

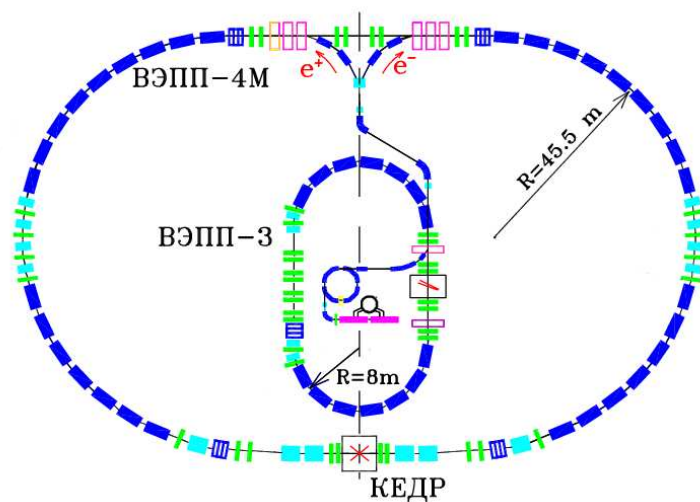
Измерение  $\frac{\Gamma_{ee} \times \Gamma_{\mu\mu}}{\Gamma}$  для  $\psi(2s)$ -мезона

А. Сухарев

*ИЯФ СО РАН, Новосибирск*

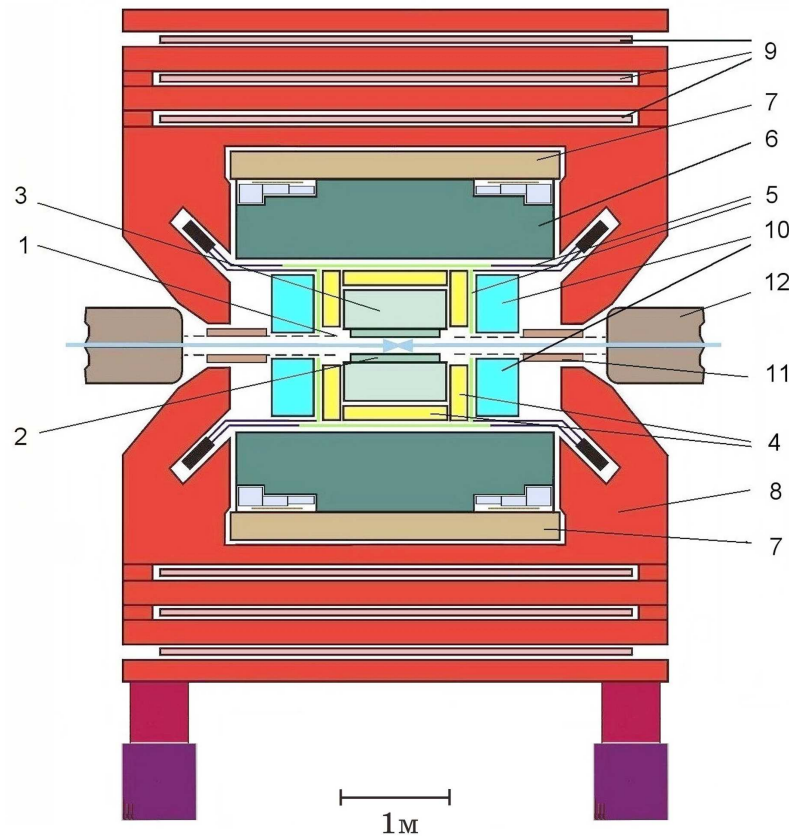
декабрь 2008

## Коллайдер ВЭПП-4М



- диапазон энергий пучков —  $1 \div 6$  ГэВ
- пиковая светимость при работе в области низких энергий —  $2 \times 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
- ток в пучке при работе в области низких энергий — до 5 мА
- работа в режиме  $2 \times 2$  сгустка
- калибровка энергии методом резонансной деполяризации с точностью до  $10^{-6}$

## Детектор КЕДР



1. Вакуумная камера
2. Вершинный детектор
3. Дрейфовая камера
4. Аэрогелевые черенковские счётчики
5. Время-пролётная система
6. Баррельный LKr калориметр
7. Сверхпроводящий магнит
8. Ярмо магнита
9. Мюонная система
10. Торцевой CsI калориметр
11. Компенсирующие магниты
12. Магнит ВЭПП4-М

## Теория

В мягкофотонном приближении

$$\sigma_{theor}^{\mu\mu}(W) = \frac{4\pi}{M^2} \left\{ \left(1 + \frac{3}{4}\beta\right) \frac{3\Gamma_{ee}\Gamma_{\mu\mu}}{\Gamma M} \Im f - \frac{2\alpha\sqrt{\Gamma_{ee}\Gamma_{\mu\mu}}}{M} \left(1 + \frac{11}{12}\beta\right) \Re f + \frac{\alpha^2}{3} \left(1 + \frac{13}{12}\beta\right) \right\},$$

где  $f = \left(\frac{\frac{M}{2}}{-W + M - \frac{i\Gamma}{2}}\right)^{1-\beta}$ ,  $\beta = \frac{4\alpha}{\pi} \left(\ln \frac{W}{m_e} - \frac{1}{2}\right)$

[Азимов и др., Письма в ЖЭТФ, т. 21, вып. 6, 1975]

Теоретическое сечение необходимо свернуть с  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_W} e^{-\frac{(W-W_0)^2}{2\sigma_W^2}}$ , где  $\sigma_W$  — зависящий от ускорителя разброс энергии сталкивающихся частиц.

## Схема эксперимента

- Сечение процесса  $\psi(2s) \rightarrow \mu^+ \mu^-$  измеряется в пике  $\psi(2s)$ -резонанса.
- Для вычитания нерезонансного фона используется сечение  $e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$ , измеренное в стороне от пика.
- Разброс энергии ускорителя  $\sigma_W$  измерялся в экспериментах по сканированию  $\psi(2s)$ -мезона.
- Абсолютная светимость определяется с помощью торцевого калориметра по процессу упругого  $e^+ e^-$ -рассеяния.

## Отбор событий (предварительная стадия)

2 или более срабатывания время-пролётной системы находятся в интервале  $\pm 15$  нс от времени столкновения пучков,

& восстановлены хотя бы два трека,

& среди треков есть хотя бы два, давших срабатывания в мюонной системе и выходящих из области  $R < 4$  см,  $|Z| < 10$  см.

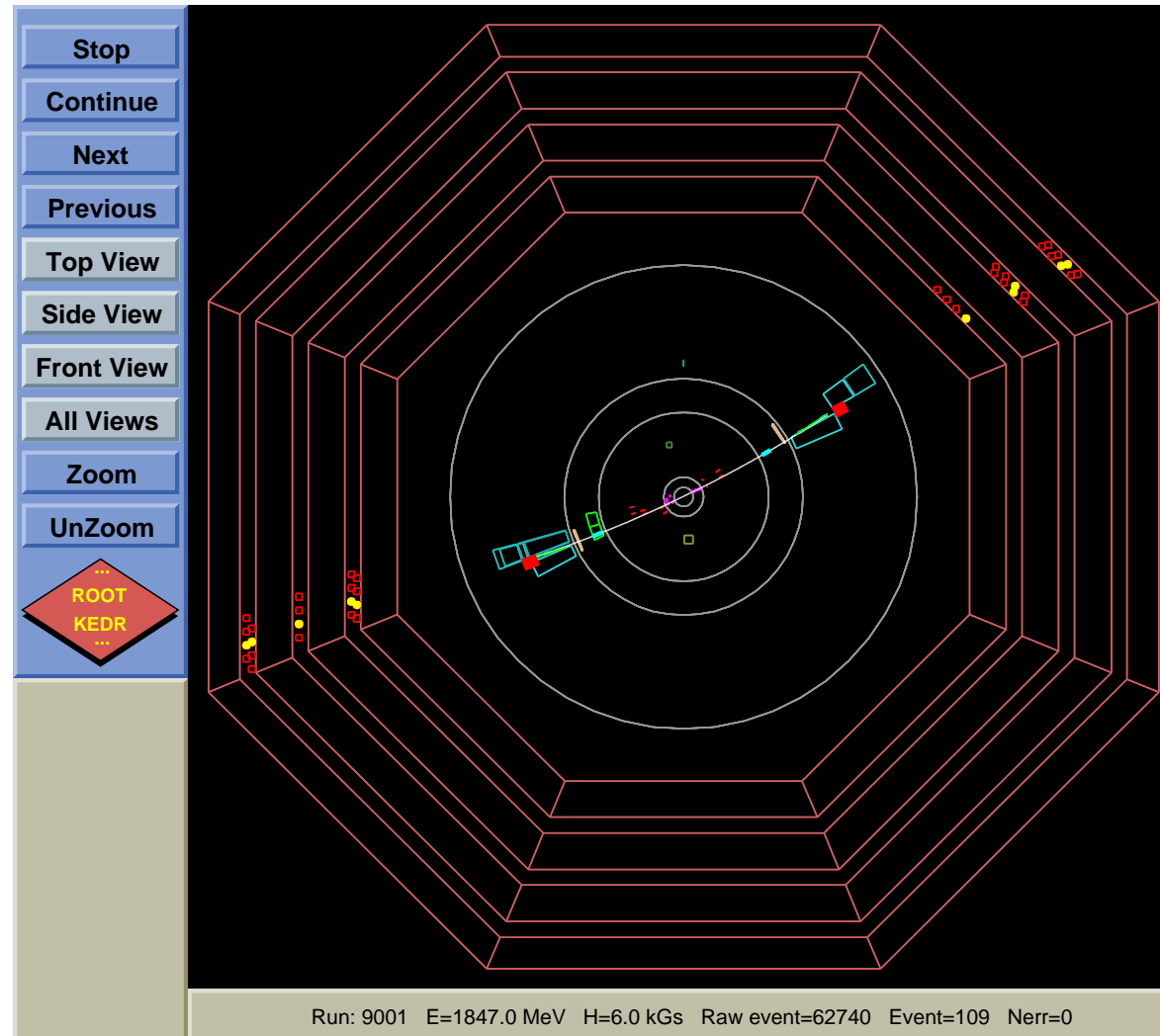
## Отбор событий $\mu^+ \mu^-$

Восстановлено ровно два трека, причём для обоих треков есть признак выхода из места встречи,

& параметр  $\Delta T = \sqrt{(T_1 - 3)^2 + (T_2 - 3)^2} < 2$  нс, где  $T_{1,2}$  — времена счётчиков время-пролётной системы, соответствующих трекам,

&  $2.5 \times (\pi - \varphi) + 0.1 > \pi - \theta$ , где  $\theta$  — трёхмерный угол между треками,  $\varphi$  — угол между ними в поперечной плоскости детектора.

& в калориметре допускается один кластер, не относящийся к трекам, с энергией не более 50 МэВ.

Событие  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$  в детекторе КЕДР



## Моделирование

Моделирование использовалось для определения эффективности отбора.

Программа моделирования детектора построена на основе библиотеки Geant 3.21.

Моделировались процессы

- $\psi(2s) \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ,
- $\psi(2s) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$ ,  $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ,
- $\psi(2s) \rightarrow J/\psi \pi^0 \pi^0$ ,  $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ .

Использовался генератор JETSET 7.4. Радиационные поправки в конечном состоянии учитывались с помощью пакета PHOTOS.

Эффективность время-пролётной системы измерялась экспериментально.

## Эффективность время-пролётной системы

Для измерения эффективности ВПС использовались распады  $\psi(2s) \rightarrow J/\psi \pi\pi$ ,  $J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$ .

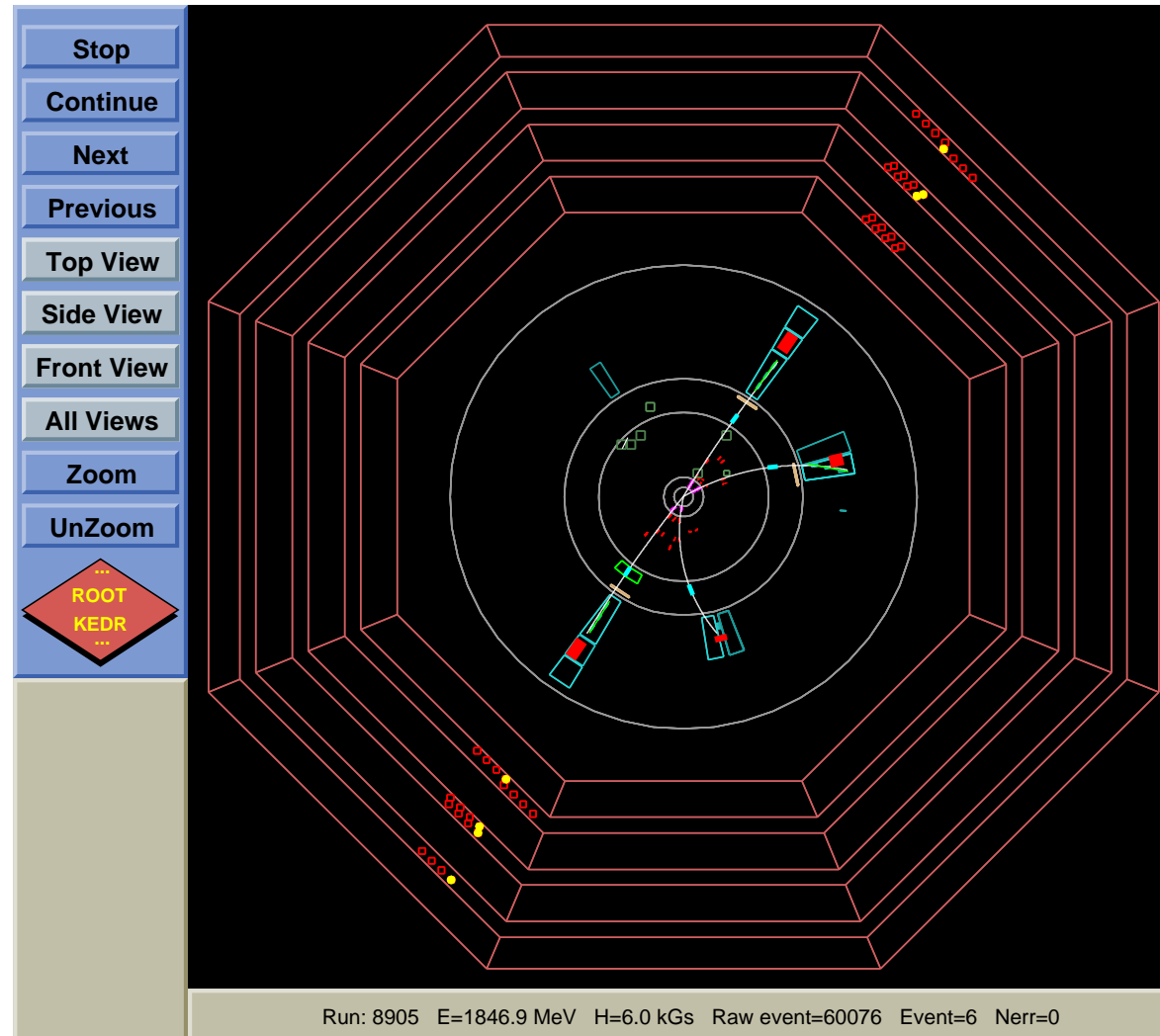
Отбор событий:

$\pi^+\pi^-$  ровно четыре трека, все выходят из места встречи,  
& два трека мюонные, два — немюонные

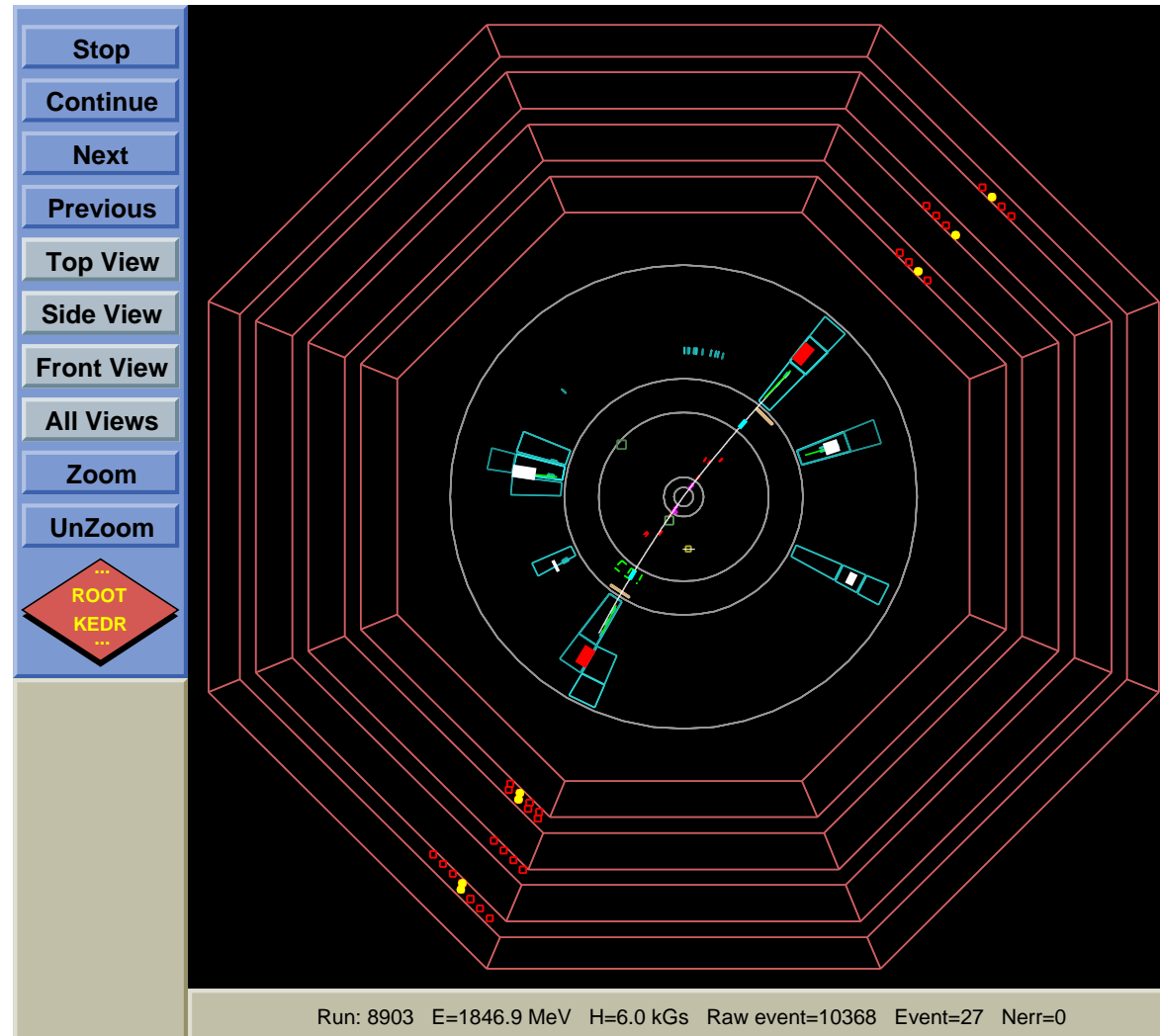
$\pi^0\pi^0$  ровно два трека, оба идентифицированы как мюонные и выходят из места встречи,  
& более двух кластеров, не относящихся к трекам

Эффективность определялась подгонкой спектров массы отдачи пионов для  $\pi^+\pi^-$ -канала и спектра инвариантной массы мюонов для  $\pi^0\pi^0$ -канала.

Событие  $\psi(2s) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$ ,  $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$



Событие  $\psi(2s) \rightarrow J/\psi \pi^0 \pi^0, J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$



## Результаты

Сделано 5 наборов в режиме «пик/подложка» и три сканирования  $\psi(2s)$ .

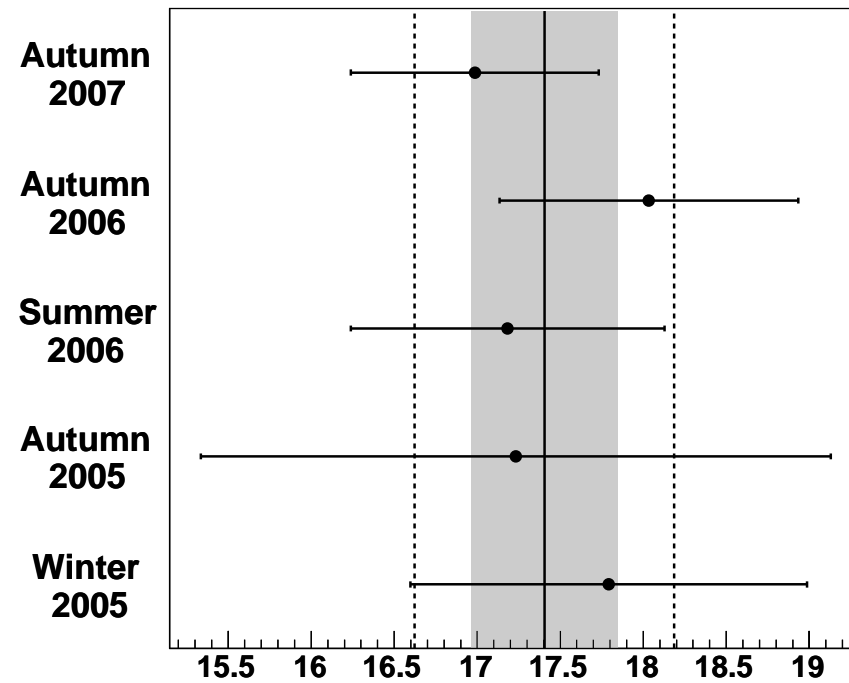
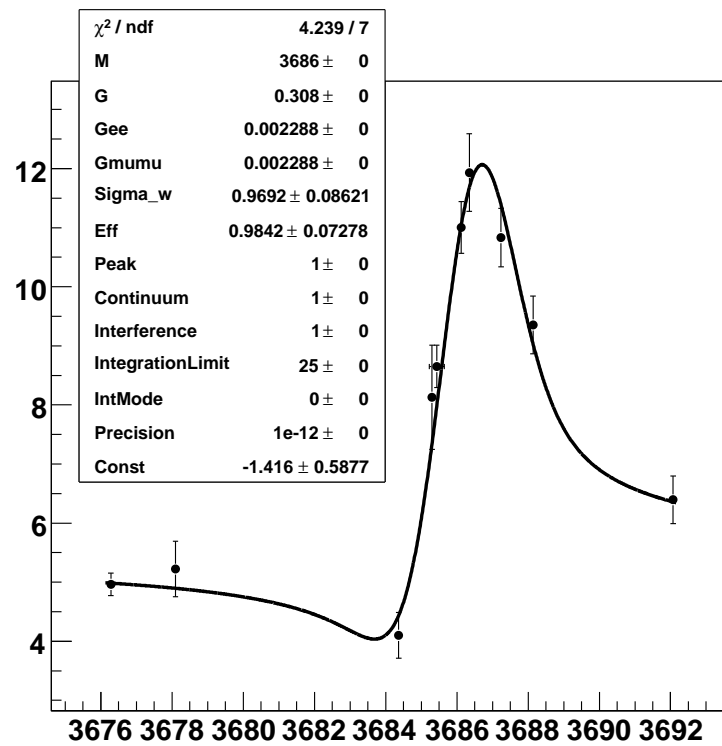
	число событий $\mu\mu$		$\varepsilon$	$L_{int}, \text{нб}^{-1}$		$\frac{\Gamma_{ee} \times \Gamma_{\mu\mu}}{\Gamma},$ эВ
	пик	подложка		пик	подложка	
зима 2005	2390	361	0.45	504	159	$17.79 \pm 1.19$
осень 2005	551	223	0.36	119	102	$17.23 \pm 1.90$
лето 2006	2314	390	0.46	451	181	$17.18 \pm 0.94$
осень 2006	2272	473	0.43	458	239	$18.03 \pm 0.90$
осень 2007	5129	586	0.49	895	236	$16.99 \pm 0.74$

$$\Gamma_{e^+e^-} \times \Gamma_{\mu^+\mu^-} / \Gamma = 17.40 \pm 0.44 \pm 0.70 \text{ эВ}$$

## Систематические ошибки

Измерение абсолютной светимости	1.8%
Неопределённость энергетического разброса	2%
Неопределённость эффективности регистрации	1.4%
Измерение эффективности ВПС	2%
Условия отбора	2%
Вычитание фона от $J/\psi$ $\pi\pi$	0.6%
<hr/>	
	4%

## Результаты



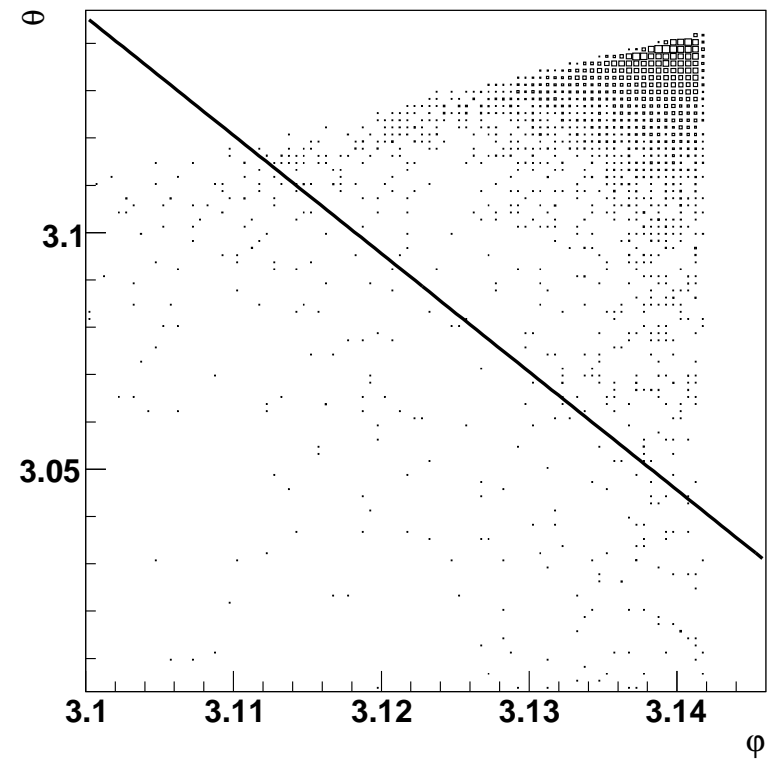
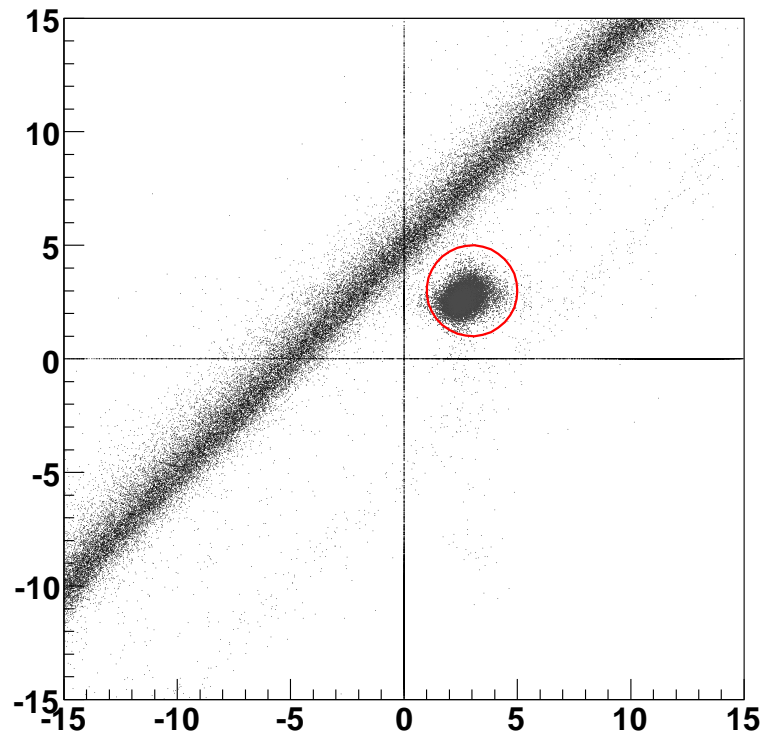
## Сравнение с другими результатами

	параметр	значение	отн. точность, %
КЕДР	$\Gamma_{e^+e^-} \times \Gamma_{\mu^+\mu^-} / \Gamma$	$17.40 \pm 0.44 \pm 0.70$ эВ	4.5
PDG 2008	$\Gamma_{e^+e^-}$ (average)	$2.33 \pm 0.07$ кэВ	3.0
PDG 2008	$\Gamma_{e^+e^-}$ (fit)	$2.38 \pm 0.04$ кэВ	1.7
PDG 2008	$\Gamma_{e^+e^-} / \Gamma$ (fit)	$(75.2 \pm 1.7) \times 10^{-4}$	2.3
PDG 2008	$\Gamma_{\mu^+\mu^-} / \Gamma$ (fit)	$(75 \pm 8) \times 10^{-4}$	10.7



## Условия отбора

T[1]:T[0] {Ntr==2}



## Эффективность ВПС

