

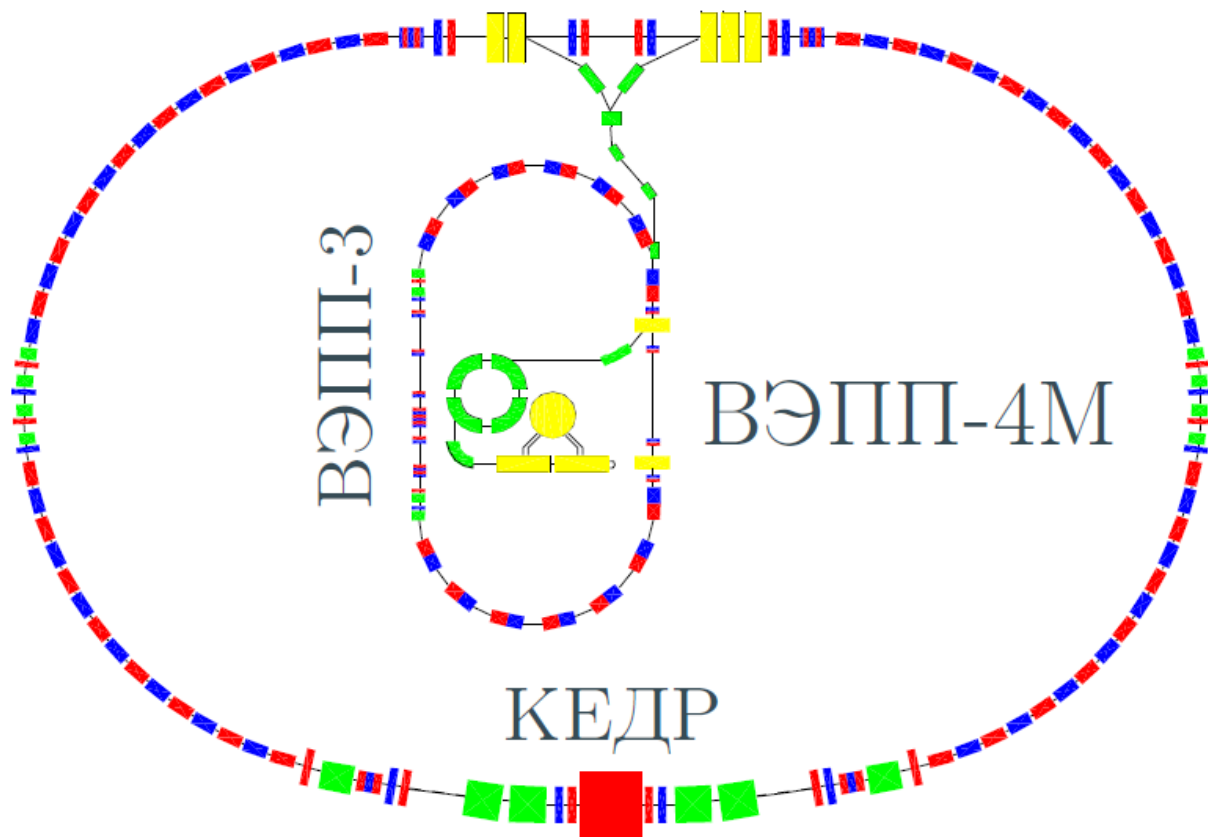


# Измерение $\Gamma_{ee} \cdot \text{Br}(\text{адроны})$ J/ψ-мезона

Харламова Татьяна

Сессия ЯФ ОФН РАН 2013

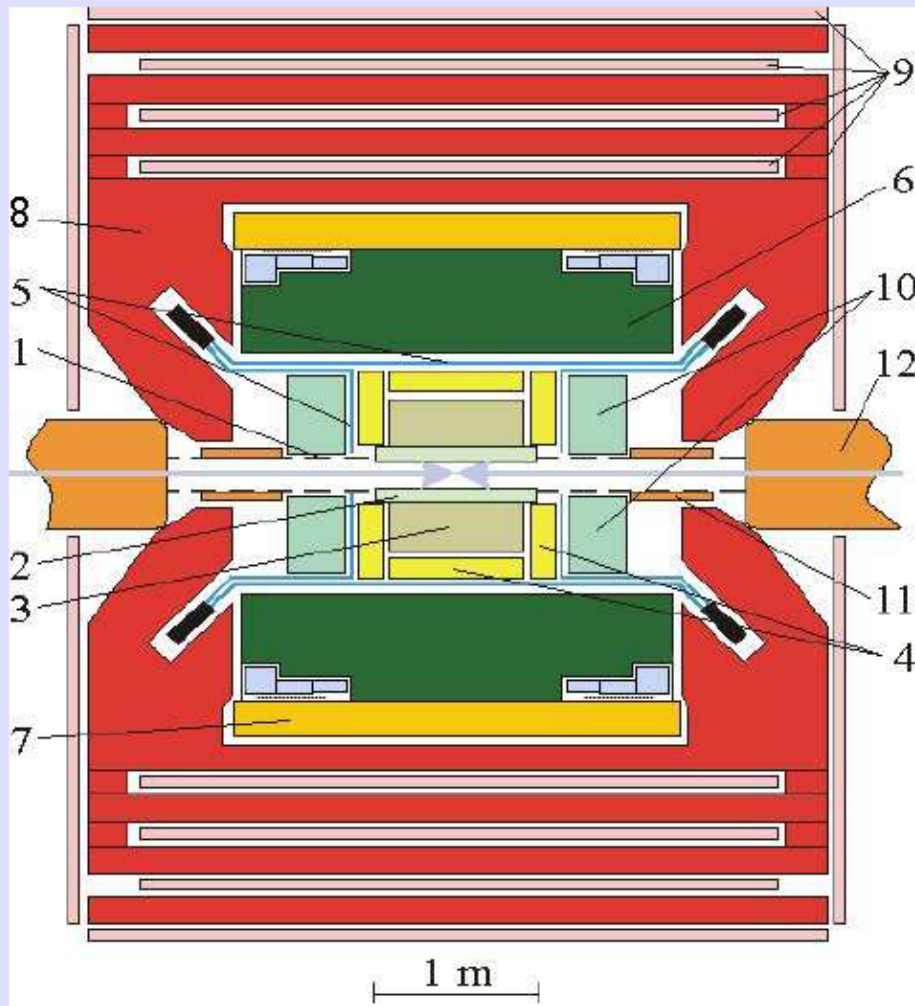
# Ускорительный комплекс ВЭПП-4М



- Энергия пучка  $1 \div 6$  ГэВ
- Число банчей  $2 \times 2$
- Для  $E = 1.5$  ГэВ
  - Ток в пучке 1.5 мА
  - Светимость  $10^{30} \frac{1}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$

- Измерение энергии методом резонансной деполяризации:
  - Точность однократного измерения  $\simeq 1 \times 10^{-6}$
  - Точность интерполяции  $(5 \div 15) \times 10^{-6}$  (10 ÷ 30 кэВ)

# Детектор КЕДР



- 1 вакуумная камера
- 2 вершинный детектор
- 3 дрейфовая камера
- 4 аэрогелевые черенковские счётчики
- 5 время-пролётная система
- 6 цилиндрический LKr калориметр
- 7 сверхпроводящая катушка
- 8 ярмо магнита
- 9 мюонная система
- 10 торцевой CsI калориметр

# Эксперимент

В марте 2005 г. было проведено сканирование  $J/\psi$  резонанса  
Интегральная светимость составила  $230 \text{ нб}^{-1}$  ( $\sim 250$  тыс.  $J/\psi$ )

## Отбор многоадронных событий

Число частиц в событии  $\geq 3$

$\geq 2$  треков из области пучка ( $\rho < 2 \text{ см}$ )

$\geq 1$  трека из места встречи ( $\rho < 2 \text{ см}$ ,  $z < 13 \text{ см}$ )

Энерговыделение в калориметре  $> 600 \text{ МэВ}$

Сферичность по заряженным трекам  $> 0.05$

## Отбор $e^+e^-$ событий

2 кластера с энергией  $> 450 \text{ МэВ}$  каждый

Суммарная энергия этих двух кластеров  $> 2 \text{ ГэВ}$

Кластеры лежат в диапазоне углов от  $40^\circ$  до  $140^\circ$  от оси пучков

Выделившаяся в калориметре энергия, не приписанная этим двум кластерам, меньше  $10\%$  от полного энерговыделения

$\leq 3$  дополнительных кластеров с энергией  $> 40 \text{ МэВ}$

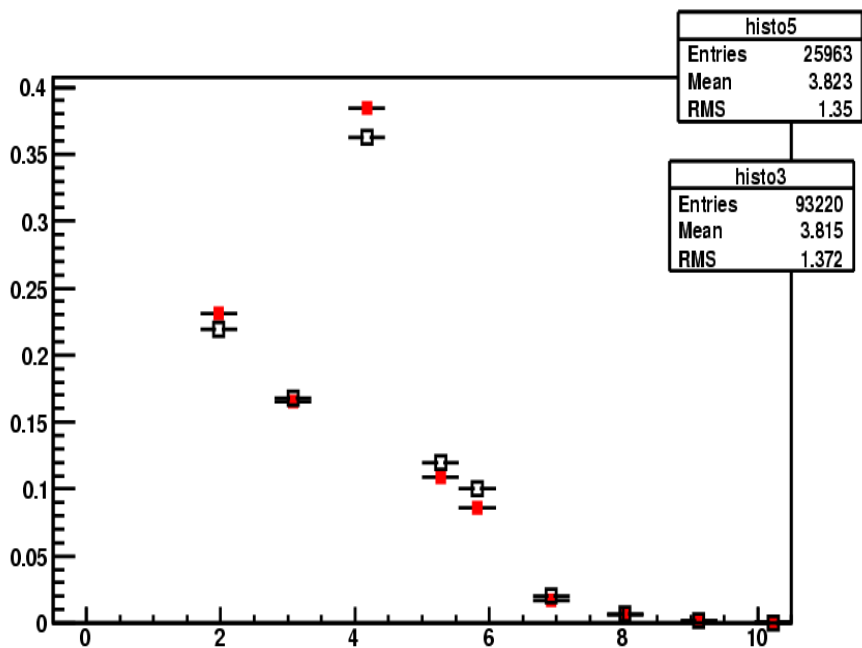
$\leq 3$  дополнительных кластеров с энергией  $> 80 \text{ МэВ}$

Расколлинеарность по углу  $\theta$  менее  $10^\circ$ , по углу  $\varphi$  -  $18^\circ$

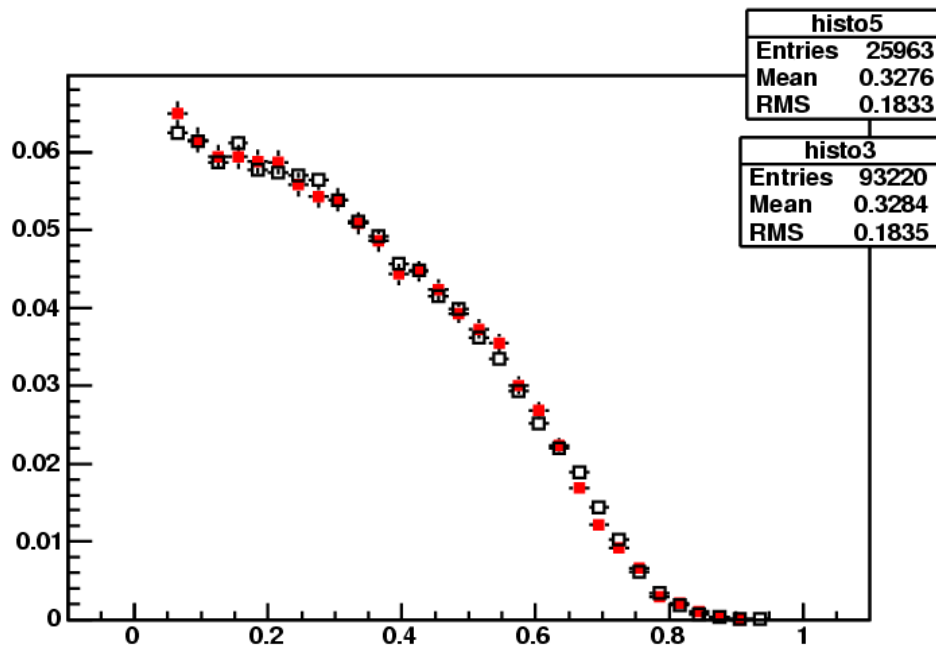
Сферичность по заряженным трекам  $< 0.05$

# Сравнение моделирования и эксперимента

Моделирование  $J/\psi \rightarrow$  адроны с помощью BES-генератора



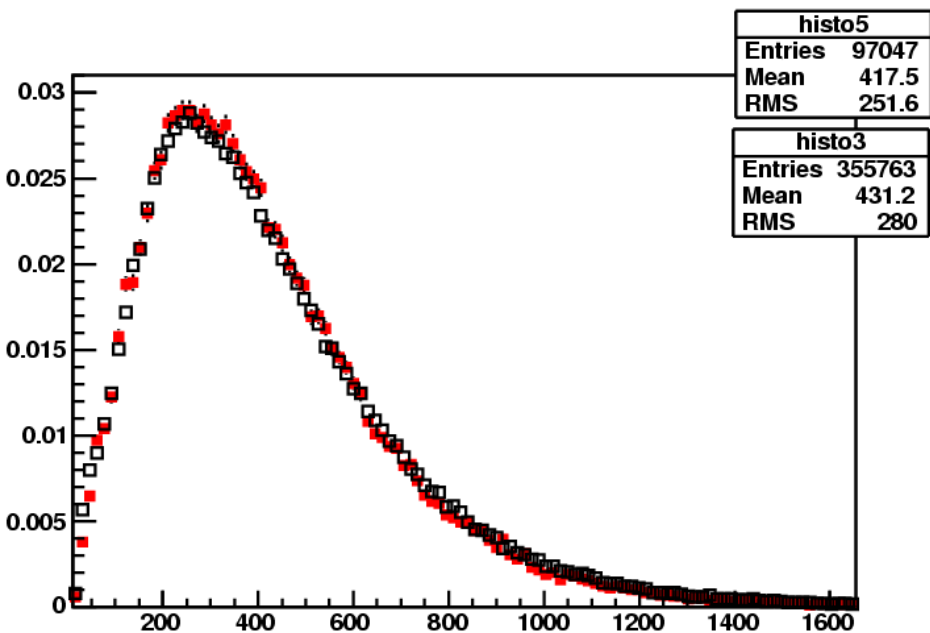
Число треков  $N_{tr}$



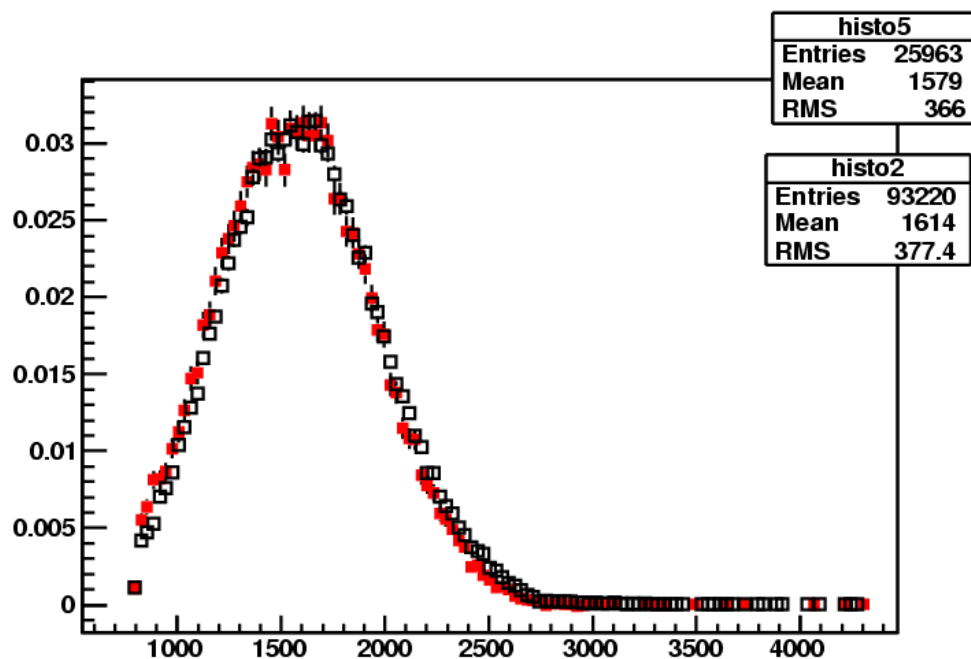
Сферичность  $S$

$$S = \frac{3}{2} \frac{\sum P_T^2}{\sum P^2}$$

# Сравнение моделирования и эксперимента



Инклюзивный спектр  $P_i/N_{\text{events}}$



Энерговыделение в калориметре  $E_{\text{tot}}$

# Измерение светимости

Число событий  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- (\gamma)$ :

$$N_{\text{exp}} = L \int \varepsilon(\theta) \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right) d\Omega + \frac{L}{Lt} N_{\text{sim}}^{\text{QED}}$$

Резонансный и  
интерференционный вклады  $J/\psi$

Электродинамический  
вклад

$$\begin{aligned} \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)^{ee \rightarrow ee} &= \frac{1}{M^2} (1 + \delta_{\text{rc}}) \left\{ \frac{9}{4} \frac{\Gamma_{e^+e^-}^2}{\Gamma M} (1 + \cos^2 \theta) \text{Im } \mathcal{F} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{3\alpha}{2} \frac{\Gamma_{e^+e^-}}{M} \left[ (1 + \cos^2 \theta) - \frac{(1 + \cos \theta)^2}{(1 - \cos \theta)} \right] \text{Re } \mathcal{F} \right\} + \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\text{КЭД}}^{ee \rightarrow ee} \end{aligned}$$

(Азимов и др. Письма в ЖЭТФ 21, вып. 6, 378-382, 1975)

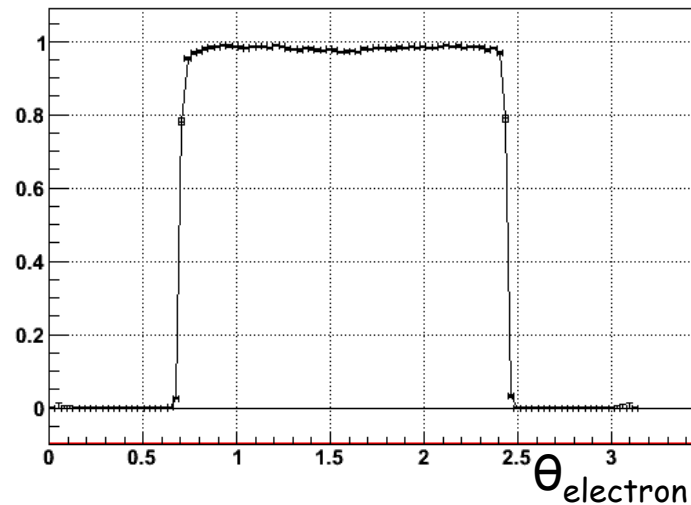
$$\mathcal{F} = \frac{\pi\beta}{\sin \pi\beta} \left( \frac{\frac{M}{2}}{-W + M - \frac{i\Gamma}{2}} \right)^{1-\beta}, \quad \beta = \frac{4\alpha}{\pi} \left( \ln \frac{W}{m_e} - \frac{1}{2} \right) \simeq 0.077$$

# Измерение светимости

Эффективность регистрации  
событий  $e^+e^-$   $\varepsilon(\theta)$

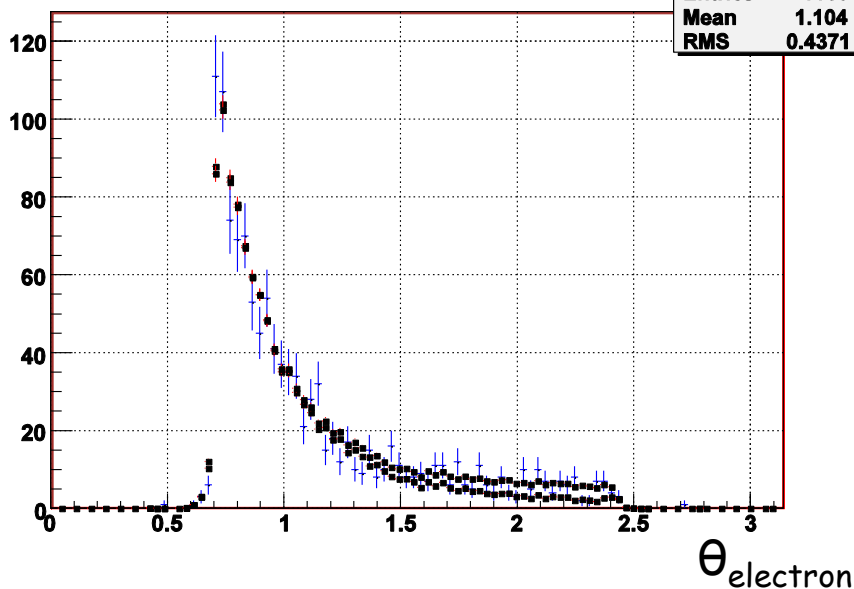
$$N_{\text{exp}} = L \int \varepsilon(\theta) \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right) d\Omega + \frac{L}{Lt} N_{\text{sim}}^{\text{QED}}$$

Угловые распределения :



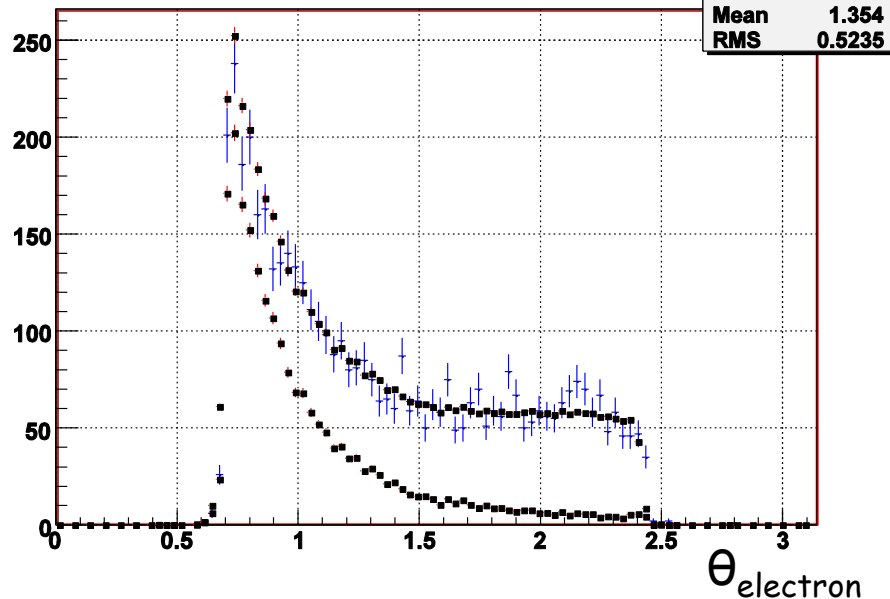
Experiment

подложка



Experiment

ПИК





# Теоретическая формула

Полное сечение рождения адронов вблизи узких резонансов имеет вид:

$$\sigma^h = \frac{4\pi}{M^2} \left\{ \frac{3\Gamma_{ee}}{M} \left( \frac{\Gamma_h}{\Gamma} \right) \left( 1 + \frac{3}{4}\beta \right) \operatorname{Im}\mathcal{F} - \frac{2\alpha\sqrt{R\Gamma_{ee}\Gamma_h}}{M} \lambda \left( 1 + \frac{11}{12}\beta \right) \operatorname{Re}\mathcal{F} + \frac{\alpha^2 R}{3} \left( 1 + \frac{13}{12}\beta \right) \right\}$$

Обозначения:

$$\beta = \frac{4\alpha}{\pi} \left( \ln \frac{W}{m_e} - \frac{1}{2} \right), \quad \mathcal{F} = \frac{\pi\beta}{\sin \pi\beta} \left( \frac{M/2}{-W + M - i\Gamma/2} \right)^{1-\beta}$$

Параметр  $\lambda$  характеризует, насколько близки по своим свойствам конечные состояния в распаде резонанса и в однофотонном канале.

Для  $J/\psi$ -резонанса  $\lambda = 0.38$

(Азимов и др. Письма в ЖЭТФ 21, вып. 6, 378-382, 1975)

Учет энергетического разброса: свертка с функцией

$$\rho(W) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_W} \exp \left\{ -\frac{(W - W_0)^2}{2\sigma_W^2} \right\}$$

# Процедура подгонки сечения

Минимизация функции правдоподобия:

$$-2 \ln \mathcal{L} = 2 \sum_i \left[ N_i^{\text{obs}} \ln \left( \frac{N_i^{\text{obs}}}{N_i^{\text{exp}}} \right) + N_i^{\text{exp}} - N_i^{\text{obs}} + n_i^{\text{obs}} \ln \left( \frac{n_i^{\text{obs}}}{n_i^{\text{exp}}} \right) + n_i^{\text{exp}} - n_i^{\text{obs}} \right]$$

↑  
адроны

$$N_i^{\text{exp}} = \sigma_{\text{hadr}}(W_i) \cdot L_i$$

$$\sigma_{\text{hadr}} = \varepsilon \sigma_{J/\psi} + \sigma_{uds}$$

↑  
электроны

$$n_i^{\text{exp}} = \sigma_{e^+e^-}(W_i) \cdot L_i$$

Светимость в точке:

$$L_i = \frac{N_i^{\text{obs}} + n_i^{\text{obs}}}{\sigma_{\text{hadr}} + \sigma_{e^+e^-}}$$

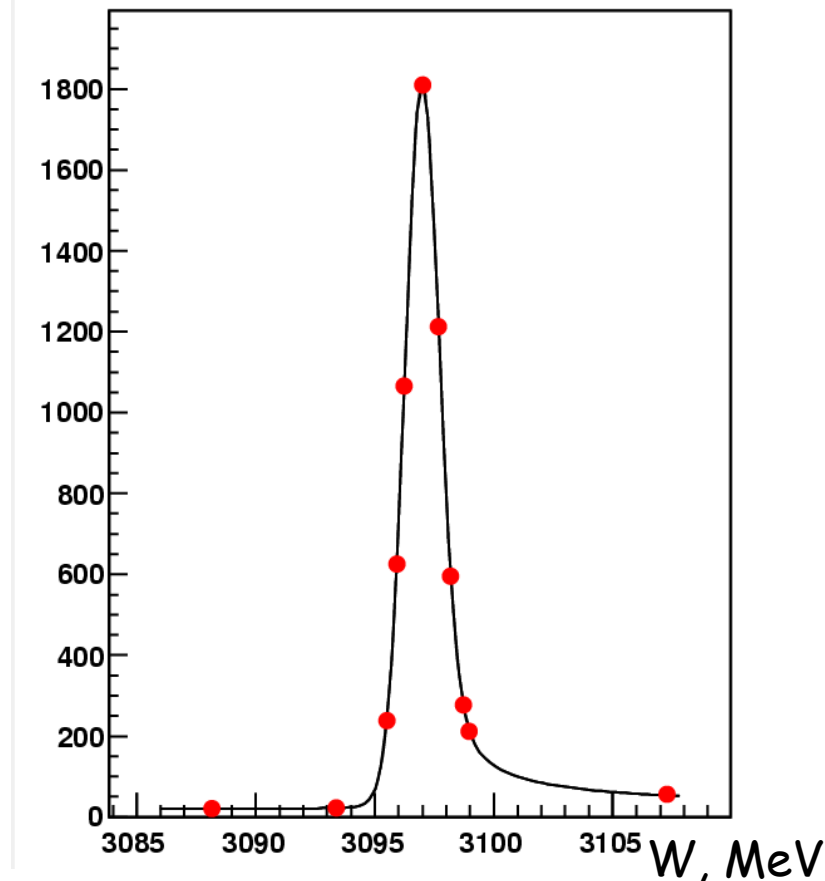
# Сечение процесса $J/\psi \rightarrow$ адроны

$$\Gamma_{ee} \cdot \text{Br}(J/\psi \rightarrow \text{hadrons}) = 4.67 \pm 0.04 (\text{стат}) \text{ кэВ}$$

(предварительный результат)

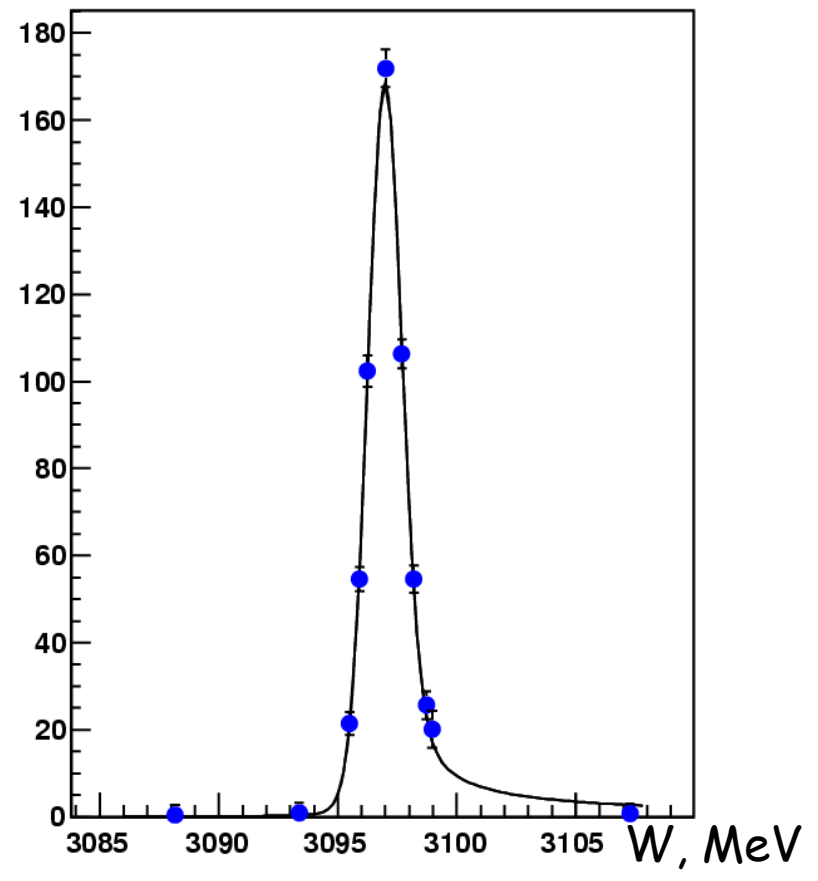
$\sigma_{\text{obs}}^{\text{mh}}(\text{nb})$

адроны



$\sigma_{\text{obs}}^{ee}(\text{nb})$

электроны



Линия - фит, точки - экспериментальные данные

# Систематические неопределенности

Источники погрешности :

Измерение светимости 2.5 % (будут улучшены)

Моделирование адронных событий 3% (будут улучшены)

- настройка генератора

- различие в эффективности реконструкции событий

Неопределенности, связанные с детектором 1-1.5 %

Неопределенности, связанные с коллайдером 0.3%

Теоретическое описание 0.5%

Итого: предварительная точность измерения 4 %

# Результат измерения

$$\Gamma_{ee} \cdot \text{Br}(J/\psi \rightarrow \text{hadrons}) = 4.67 \pm 0.04 (\text{стат}) \pm 0.19 (\text{сист}) \text{ кэВ} \\ 4\%$$

Значения из таблиц PDG:

$$B_{ee} \cdot B_{\text{hadr}} \cdot \Gamma \quad (4.84 \pm 0.15) \text{ кэВ} \quad 3.2\%$$

$$\Gamma_{ee} \cdot B_{\text{hadr}} \quad (4.87 \pm 0.47) \text{ кэВ} \quad 9,6\% \\ \text{CLEO 06}$$

$$\Gamma_{\text{hadr}} \cdot B_{ee} \quad (4.40 \pm 0.48) \text{ кэВ} \quad 11\% \\ \text{BES 95}$$

$$\text{прямое измерение} \quad (4 \pm 0.8) \quad \text{кэВ} \quad 20\% \\ \text{FRASCATI-75}$$

Спасибо за  
внимание

# МОТИВАЦИЯ

$$\begin{array}{l} \Gamma_{ee} \times \Gamma_{\text{hadr}} / \Gamma \\ \Gamma_{ee} \times \Gamma_{ee} / \Gamma \\ \Gamma_{ee} \times \Gamma_{\mu\mu} / \Gamma \end{array} \quad \Rightarrow \quad \Gamma_{\parallel}, \Gamma \text{ для } J/\psi$$

Полная и лептонная ширины  $J/\psi$  мезона определяются фундаментальными свойствами **сильного** и **электромагнитного** взаимодействий  $c$ -кварков. Точное их знание позволит проверить как предсказания потенциальных моделей, так и результаты КХД-расчетов

# Условия отбора

## Триггерные условия («ИЛИ»)

Первичный триггер:

- сигналы от 2х и более сцинтилляционных счетчиков
- более одного фотона в CsI-калориметре
- совпадающие сигналы по CsI калориметру

Вторичный триггер:

- более 2х треков по ВД, ДК и калориметру
- совпадающие сигналы по CsI калориметру

## Отбор многоадронных событий

- >2 треков из области пучка ( $\rho < 2$  см)
- >1 трека из места встречи ( $\rho < 2$  см,  $z < 13$  см)
- Энерговыделение в калориметре > 600 МэВ
- Сферичность больше 0.05
- Число частиц в событии  $\geq 3$