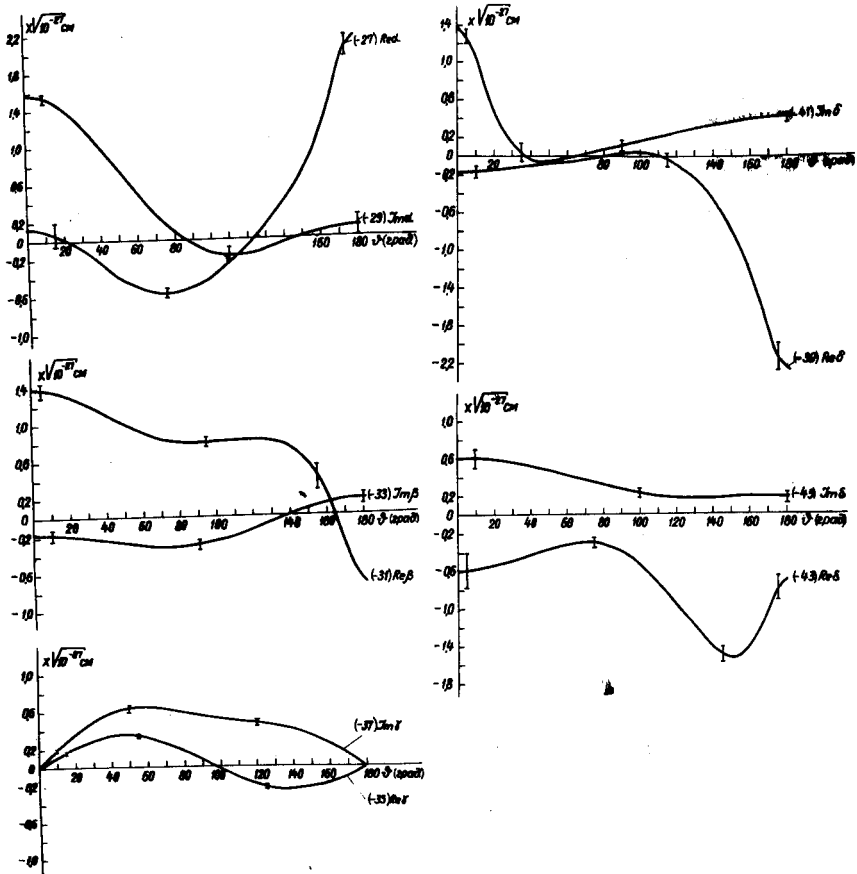


Рис. 3а. Угловая зависимость коэффициентов амплитуд упругого νp -рассеяния при энергии 310 Мэв.

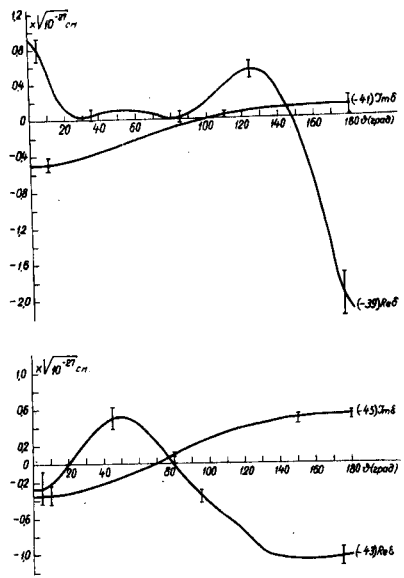
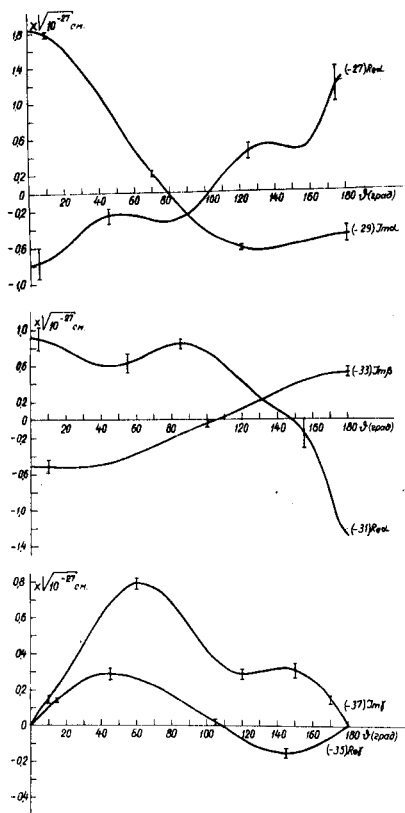


Рис. 3и. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого пр-рассеяния при энергии 400 Мэв (фазовый набор 1^{7/1/}).

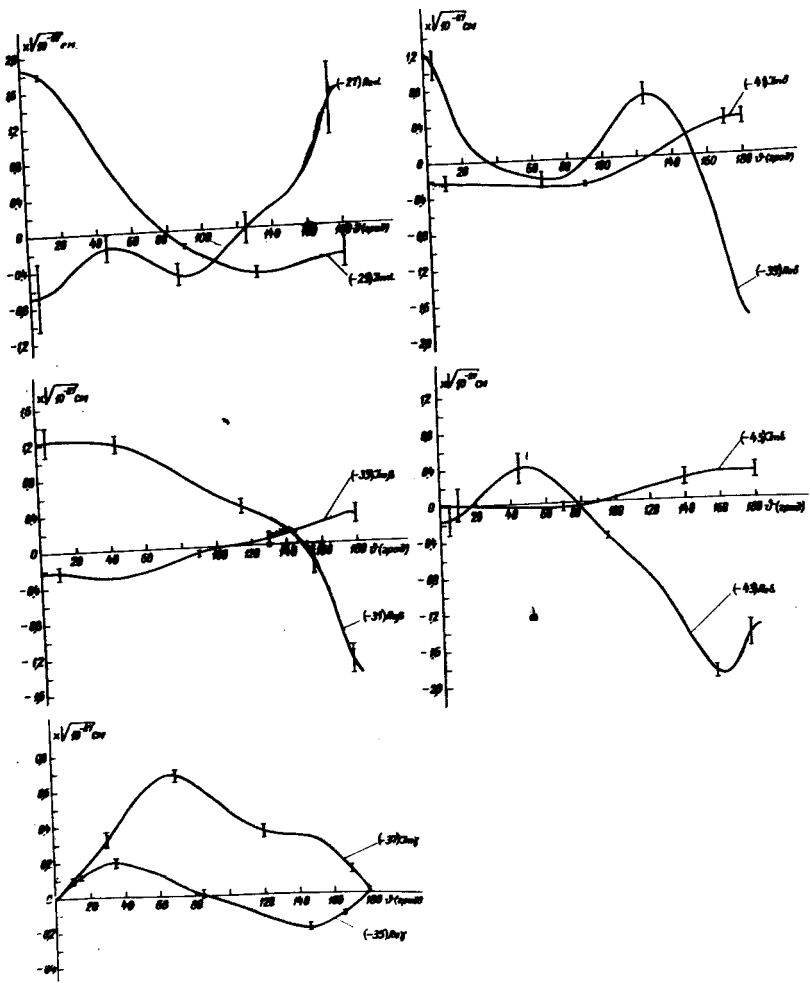


Рис. 3к. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды уругого пр-рассеяния при энергии 400 Мэв (фазовый набор $2^{1/2}$).

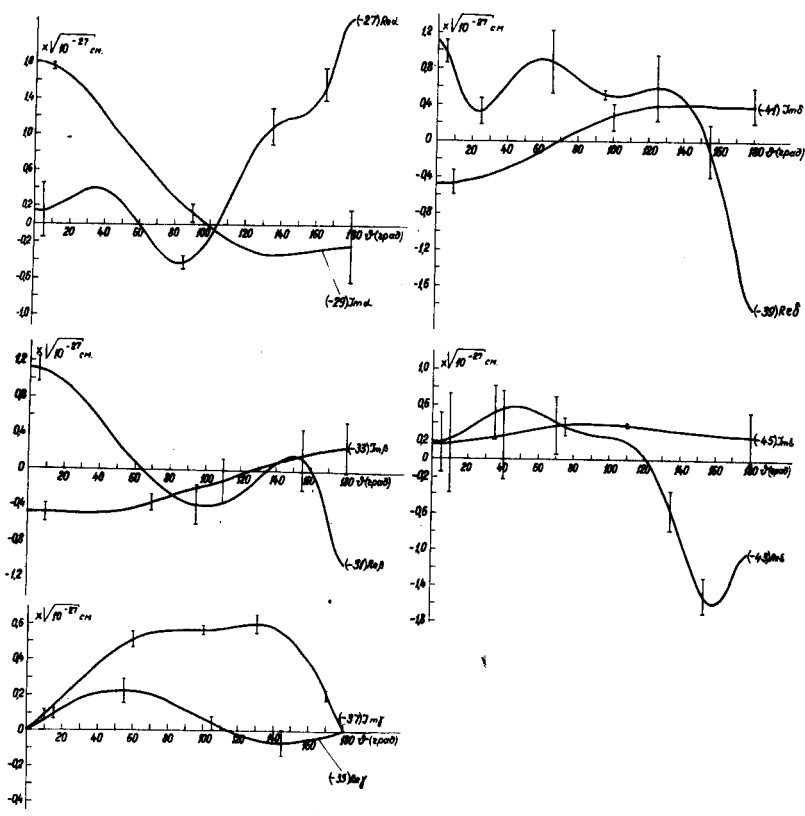


Рис. 3л. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого πp -рассеяния при энергии 400 Мэв (фазовый набор $4/1$).

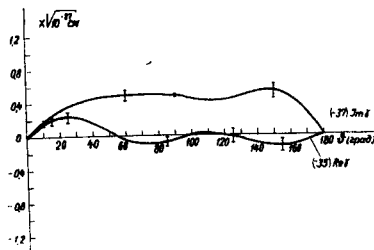
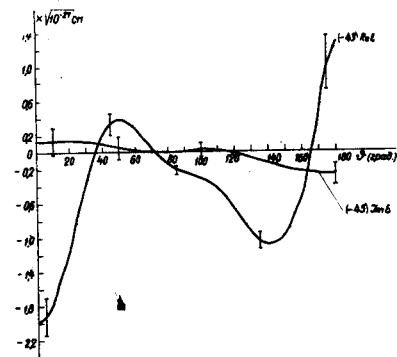
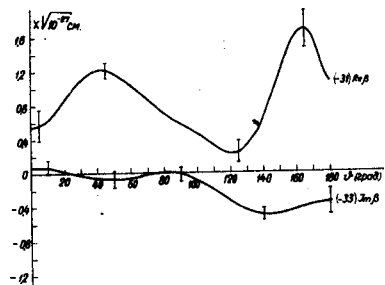
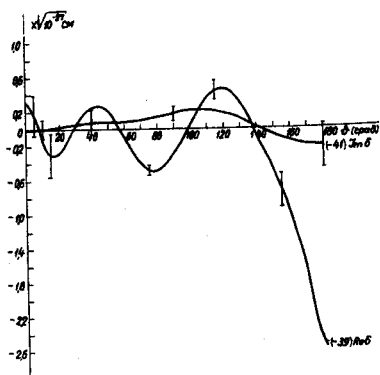
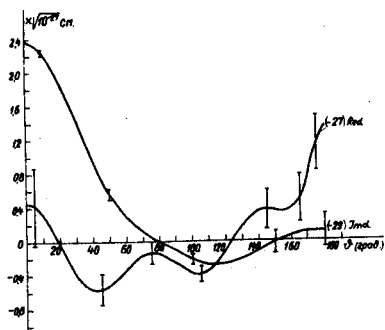


Рис. 3м. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого $\pi\pi$ -рассеяния при энергии 630 Мэв (фазовый набор $1/3$).

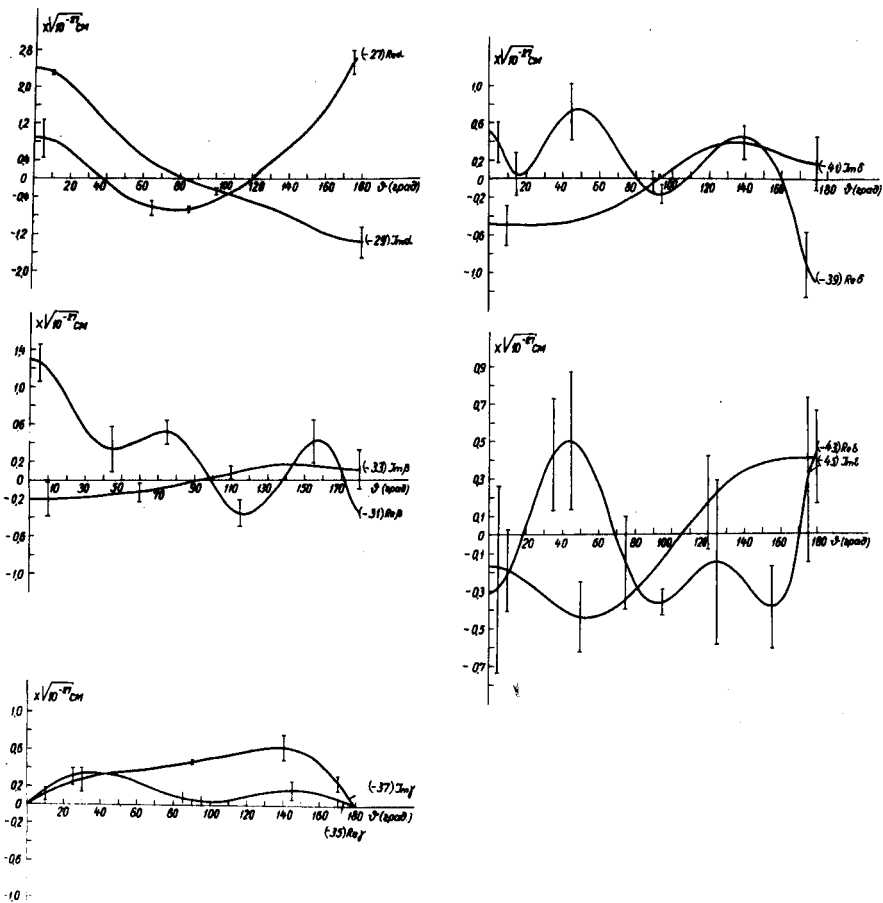


Рис. 3и. Угловая зависимость коэффициентов амплитуды упругого p-p -рассеяния при энергии 630 Мэв (фазовый набор $2^{3/4}$).

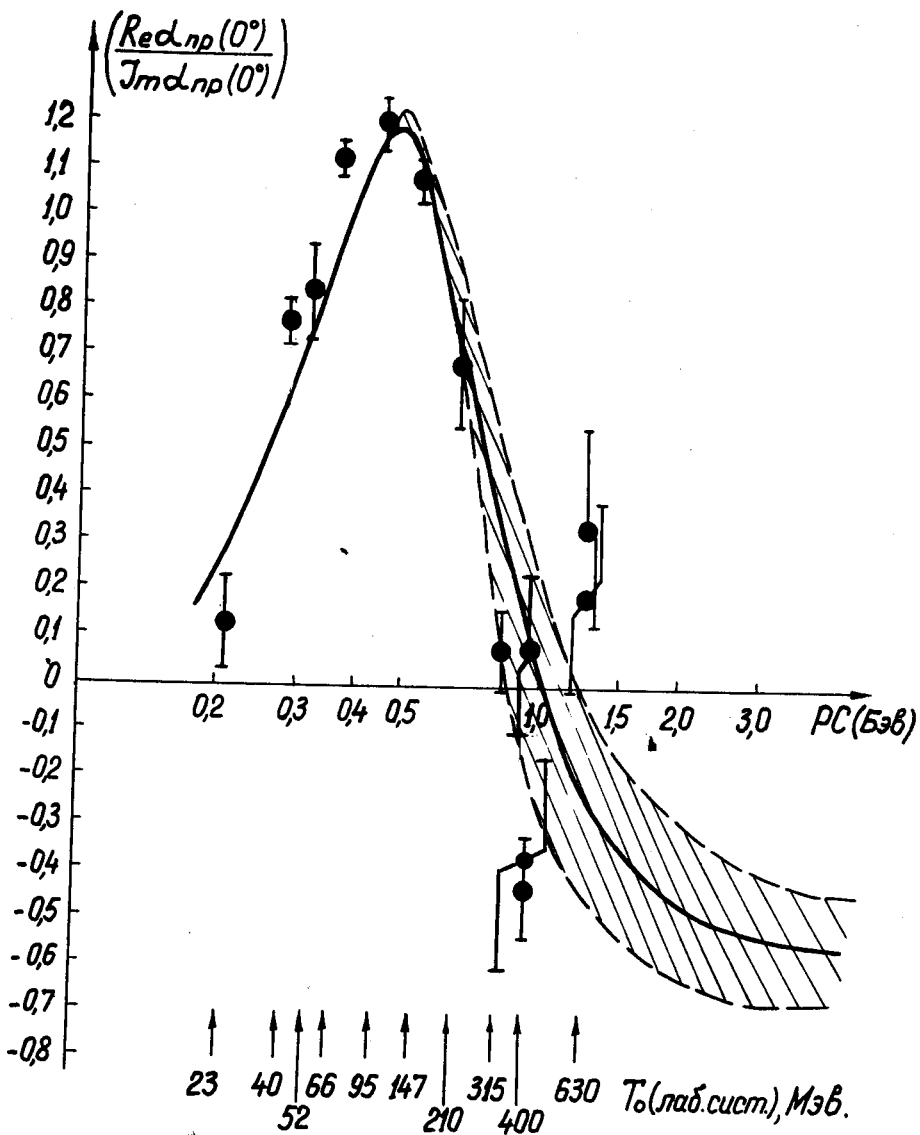


Рис. 4. Энергетическая зависимость отношения $Re a_{np}(0^\circ) / Im a_{np}(0^\circ)$. Сплошная кривая и заштрихованная область рассчитаны [8] на основе дисперсионных соотношений и определяют область ожидаемых значений $Re a / Im a$.

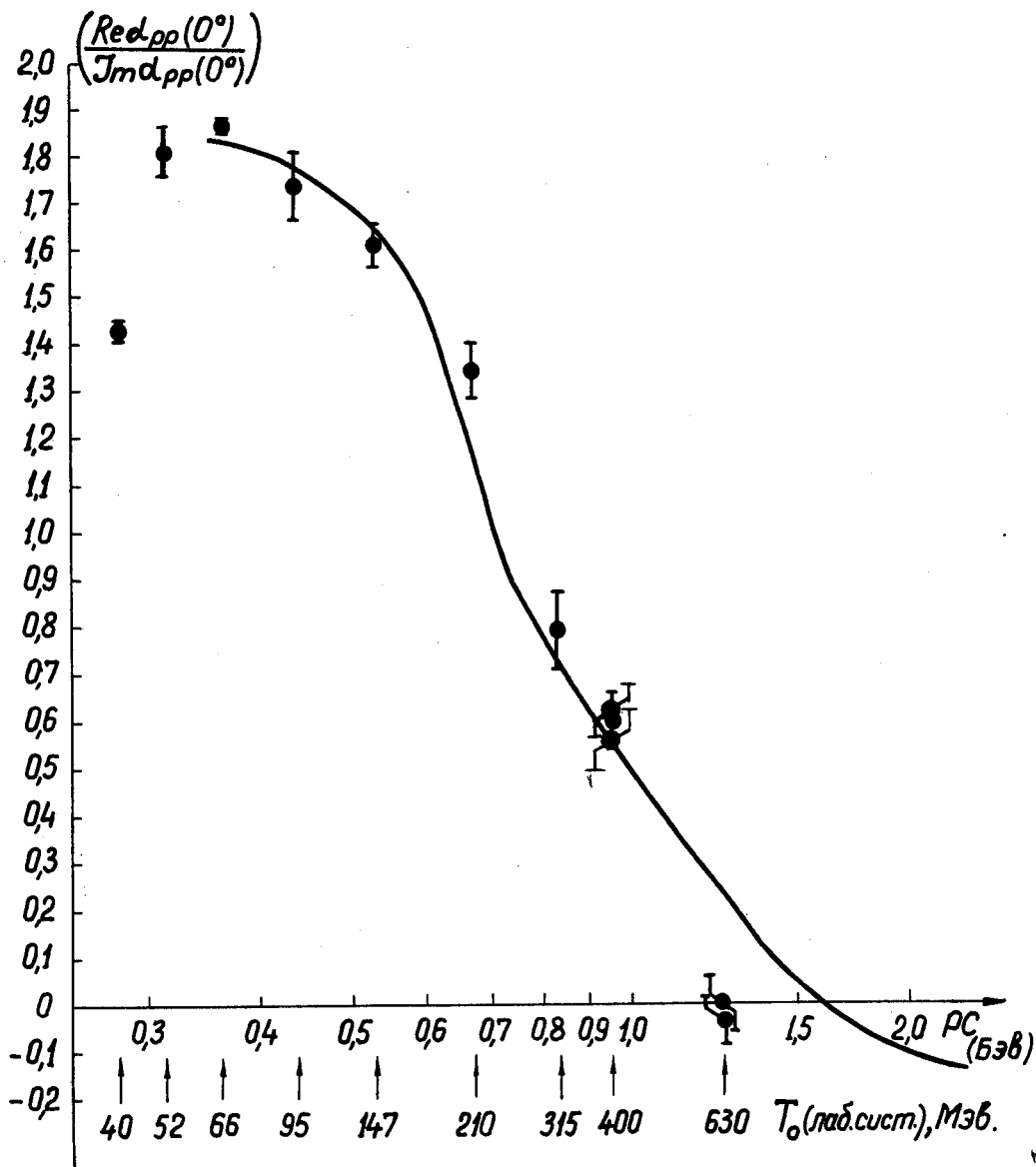


Рис. 5. Энергетическая зависимость $\frac{Re a_{pp}(0^\circ)}{Im a_{pp}(0^\circ)}$ для ядерного рассеяния протонов протонами ("pp-рассеяние без кулона"). Сплошная кривая рассчитана [77] на основе дисперсионных соотношений.