

30/XII-68

3-937

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 4155



Р.Я.Зулькарнеев, В.С.Киселев, В.С.Надеждин,
В.И.Сатаров

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ УПРУГОГО РР-РАССЕЯНИЯ
ПРИ ЭНЕРГИИ 635 МЭВ И СЕЧЕНИЯ НЕУПРУГИХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

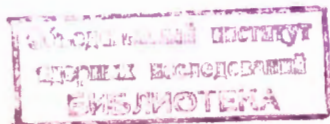
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1968

P1 - 4155

Р.Я.Зулькарнеев, В.С.Киселев, В.С.Надеждин,
В.И.Сатаров

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ УПРУГОГО РР-РАССЕЯНИЯ
ПРИ ЭНЕРГИИ 635 МЭВ И СЕЧЕНИЯ НЕУПРУГИХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ



В в е д е н и е

Известно, что фазовый анализ (ф.а.) является одним из таких методов обработки экспериментальных данных, который представляет результаты опыта в виде совокупности феноменологически подбираемых параметров. Анализ считается выполненным, если фазовые сдвиги найдены так, что ни изменение количества анализируемой информации, ни изменение исходных посылок анализа не меняют единственности и характера фазового решения.

В некоторых случаях (например, при энергиях выше порога рождения мезонов, где число искомых параметров велико) трудно сделать однозначный анализ сразу и задачу приходится решать в несколько этапов по мере накопления экспериментальных данных.

Особенно четко отмеченная особенность прослеживается на примере развития анализа pp -рассеяния в области 630–660 Мэв.

Впервые анализ в этой области выполнялся для синглетных состояний pp -системы на основе данных о сечении и коэффициентах корреляции и деполяризации /1/. Затем проводился более полный анализ двумя группами авторов /2,3/, который привел к нескольким примерно равновероятным решениям. В дальнейшем с появлением информации об угловой зависимости параметров R и A производилось уточнение ф.а., что привело к уменьшению числа решений /4/.

Однако значительная часть анализирувавшихся экспериментальных данных оказалась неверной из-за ошибки в определении поляризации пуч-

ка и ее пришлось перенормировать /5/, что привело к необходимости изменить значения параметров D_{nn} и C_{nn} .

После исправления и уточнения результатов в работе /5/ проводилось лишь уточнение полученного ранее фазового решения. При этом авторы /5/ не учли того чрезвычайно важного обстоятельства, что новая совокупность экспериментальных данных могла существенно деформировать прежнюю поверхность функционала χ^2 , образовав на ней дополнительные минимумы. Такие минимумы могут соответствовать неизвестным ранее решениям. Поэтому лишь убедившись в их отсутствии, можно заниматься какими-либо уточнениями уже известных решений.

Исходя из этого, мы провели поиск новых решений со случайных начальных значений фазовых сдвигов на основе тщательно отобранного современного экспериментального материала при различных предположениях о характере мезонообразования. Некоторые предварительные результаты этого ф.а. опубликованы в /6/. Результаты данной работы следует рассматривать как один из этапов анализа, сделанного в определенных предположениях, которые могут изменяться с изменением наших знаний о характере взаимодействия нуклонов.

Выбор экспериментального материала

В настоящей работе использовались данные, полученные, в основном, для узкой энергетической области 635–650 Мэв. Выборка материала проводилась следующим образом. При рассмотрении дифференциальных сечений предпочтение отдавалось результатам, полученным с помощью камерной методики при 650 ± 15 Мэв /7/, достоверность которых окупает относительную бедность статистики. Заметим, что эти результаты с точностью до ошибок измерений совпадают с данными по значениям сечений, интерполированными к энергии 635 Мэв. Результаты работы /8/ не анализировались по той причине, что их высокая статистическая точность не подкреплена тщательным разбором возможных систематических ошибок.

Величины поляризации, найденные в /5/ для энергии 667 Мэв, не принимались во внимание вследствие того, что пересчет этих результатов

к энергии 635 Мэв требует слишком детальных сведений об энергетической зависимости поляризации в широкой области углов и энергий. Поэтому результаты /5/ заменены более точными данными работы /6/, выполненной при 635 Мэв.

Нами использовались также исправленные с учетом результатов /5,6/ величины $D_{nn}(\theta)$ и результаты измерения параметра $R(\theta)$, относящиеся к энергии 635 Мэв.

Выбор параметра $C_{nn}(\theta)$ сопряжен с некоторыми трудностями. Имеются измерения угловой зависимости этого параметра на энергиях 575, 640 и 683 Мэв /9,1,10/. Сопоставление этих результатов дает основание предположить, что зависимость $C_{nn}(\theta)$ от энергии немонотонна. Более определенные высказывания делать пока трудно, поскольку статистически результаты /9,1,10/ различаются незначительно. Поэтому, учитывая тот факт, что информация об угловых зависимостях $C_{nn}(\theta)$ при энергиях 575 и 683 Мэв более полна, чем при энергии 640 Мэв, мы использовали линейно интерполированные к 635 Мэв данные об угловой зависимости $C_{nn}(\theta)$ /9,10/. Использовались также значения $C_{кр}(90^\circ)$ /11/ и σ_{tot} , найденные в /12/ для энергии 635 Мэв.

Метод и результаты анализа

Фазовые сдвиги находились способом, описанным ранее в работах /13,11/, с учетом релятивистских эффектов. Параметризация S матриц и связь полного сечения с амплитудой под 0° осуществлена согласно /2/.

Поиск минимумов χ^2 велся со случайных значений фазовых сдвигов в интервале χ^2 от $\bar{\chi}^2$ до $1,5\bar{\chi}^2$. Вещественные части фазовых сдвигов, соответствующие $\ell_{max} \geq 4,5$, вычислялись в полюсном однопионном приближении /15/. Для большей общности рассмотрения было проанализировано несколько вариантов, различавшихся величиной ℓ_{max} и подходом к учету мезообразования при соударении двух протонов. При этом, однако, на основании анализов, проведенных в /16,3/, всегда предполагалось, что рождение пионов происходит из $^3P_{0.1.2}$, 1D_2 и $^3F_{2,3}$ состояний pp -системы. Для облегчения поисков минимая

часть параметра смешивания $\epsilon_2 = \epsilon_2^{\text{Re}} + i\epsilon_2^{\text{Im}}$ полагалась нами равной нулю, а рождением пионов из 1S_0 -состояния пренебрегалось.

В первом варианте анализа мнимые части всех фазовых сдвигов в состояниях с $\ell = 1, 2, 3$ находились феноменологически. По способу учета разрешенных неупругих каналов этот анализ выполнен с минимальным произволом и является наиболее общим. Результаты приведены в табл. 1.

В следующем варианте мезообразование учитывалось согласно Хошизаки-Мачида /3/. В этом случае, оперируя с коэффициентами поглощения, усредненными по полному моменту J , можно сократить число параметров, необходимых для описания переходов с излучением пиона. Это рассмотрение, на наш взгляд, менее общее, чем предыдущее. Результаты этого анализа, приведенные в таблице 2, получены без привлечения данных о парциальных сечениях неупругих процессов $pp \rightarrow \pi^+ + p + p$;

$\pi^+ + d$, $\pi^0 + p + p$. Анализ с учетом этих данных, выполненный способом Хошизаки-Мачида /3/, при прочих равных условиях позволил заметно уменьшить статистическую ошибку определения фазовых сдвигов (см. таблицу 3).

Наконец, в последнем варианте сделана попытка учесть образование мезонов из высших состояний начальной pp -системы в приближении одномезонного обмена (см. таблицу 4). При этом мнимые части фазовых сдвигов в 3F_2 и 3F_3 состояниях вычислялись и фиксировались, а величины $\delta^{\text{Im}}(^3P_{0,1,2})$ и $\delta^{\text{Im}}(^1D_2)$ варьировались^{х)}.

Расчет значений $\delta^{\text{Im}}(^3F_2)$ и $\delta^{\text{Im}}(^3F_3)$ выполнялся следующим образом. Известно, что сечение поглощения в состоянии, характеризуемом квантовыми числами J, ℓ , дается выражением /17/

$$\sigma_{J, \ell} = \frac{\pi}{2k^2} (2J+1)(1 - |S_{J, \ell}|^2), \quad (1)$$

в котором k - волновой вектор падающего нуклона в с.п.м.;

$$|S_{J, \ell}| = e^{-2\delta^{\text{Im}}(J, \ell)}; \quad \delta^{\text{Im}}(J, \ell) -$$

^{х)} В случае последовательного выполнения этой процедуры для всех значений J такой анализ по аналогии с анализом, проведенным в /15/, можно было бы назвать дважды модифицированным.

мнимая часть фазового сдвига в состоянии (J, ℓ) , параметризованная согласно /2/. Применение к случаям с $\ell = 3$, $J = 2$ и 3 дает

$$\sigma_{3F_2} = \frac{5}{2k^2} [1 - e^{-4\delta^{Im}(^3F_2)}] = \sigma_{3F_2}^{\pi^0} + \sigma_{3F_2}^{\pi^+d} + \sigma_{3F_2}^{\pi^+np} \quad (2)$$

$$\sigma_{3F_3} = \frac{7}{2k^2} [1 - e^{-4\delta^{Im}(^3F_3)}] = \sigma_{3F_3}^{\pi^0} + \sigma_{3F_3}^{\pi^+d} + \sigma_{3F_3}^{\pi^+np} \quad (3)$$

Здесь $\sigma_{3F}^{\pi^0}$, $\sigma_{3F}^{\pi^+d}$ и $\sigma_{3F}^{\pi^+np}$ - сечения мезообразования в F-состояниях для каналов $pp \rightarrow \pi^0 pp$; $pp \rightarrow \pi^+ d$ и $pp \rightarrow \pi^+ np$, соответственно. В соответствии с /18/ в рассматриваемой нами области энергий (≈ 635 Мэв) можно пренебречь мезообразованием в 3F -состояниях начальной pp -системы в реакциях $pp \rightarrow pp \pi^0$ и $pp \rightarrow \pi^+ d$. Отсюда с точностью до ошибок эксперимента имеем

$$\delta^{Im}(^3F_2) = -\frac{1}{4} \log \left[1 - \frac{2\sigma_{3F_2}^{\pi^+np}}{5} k^2 \right] \quad (4)$$

$$\delta^{Im}(^3F_3) = -\frac{1}{4} \log \left[1 - \frac{2\sigma_{3F_3}^{\pi^+np}}{7} k^2 \right]. \quad (5)$$

Недавно группой итальянских авторов /19/ выполнены расчеты реакции $pp \rightarrow \pi^+ np$ в области энергий до 1,4 Гэв для различных спиновых состояний начальной pp -системы на основе рассмотрения одно-мезонной диаграммы. В соответствии с этими расчетами величины $\sigma_{3F_2}^{\pi^+np}$ и $\sigma_{3F_3}^{\pi^+np}$ равны 0,35 мб и 2,11 мб, соответственно. Подстановка их в (4) и (5) дает значения $\delta^{Im}(^3F_2) = 0,5^\circ$ и $\delta^{Im}(^3F_3) = 2,25^\circ$, которые и были использованы в последнем варианте анализа.

Обсуждение результатов

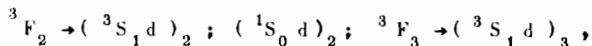
1. Проведенный анализ показал, что ни один из рассмотренных нами вариантов не приводит к однозначному (единственному) результату и, как видно из таблицы 4, характер найденных решений в значительной степени определяется предположениями относительно механизма мезообразования.

Общий вид решений таков, что все они характеризуются большими отрицательными значениями фазовых сдвигов в 1S_0 , 3P_0 , 3P_1 состояниях и положительными - в 3P_2 . Всюду невелик и равен $0,5+5^0$ параметр смешивания 3P_2 - и 3F_2 - волн. Эти общие результаты находятся в согласии с более ранними работами [2-5,21] (сравнение дано в Таблице 5).

Несмотря на существенную неопределенность полученных результатов, можно высказать и более четкие утверждения. Так, все наборы дают большие и примерно равные ($5+8$ мб) сечения образования пионов из 1D_2 - состояний.

Расчет, сделанный на основании найденных значений $\delta^{Im} (^3P_{0,1,2})$, $\delta^{Im} (^3F_{2,3})$, показал также, что образование мезонов из 3P и 3F - состояний PP - системы равновероятно во всех вариантах анализа (Таблица 6) и меняется в пределах ($3,5+6$) мб, согласно разным наборам.

Этот факт нам представляется важным, ибо он означает, что в анализируемой области энергий отсутствуют переходы с d - разлетом мезонов. В самом деле, если бы имели место интенсивные переходы x), например, типа



то при одинаковой роли 3P - и 3F - состояний в угловых распределениях $\pi^+, 0$ неизбежно возникли бы члены, пропорциональные $\cos^4 \theta_\pi$, что противоречит имеющимся экспериментальным результатам, полученным при энергиях 600-670 Мэв [20].

х) Мы используем розенфельдовскую запись переходов, допускаемых моделью Мандельштама [16].

Наконец, необходимо заметить, что значения полных неупругих сечений - $\sigma_{\text{tot}}^{\text{погл.}}$ меняются в интервале 12+20 мб. Если бы удалось ввести в анализ найденное из опыта значение этой величины, равное (16+2) мб, то можно было бы надеяться, что многозначность анализа заметно уменьшится. В связи с этим обстоятельством было бы полезно выполнить измерения $\sigma_{\text{tot}}^{\text{погл.}}$ с лучшей точностью.

Авторы выражают свою признательность Ю. М. Казаринову за обсуждение вопросов, затронутых в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Б. Головин, В. Желепов; Р. Зулькарнеев, Цуй Ва-чуан. ЖЭТФ, 44, 142 (1963).
2. R. Zul'karneev, I. Silin. Phys.Lett. 3, 265 (1963);
Р. Зулькарнеев, И. Силин. ЖЭТФ, 45, 664 (1963).
3. N. Hoshizaki, S. Machida. Prog.Theor.Phys. 29, 49 (1963).
Y. Hama, N. Hoshizaki. Prog.Theor.Phys. 31, 609 (1964).
4. L. Azhgirey, N. Klepikov, Y. Kumeikin, M. Mesheryakov, S. Nurushev, G. Stoletov. Phys.Lett., 6, 196, 1963.
И. Быстрицкий, Р. Зулькарнеев. ЖЭТФ, 45, 1169 (1963).
5. Л. Ажгирей, Ю. Кумекин, М. Мешеряков и др. Ядерная физика, 2, 892, 1965.
6. Р. Зулькарнеев, В. Киселев, В. Надеждин, В. Сатаров. Ядерная физика, 6, 995 (1967).
7. В. Гужавин, Г. Клигер, В. Колганов и др. ЖЭТФ, 47, 1228 (1964).
8. Н. Богачев, И. Взоров. ДАН, 99, 931, (1954); 108, 806 (1956).
9. G. Coignet, D. Cronenberger, K. Kuroda et al. Nuovo Cim., 48A, 709 (1966).
10. H. Dost, J. Arens, F. Betz et al. Phys.Rev., 153, 1394, 1967.
11. В. Никаноров, А. Писарев, Х. Позе, В. Петер. ЖЭТФ, 42, 1209 (1962).
12. В. Желепов, С. Медведь, В. Москалев. ДАН СССР, 104, 380 (1955).
13. H. Stapp, T. Ypsilantis, M. Metropolis. Phys.Rev., 105, 302, 1957.
14. С. Соколов, И. Силин. Препринт ОИЯИ, Д-810, Дубна, 1961.

15. M. Macgregor, M. Moravcsik, H. Stapp. *Ann.Rev.Nucl.Sci.* 10, 291 (1960).
16. S. Mandelstam. *Proc.Roy.Soc.* 244, 491 (1958).
17. J. Blatt, L. Biedenharn. *Phys.Rev.* 86, 399 (1952); *Rev.Mod.Phys.* 24, 258 (1952).
18. В. Л. Любошиц. Препринт ОИЯИ Р-1568, Дубна, 1964.
Л. Сороко. Препринт ОИЯИ Р-226, Дубна, 1958.
19. U. Amaldi, Jr., R. Biancastelli, S. Francaviglia. *Nuovo Cim.* 47, No.1 (1967).
20. А. Дунайцев, Ю. Прокошкин. *ЖЭТФ*, 36, 1656 (1959).
Б. Неганов, О. Савченко. *ЖЭТФ*, 32, 1265 (1957).
21. Л. Глonti, Ю. Казаринов, А. Розанова, И. Силин. Препринт ОИЯИ Р1-3525, Дубна, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 ноября 1968 года.

Таблица I

Состояния	$\ell_{\max} = 4$; $\bar{\chi}^2 = 80$	
	$\chi^2 = 83$	$\chi^2 = 95$
1S_0	$-17,8 \pm 3,9$	$-28,3 \pm 7,0$
3P_0	$-12,2 \pm 4,4$	$-47,3 \pm 17,9$
3P_1	$-19,0 \pm 4,7$	$-44,6 \pm 11,9$
3P_2	$37,7 \pm 4,7$	$19,3 \pm 3,2$
1D_2	$-1,3 \pm 4,7$	$11,5 \pm 2,9$
ϵ_2	$-1,4 \pm 4,5$	$-2,0 \pm 3,2$
3F_2	$-0,9 \pm 2,1$	$-3,9 \pm 2,6$
3F_3	$+3,3 \pm 2,0$	$-1,0 \pm 2,9$
3F_4	$8,8 \pm 0,9$	$3,2 \pm 1,4$
1G_4	$7,4 \pm 1,3$	$5,9 \pm 1,1$
	МНИМЫЕ ЧАСТИ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ.	
3P_0	$-9,4 \pm 7,6$	$7,7 \pm 14,5$
3P_1	$-4,8 \pm 3,4$	$9,6 \pm 13,6$
3P_2	$13,5 \pm 3,9$	$-0,6 \pm 4,6$
1D_2	$24,9 \pm 2,8$	$11,8 \pm 5,8$
3F_2	$3,3 \pm 2,8$	$4,0 \pm 3,3$
3F_3	$4,4 \pm 2,1$	$5,0 \pm 2,7$

Таблица 2.

Состояния	$l_{\max} = 5, \bar{\chi}^2 = 79$		
	$\chi^2 = 71$	$\chi^2 = 79$	$\chi^2 = 87$
1S_0	$-13,2 \pm 3,0$	$-26,1 \pm 4,4$	$-21,1 \pm 3,4$
3P_0	$-23,1 \pm 4,7$	$-41,3 \pm 7,5$	$-27,3 \pm 5,4$
3P_1	$-26,5 \pm 3,9$	$-40,7 \pm 6,5$	$-25,3 \pm 4,1$
3P_2	$33,3 \pm 1,3$	$19,5 \pm 2,4$	$38,7 \pm 1,6$
1D_2	$16,3 \pm 2,0$	$11,2 \pm 2,3$	$8,7 \pm 2,1$
ϵ_2	$0,4 \pm 1,7$	$-1,8 \pm 2,1$	$1,3 \pm 2,0$
3F_2	$-1,7 \pm 1,0$	$-7,8 \pm 2,6$	$-2,4 \pm 1,4$
3F_3	$-3,0 \pm 1,9$	$-3,4 \pm 1,6$	$4,2 \pm 1,9$
3F_4	$5,3 \pm 1,4$	$1,0 \pm 1,3$	$2,5 \pm 1,8$
1G_4	$7,6 \pm 0,7$	$4,6 \pm 0,9$	$5,5 \pm 1,0$
ϵ_4	$-2,0 \pm 1,1$	$-3,2 \pm 1,3$	$-2,3 \pm 1,2$
3H_4	$-3,2 \pm 0,9$	$1,0 \pm 1,0$	$-3,1 \pm 0,8$
3H_5	$-2,1 \pm 1,4$	$-3,1 \pm 1,1$	$-1,8 \pm 1,4$
3H_6	$-2,8 \pm 0,9$	$1,5 \pm 0,5$	$-3,4 \pm 0,9$

Мнимые части фазовых сдвигов

3P_0	}	$2,8 \pm 0,6$	$2,5 \pm 0,8$	$5,3 \pm 0,9$
3P_1				
3P_2				
1D_2		$13,4 \pm 3,1$	$10,9 \pm 5,3$	$-0,6 \pm 1,8$
3F_2	}	$2,1 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,5$	$3,9 \pm 0,3$
3F_3				

ПРИМЕЧАНИЕ: фазовые сдвиги получены без привлечения данных о сечениях процессов $pp \rightarrow \pi^0 pp, \pi^+ d, \pi^+ np$.

Таблица 3

Состояния	$f_{\max} = 5, \bar{X}^2 = 77$	
	$\chi^2 = 77,2$	$\chi^2 = 81,1$
1S_0	$-12,6 \pm 2,6$	$-23,9 \pm 3,5$
3P_0	$-20,8 \pm 3,3$	$-41,5 \pm 7,4$
3P_1	$-29,2 \pm 2,8$	$-43,1 \pm 3,0$
3P_2	$33,4 \pm 1,3$	$19,2 \pm 2,0$
1D_2	$15,5 \pm 1,6$	$10,9 \pm 2,2$
ϵ_2	$0,5 \pm 1,7$	$-1,9 \pm 2,1$
3F_2	$-1,9 \pm 1,1$	$-6,2 \pm 2,4$
3F_3	$3,0 \pm 1,9$	$-3,0 \pm 1,4$
3F_4	$4,1 \pm 1,4$	$1,6 \pm 1,2$
1G_4	$7,2 \pm 0,7$	$4,6 \pm 0,8$
Мнимые части фазовых сдвигов		
$^3P_{0,1,2}$	$3,9 \pm 0,4$	$3,5 \pm 0,5$
1D_2	$6,6 \pm 0,5$	$8,5 \pm 0,5$
$^3F_{2,3}$	$2,6 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,3$

ПРИМЕЧАНИЕ:

в рамках работы /3/ использованы данные о неупругих реакциях $pp \rightarrow \pi^0 pp$,
 $pp \rightarrow \pi^+ d$, $pp \rightarrow \pi^+ pr$.

Решения табл.2 с $\chi^2 = 71, 87$ и $\chi^2 = 79$ перешли при уточнении в решения с $\chi^2 = 77,2$ и $81,1$, соответственно.

Таблица 4

Состояния	$l_{\max} = 5, x^2 = 78$		
	$x^2 = 83,8$	$x^2 = 86,1$	$x^2 = 96,2$
1S_0	$-23,5 \pm 5,2$	$-20,8 \pm 5,3$	$-23,4 \pm 6,9$
3P_0	$-25,6 \pm 5,0$	$-25,7 \pm 4,2$	$-32,2 \pm 12,2$
3P_1	$-22,0 \pm 5,4$	$-32,1 \pm 4,5$	$-40,8 \pm 13,4$
3P_2	$34,3 \pm 3,5$	$27,7 \pm 2,9$	$23,8 \pm 4,6$
1D_2	$4,9 \pm 5,8$	$12,0 \pm 4,5$	$11,2 \pm 2,9$
1D_2	$-4,3 \pm 2,4$	$-5,8 \pm 1,9$	$-5,8 \pm 2,9$
3F_2	$-7,0 \pm 1,6$	$-2,7 \pm 3,1$	$-0,8 \pm 3,3$
3F_3	$2,5 \pm 3,1$	$4,8 \pm 2,6$	$3,1 \pm 2,2$
3F_4	$1,2 \pm 2,2$	$6,2 \pm 2,7$	$5,9 \pm 2,4$
1G_4	$5,8 \pm 1,2$	$5,8 \pm 5$	$4,3 \pm 1,7$
1G_4	$-3,5 \pm 1,2$	$-4,2 \pm 0,7$	$-4,4 \pm 1,1$
3H_4	$-1,1 \pm 0,8$	$-4,8 \pm 1,0$	$0,0 \pm 1,7$
3H_5	$-3,7 \pm 1,4$	$-0,6 \pm 1,7$	$0,0 \pm 1,2$
3H_6	$-0,9 \pm 0,8$	$-2,8 \pm 1,1$	$1,3 \pm 1,0$
мнимые части фазовых сдвигов			
3P_0	$-6,4 \pm 5,4$	$-5,5 \pm 6,1$	$-3,0 \pm 14,5$
3P_1	$+2,0 \pm 5,9$	$6,3 \pm 2,8$	$6,9 \pm 10,7$
3P_2	$8,1 \pm 6,3$	$3,6 \pm 2,8$	$4,2 \pm 7,6$
1D_2	$26,5 \pm 4,8$	$20,5 \pm 4,4$	$17,1 \pm 9,2$
3F_2	0,50	0,50	0,50
3F_3	2,25	2,25	2,25

Таблица 5

Состояния	Результ. раб. /2I/		Результ. раб. /2I/		Работа /5/
	$\chi^2 = 237$	$\chi^2 = 249$	$\chi^2 = 241$	$\chi^2 = 234$	$\chi^2 = 114,7$
1S_0	-27,2±2,5	-26,1±3,0	-29,8±2,5	-18,4±3,0	-28,5±9,6
3P_0	-52,7±7,8	-30,1±4,4	-53,5±6,5	-20,3±2,8	-33,5±14,0
3P_1	-37,4±2,0	-16,0±2,7	-40,2±3,2	-28,3±2,2	-28,5±4,6
3P_2	17,8±1,4	40,7±2,5	17,7±1,2	35,1±1,3	26,0±4,0
1D_2	5,7±2,5	-2,0±2,1	5,5±1,7	10,0±1,6	4,8±4,2
ϵ_2	-2,2±1,6	-2,0±1,2	-1,9±1,2	3,2±1,0	-3,7±2,8
3F_2	-6,2±1,5	-8,6±0,5	-9,8±1,3	-4,2±0,6	-2,1±1,8
3F_3	-1,0±1,6	4,6±0,8	-2,7±1,1	1,4±0,8	-1,2±5,9
3F_4	3,00±0,6	0,6±0,7	1,7±0,7	3,7±0,7	4,8±1,0
1G_4	5,4±0,7	4,0±0,7	4,0±0,6	5,8±0,6	4,9±1,9
Мнимые части фазовых сдвигов					
3P_0	-	-	} 2,3±0,7	} 2,7±0,5	0,98±0,21 ^е
3P_1	-	-			1,26±0,21 ^е
3P_2	3,6±1,4	12,0±2,2			0,69±0,18 ^ж
1D_2	5,3±3,4	20,6±1,6	8,3±2,8	10,0±2,6	0,65±0,04 ^ж
3F_2	3,3±2,1	0,0±0,0	} 2,8±0,3	} 2,6±0,3	0,97±0,06 ^ж
3F_3	10,3±3,1	1,8±0,8			0,60±0,08 ^ж

ПРИМЕЧАНИЕ: (ж) приведены значения параметра поглощения.

Таблица 6

Сечение погл. в мб.	Решения таб.1		Решения таб.2		Решения таб.3	Решения таб.721/	
	$\chi^2=83$	$\chi^2=95$	$\chi^2=71$	$\chi^2=79$	$\chi^2=77,2$	$\chi^2=233,8$	$\chi^2=237$
$\sigma_{\text{погл}} (^3\text{P})$	6,3±1,1	3,9±3,0	3,2±0,4	3,0±0,5	4,4±0,2	3,2±0,3	2,3±0,8
$\sigma_{\text{погл}} (^1\text{D})$	8,5±0,4	5,8±1,8	6,3±0,9	5,5±1,8	4,7±0,2	5,2±0,9	3,2±1,8
$\sigma_{\text{погл}} (^3\text{F})$	6,0±1,6	6,8±1,9	3,4±0,3	3,48±0,5	4,1±0,2	7,20±0,3	9,5±1,5
$\sigma_{\text{погл}}^{\text{tot}}$	20,8	17,5	12,9	12,0	13,2	15,6	15,0

Экспериментальное значение $\sigma_{\text{погл}}^{\text{tot}} = (16,0 \pm 2,0) 10^{-27} \text{ см}^2$