

Изучение рождения ρ -мезонных пар
в двух-фотонных соударениях на
детекторе L3.

И. Воробьев, С. Нестеров,
Г. Султанов, О. Федин

8 июля, 2003
Ядерный семинар

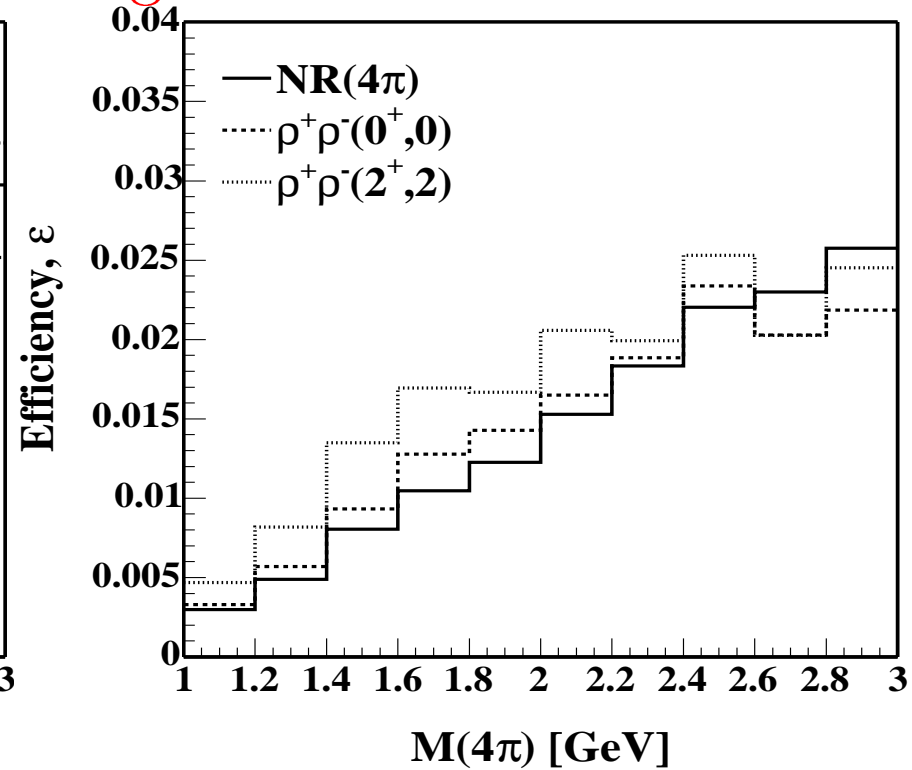
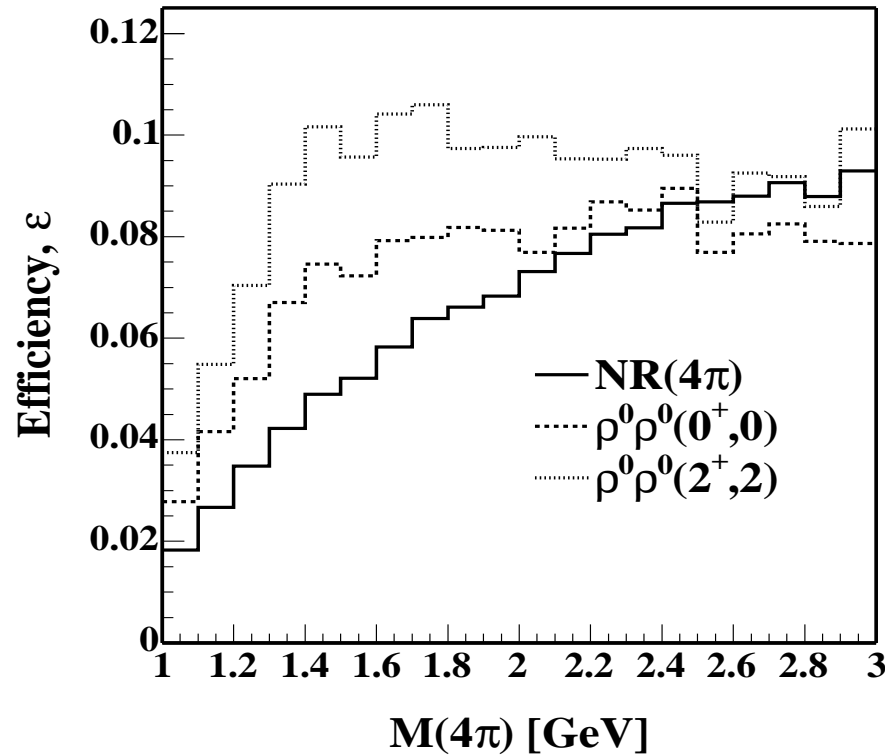
Эксклюзивное рождение $\rho\rho$ при $Q^2 \approx 0$

- ❖ высокоэнергетический период работы LEP
($161 < \sqrt{s} < 208$ ГэВ),
полная интегральная светимость $\mathcal{L}_{e^+e^-} = 697.7 \text{ pb}^{-1}$
- ❖ $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$
 - * 4 трека с нулевым суммарным зарядом
 - * отсутствие фотонов
 - * $dE/dx \text{ CL}(4\pi) > 6\%$
- ❖ $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\pi^+\pi^0\pi^-\pi^0$
 - * два трека с нулевым суммарным зарядом
 - * $dE/dx \text{ CL}(2\pi) > 6\%$
 - * 4 фотона $E_\gamma > 100 \text{ MeV}$
 - * два π^0 определяются из фита с наложенными связями
- ❖ $p_t^2(4\pi) < 0.02 \text{ ГэВ}^2$

Отобрано $\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ — 74859 событий (72775 в $1.0 < W_{\gamma\gamma} < 3.0$ ГэВ)
Для $\pi^+\pi^0\pi^-\pi^0$ — 7535 (6932 в $1.0 < W_{\gamma\gamma} < 3.0$ ГэВ).

Акцептанс детектора и эффективность

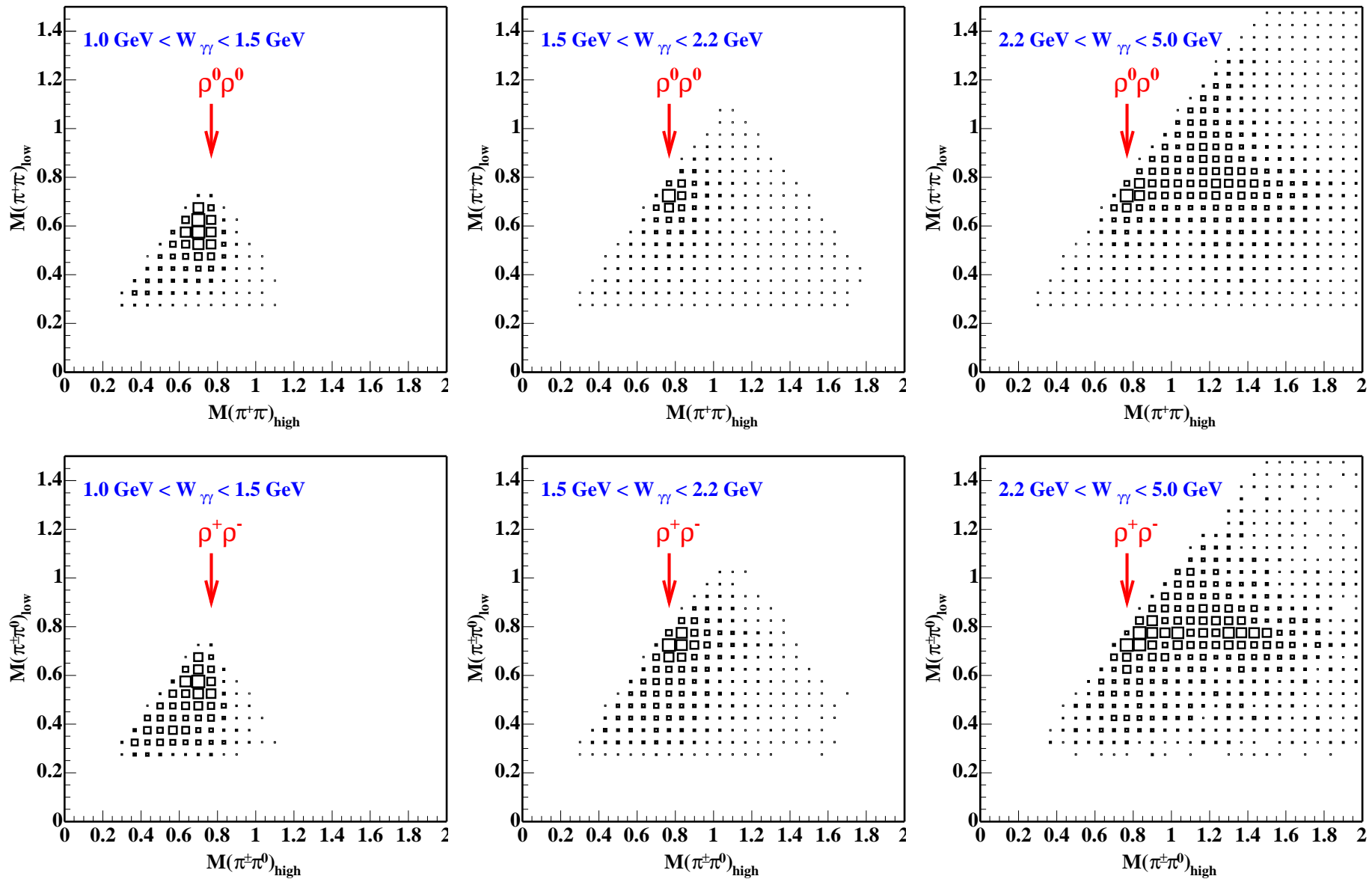
Акцептанс детектора и эффективность отбора ε определяется из MC (EGPC generator [F. Linde, Ph.D Thesis, 1988])



Эффективность триггера определяются из данных:

- ◆ 96.8% for $\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$
- ◆ 68.8% for $\pi^+\pi^0\pi^-\pi^0$

Двух-пионные спектры для $Q^2 \approx 0$



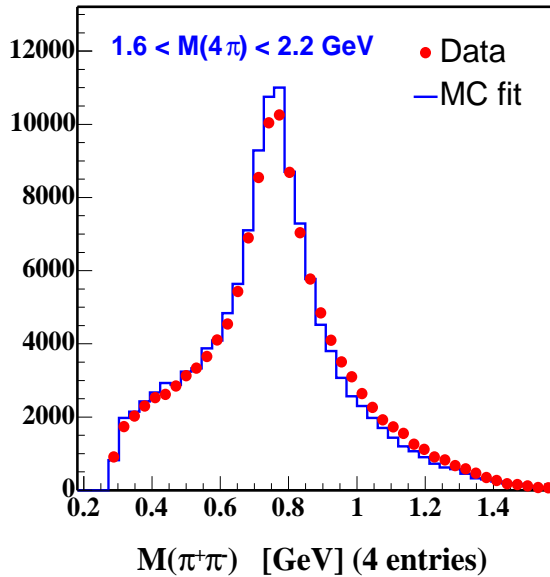
Парциально-волновой анализ

- ❖ Проводится в диапазоне $1.0 < W_{\gamma\gamma} < 3.0$ ГэВ
- ❖ Используется модель рождения $\rho\rho$ в различных состояниях спин-четности и спиральности и нерезонансное рождение 4π [M.Althoff et al. Z.Phys.C16,1982]
 - * $A_{\rho\rho} \sim BW_{12}BW_{34} \Psi_{JP J_z L S}^{1234} + \text{perm.}$
 - * $A_{4\pi} \sim 1$
- ❖ $\rho\rho(J^P, J_z) = (0^+, 0), (2^+, 2), (0^-, 0), (2^+, 0), (2^-, 0(1, 2))$, а также изотропный канал 4π , без интерференции; существенные $\rho\rho$ состояния: 0^+ и $(2^+, 2)$; 4π — эффективный фон.
- ❖ Вычисление $\overline{|A_{\rho\rho}|^2}$ с помощью МС
- ❖ Определение доли каждого состояния в 100 МэВ-ных интервалах $W_{\gamma\gamma}$ с помощью функции максимального правдоподобия

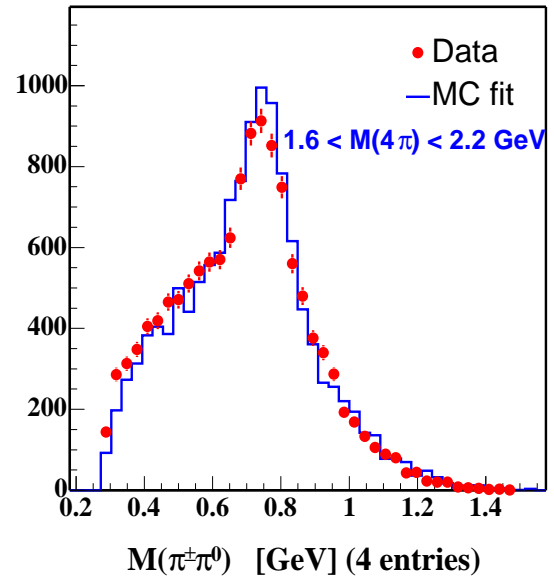
Сравнение результатов фита с данными

- $M(\pi^+\pi^-)$ и $M(\pi^\pm\pi^0)$

спектр $M(\pi^+\pi^-)$

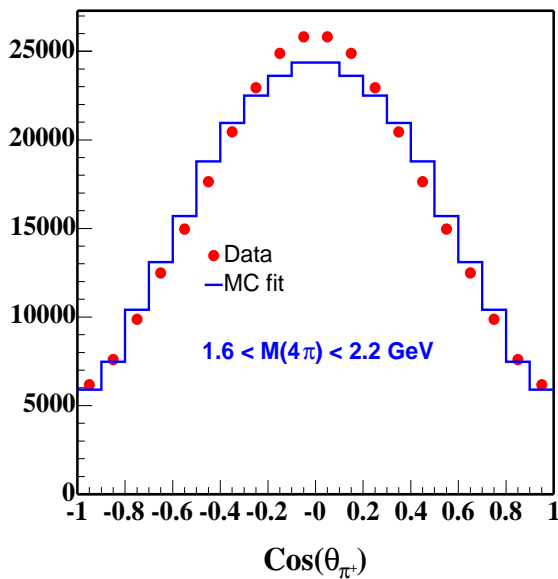


спектр $M(\pi^\pm\pi^0)$

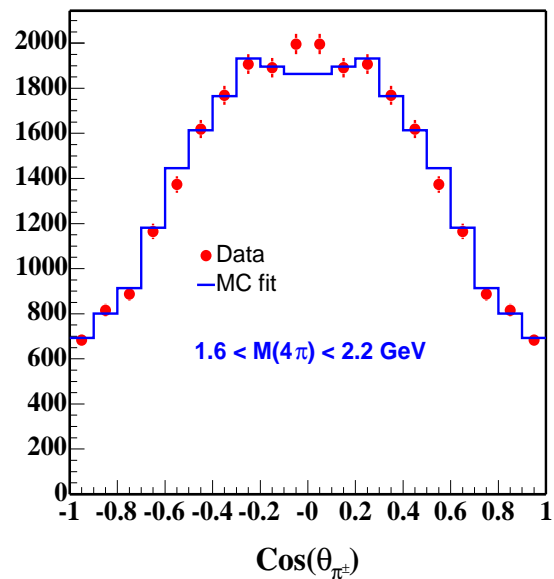


- Угол пиона в С.Ц.М. ρ относительно направления пучка

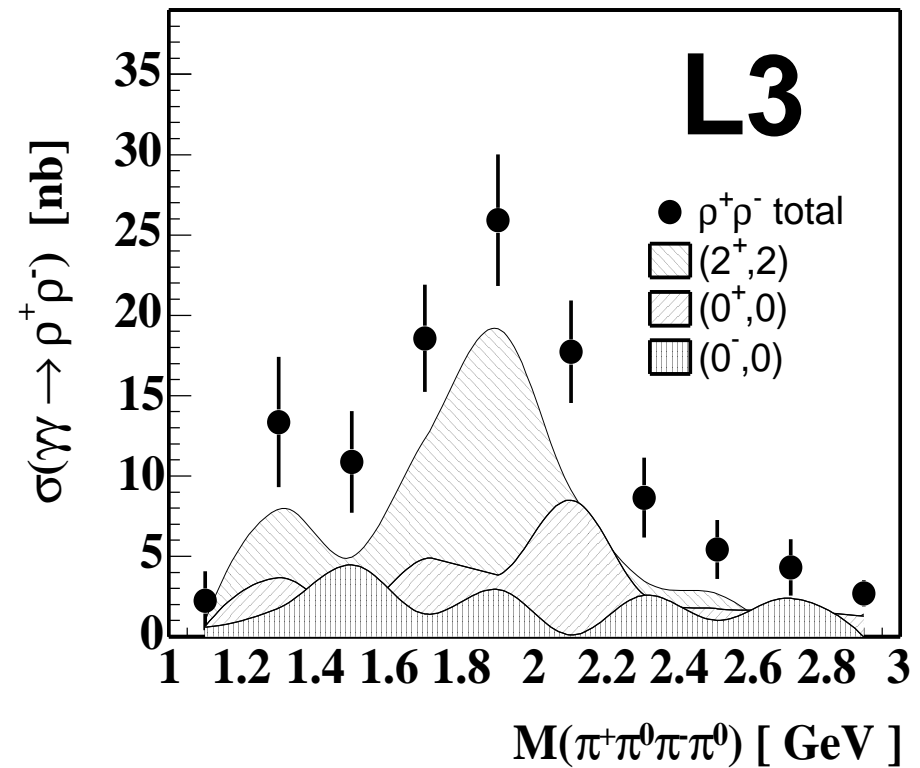
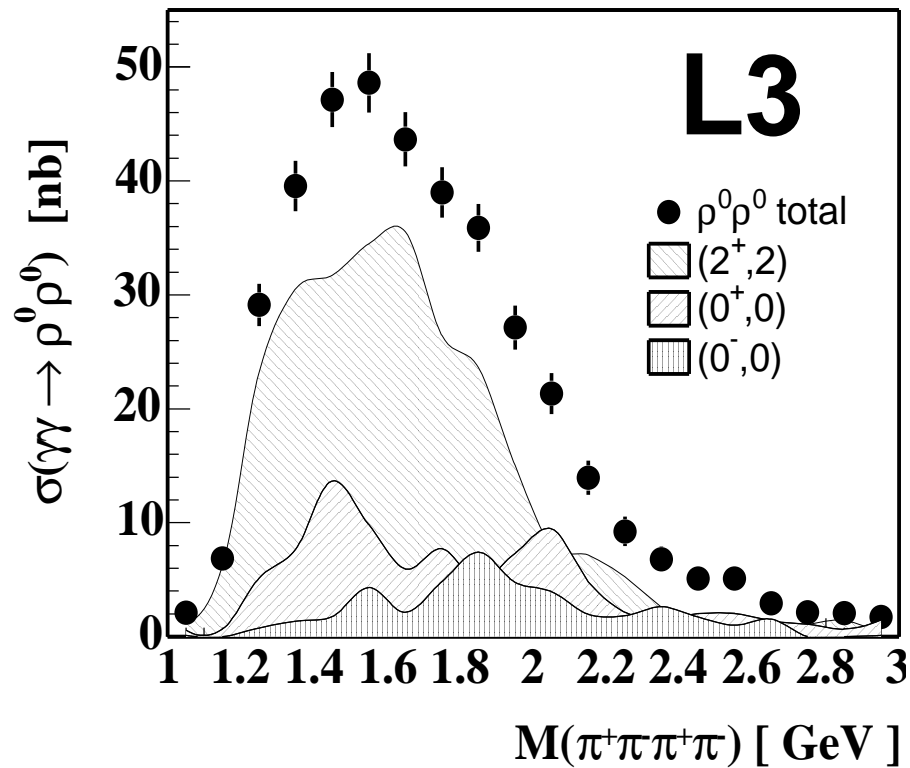
угол π^+ в ρ^0 С.Ц.М.



угол π^\pm в ρ^\pm С.Ц.М.

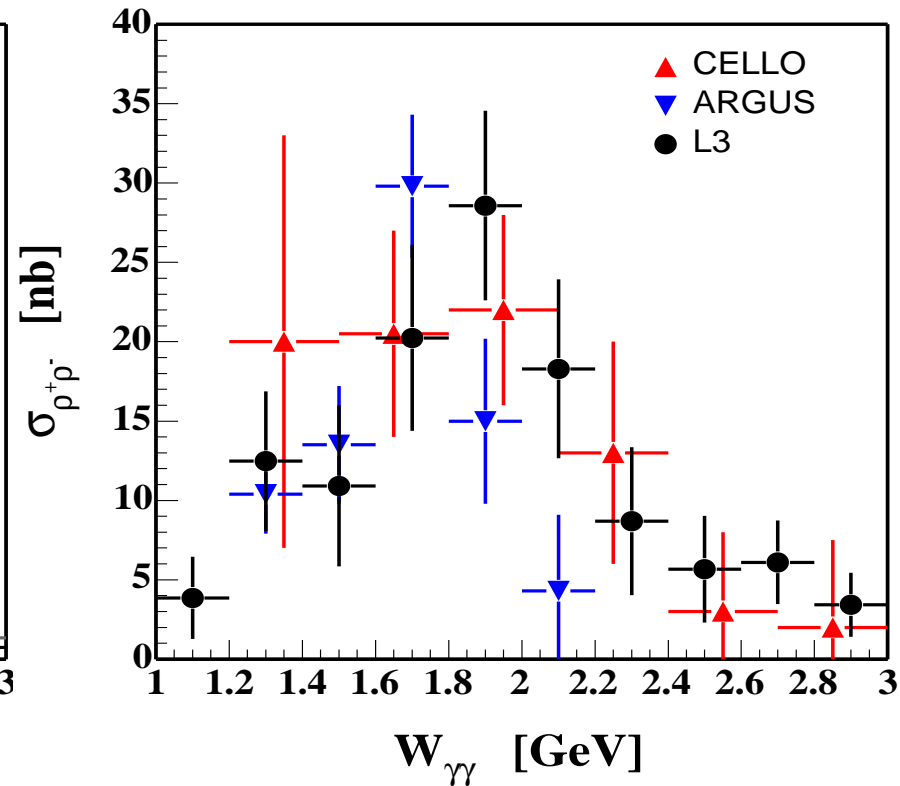
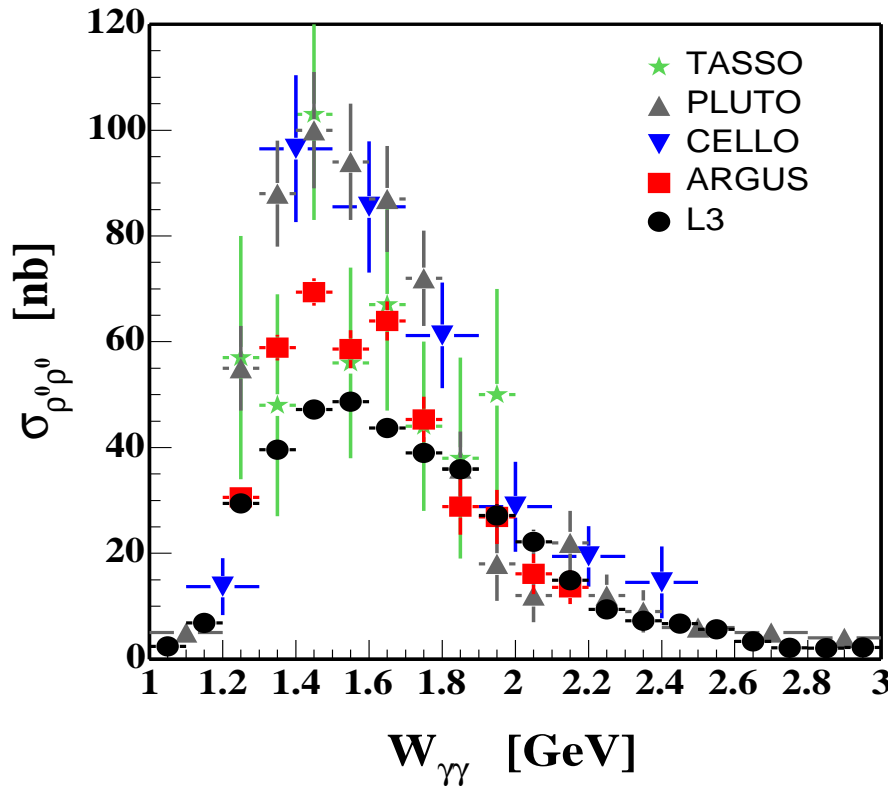


Сечение реакций $\gamma\gamma \rightarrow \rho\rho$



- Полное сечение рождения $\rho\rho$ и сечения существенных парциальных волн
- Отношение сечений $\sigma(\rho^0 \rho^0)/\sigma(\rho^+ \rho^-)$ в области $1.4 < W_{\gamma\gamma} < 1.6$ ГэВ не совместимо с изоспином $I = 0, 1$
- Возможно рождение экзотических состояний с $I = 2$.

Сравнение сечений $\gamma\gamma \rightarrow \rho\rho$ с предыдущими измерениями



⇒ Значительное увеличение сечения $\gamma\gamma \rightarrow \rho^0\rho^0$ вблизи границы $\rho^0\rho^0$, отсутствие аналогичного поведения для $\gamma\gamma \rightarrow \rho^+\rho^-$

⇒ Набранная статистика на порядок больше по сравнению с предыдущими измерениями

Обзор теоретических моделей

- ❖ Vector Meson Dominance (VDM): $\gamma\gamma \rightarrow \rho^0\rho^0$ упругое рассеяние.

$$\frac{d\sigma}{dt}(\gamma\gamma \rightarrow \rho^0\rho^0) \sim \left(\frac{p^*}{k^*}\right)^2 \frac{d\sigma}{dt}(\rho^0\rho^0 \rightarrow \rho^0\rho^0).$$

Представляет только померонный вклад, вблизи границы рождения неприменима.

- ❖ t-канальная факторизация: $\gamma\gamma \rightarrow V_1V_2$:

$$\sigma(\gamma\gamma \rightarrow V_1V_2) = \sum_i \frac{\sigma^i(\gamma N \rightarrow V_1 N) \sigma^i(\gamma N \rightarrow V_2 N) F_{\gamma N}^2}{\sigma^i(NN \rightarrow NN) F_{NN} F_{\gamma\gamma}}.$$

Применение этой факторизации неправомерно вблизи границы.

- ❖ Скалярные и тензорные $q^2\bar{q}^2$ состояния из MIT-мешочной модели. Н. Ачасов et al.
 $\gamma\gamma \rightarrow f(1273, 2^+) + E(\underline{36}, 2^+) + C^0(\underline{36}, 2^+) + C^0(\underline{9}, 2^+) \rightarrow \rho\rho$
- ❖ Аналогичный подход В. Ли и К. Ли. Также включают в реакцию 0^{++} состояния.

Рождение $\rho^0\rho^0$ при $1.2 < Q^2 < 30 \text{ ГэВ}^2$

❖ Одиночный таг

$$e^+e^- \rightarrow e^+e_{\text{tag}}^-\gamma\gamma^* \rightarrow e^+e_{\text{tag}}^-\rho^0\rho^0$$

* тагированный электрон $25 < \theta < 68$ мрад

* $p_t^2(e_{\text{tag}}\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-) < 0.2 \text{ ГэВ}^2$

* $E_{\text{tag}} > 80\% E_{\text{beam}}$

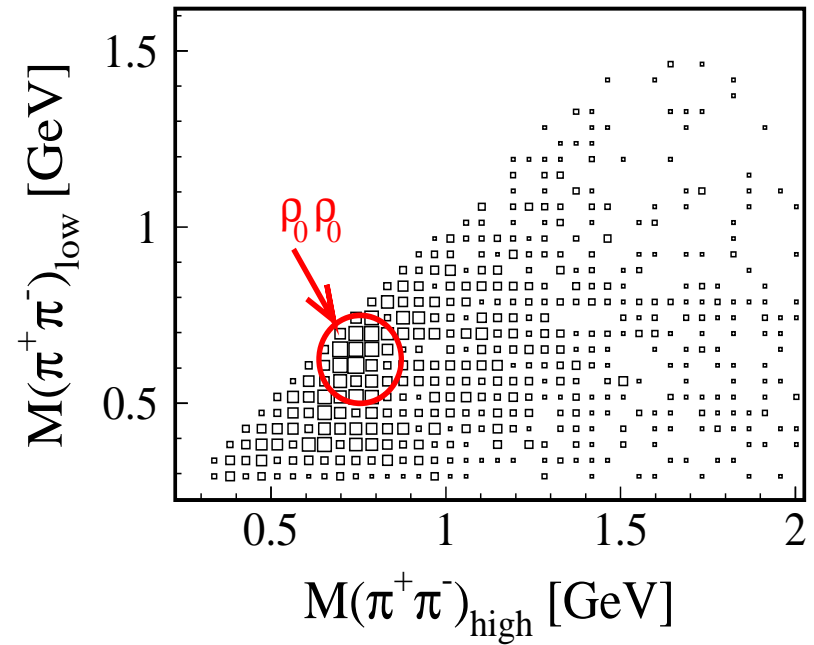
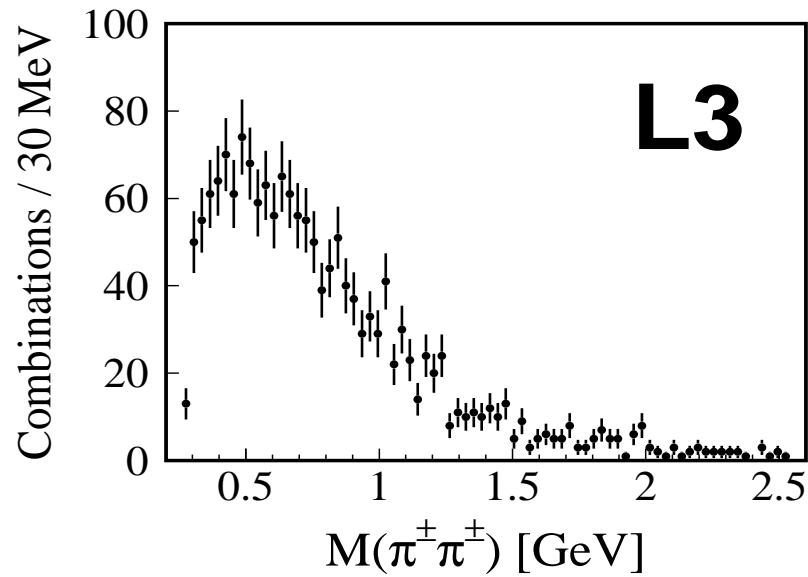
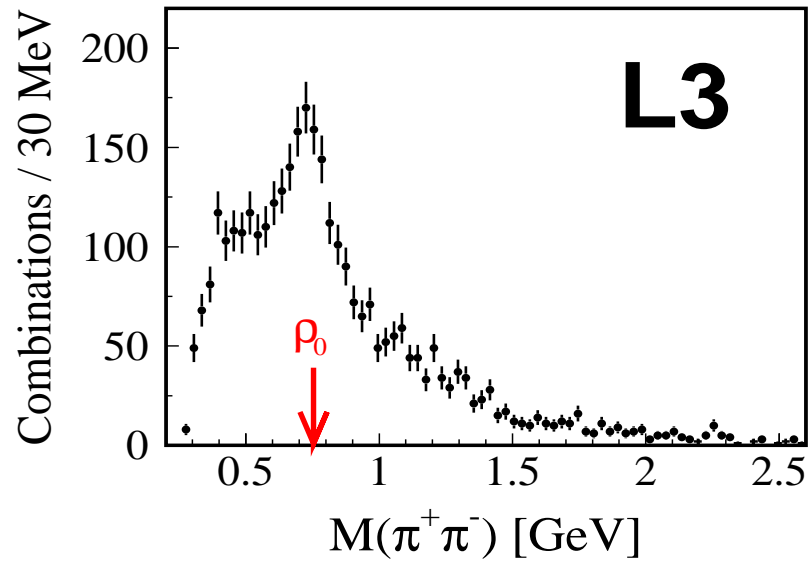
⇒ вблизи Z-полюса ($\sqrt{s} \approx 91 \text{ ГэВ}$) $1.2 < Q^2 < 8.5 \text{ ГэВ}^2$,
 $\mathcal{L}_{e^+e^-} = 148.7 \text{ пбн}^{-1}$

⇒ высокоэнергетический период ($\sqrt{s} \approx 195 \text{ ГэВ}$)
 $8.8 < Q^2 < 30 \text{ ГэВ}^2$, $\mathcal{L}_{e^+e^-} = 706.0 \text{ пбн}^{-1}$

⇒ за период LEP1 851 событий с $W_{\gamma\gamma} > 1 \text{ ГэВ}$

⇒ за период LEP2 498 событий с $W_{\gamma\gamma} > 1 \text{ ГэВ}$

$M(\pi^+\pi^-)$ спектры для тагированных событий

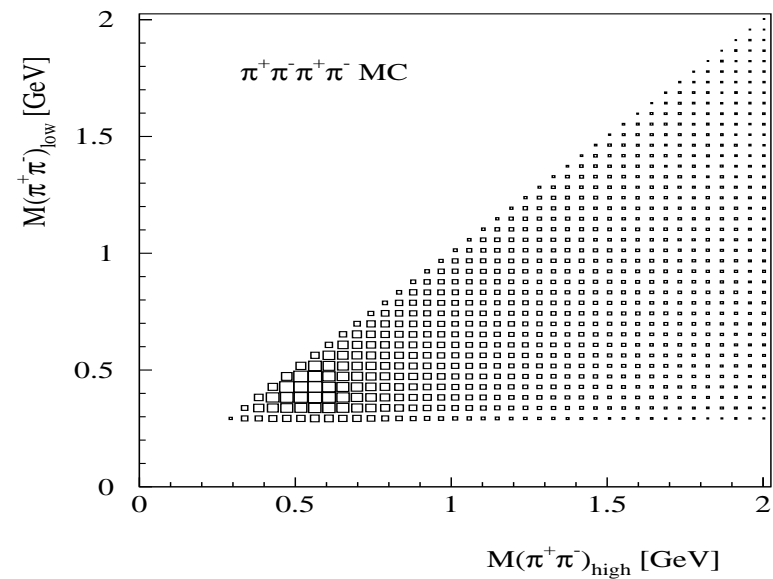
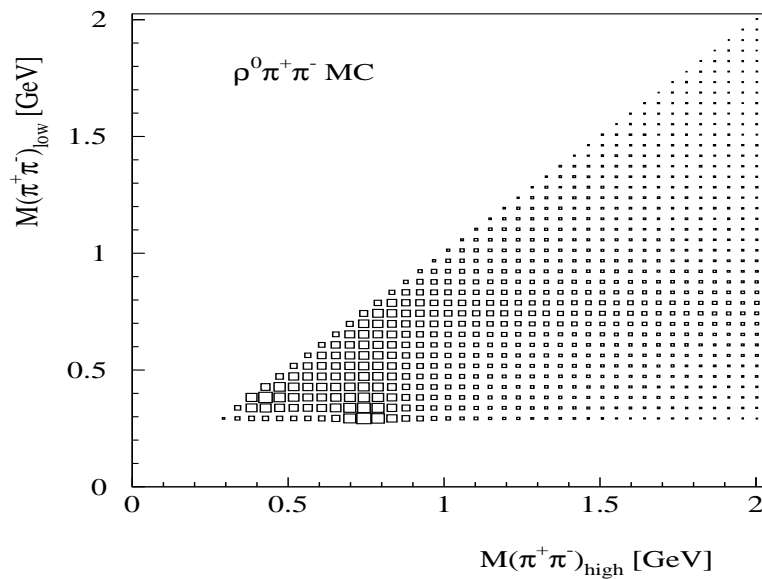
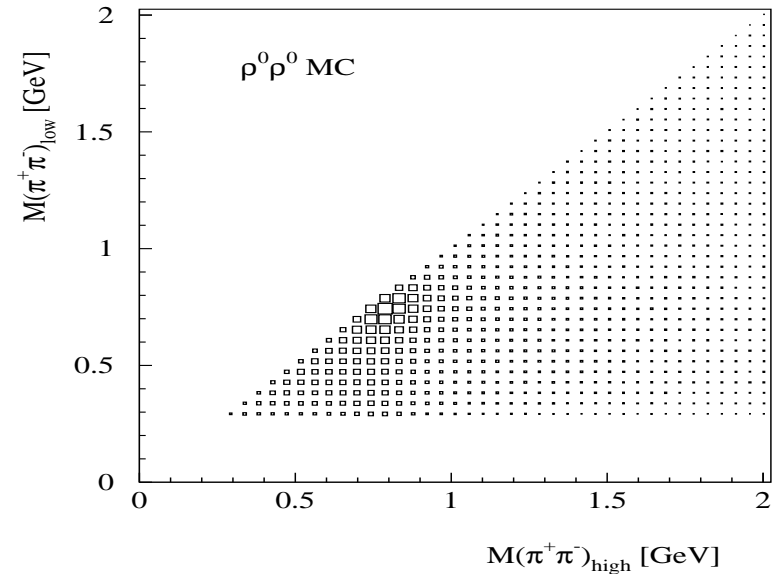


Бокс-метод [D.M.Schmidt et al. NIM A328(1993)]

2 миллиона MC событий для
каждого канала

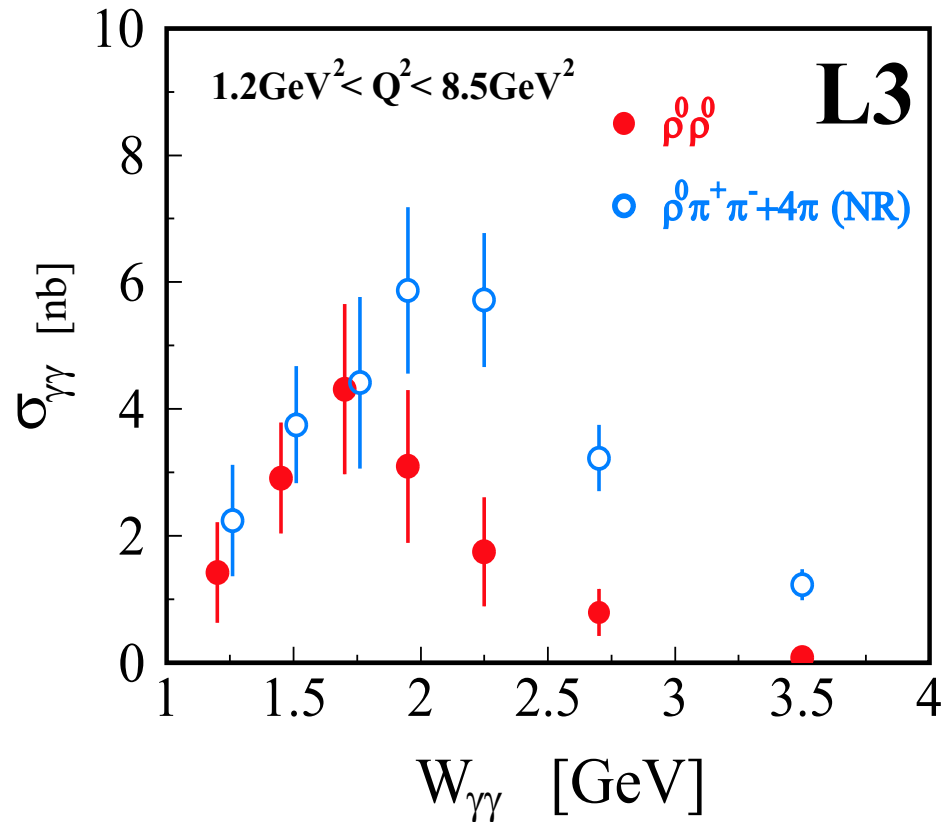
- ❖ $\gamma\gamma^* \rightarrow \rho^0 \rho^0$
- ❖ $\gamma\gamma^* \rightarrow \rho^0 \pi^+ \pi^-$
- ❖ $\gamma\gamma^* \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$

Максимизация функции
правдоподобия

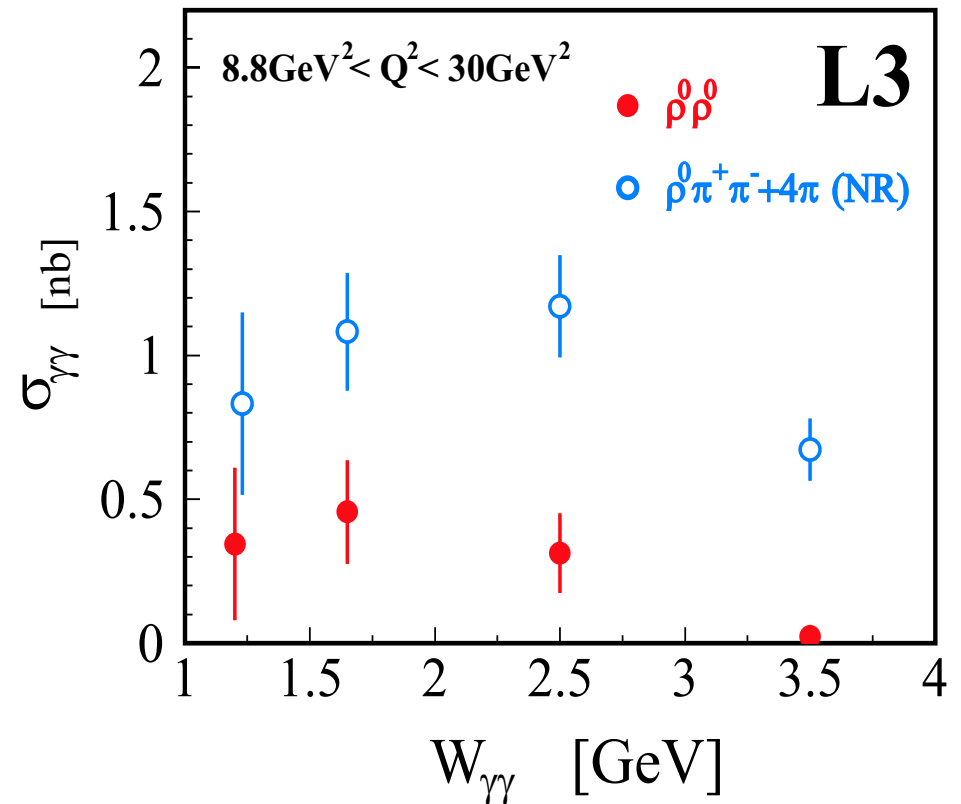


Сечение для $\gamma\gamma^* \rightarrow \rho^0\rho^0$

данные для LEP1

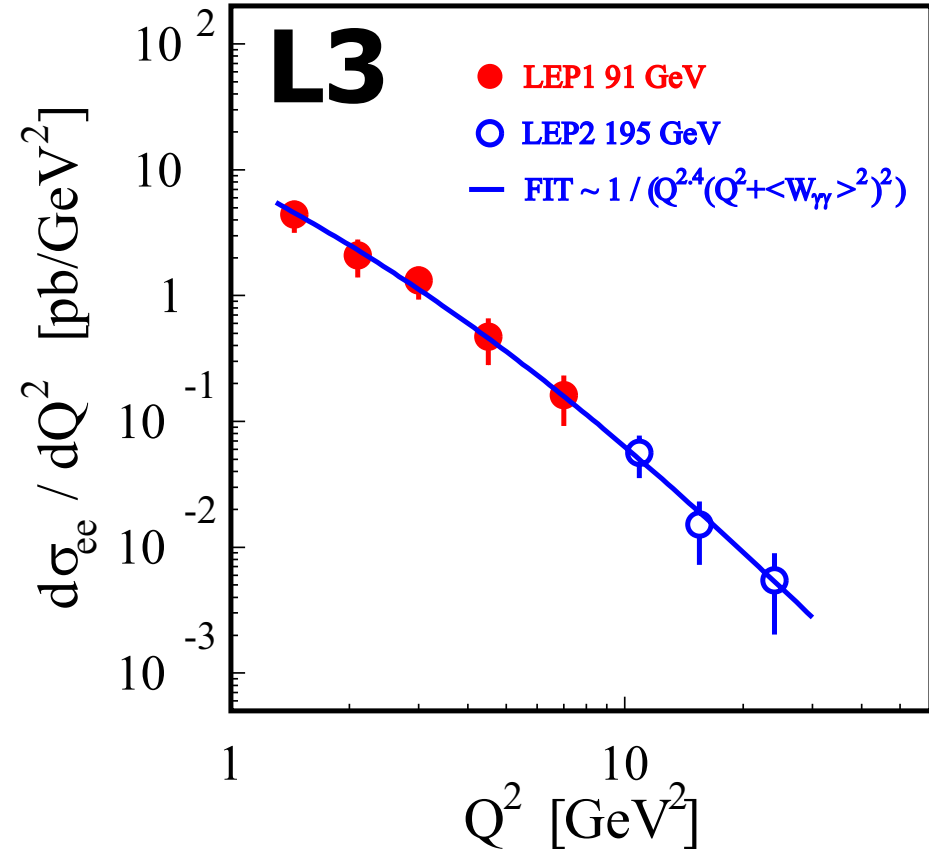
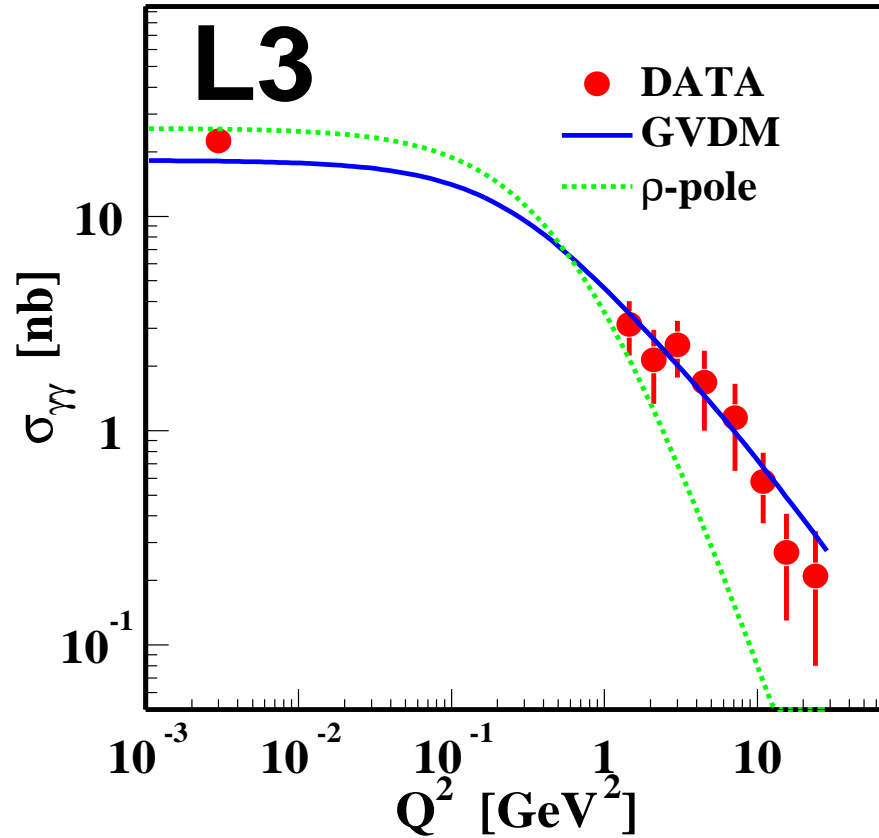


данные для LEP2



- Увеличение сечения вблизи границы $\gamma\gamma \rightarrow \rho^0\rho^0$ аналогичное измерению при $Q^2 \approx 0$
- Выбран интервал $1.1 < W_{\gamma\gamma} < 3.0$ ГэВ для вычисления Q^2 -зависимости

Зависимость сечений от Q^2 .



- Q^2 -зависимость описывается GVDM форм-фактором через несколько порядков Q^2
- поведение дифференциального сечения $e^+e^- \rightarrow e^+e^- \rho^0 \rho^0$ отвечает КХД предсказанию $\sim Q^{-n} (Q^2 + \langle W_{\gamma\gamma} \rangle^2)^{-2}$, $n = 2$, $n_{\text{fit}} = 2.4 \pm 0.3$

Заключение

- ❖ Эксклюзивное рождение $\rho\rho$ при $Q^2 \approx 0$
 - * Измерены сечения с бóльшей точностью, статистика на порядок больше, чем в предыдущих измерениях
 - * Доминирует состояние $(J^P, J_z) = (2^+, 2)$. Резкое увеличение $\rho^0\rho^0$ рождения вблизи границы
 - * Отношение сечений $\sigma(\rho^0\rho^0)/\sigma(\rho^+\rho^-)$ не совместимо с изоспином $I = 0, 1$
 - * Возможное теоретическое объяснение — рождение 4-х кварковых состояний
- ❖ Эксклюзивное рождение $\rho^0\rho^0$ при высоких Q^2
 - * Аналогичное $Q^2 \sim 0$ измерению увеличение $\rho^0\rho^0$ рождения вблизи границы
 - * Хорошее согласие с КХД предсказанием для дифференциального сечения $d\sigma_{e^+e^-}/dQ^2$. Данные для разных LEP-периодов и разных Q^2 описываются одним и тем же КХД предсказанием
 - * GVDМ форм-фактор хорошо описывает Q^2 зависимость сечения $\sigma_{\gamma\gamma}$ и отвечает измерению при $Q^2 \approx 0$