# Обзор результатов с детектора КЕДР

# В. Блинов

# Институт Ядерной Физики им. Будкера СО РАН Новосибирск



### Комплекс ВЭПП-4



Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

# 🕼 Комплекс ВЭПП-4

#### Метод резонансной деполяризации



$$egin{aligned} \Omega_{
m S} &= \omega_0 (1 + \gamma \cdot \mu' / \mu_0) \ \Omega_{
m S} \pm \Omega_{
m res} &= {
m n} \cdot \omega_0 \end{aligned}$$



C.

# Комплекс ВЭПП-4. Измерение энергии



- около 2000 калибровок
- точность измерения  $10^{-6} (1 \text{ кэB})$
- точность интерполяции  $(5 \div 15) \times 10^{-6} (10 \div 30 \text{ кэB})$



В. Блинов

#### Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

## Комплекс ВЭПП-4. Измерение энергии

Метод Обратного Комптоновского Рассеяния (ОКР)

• R. Klein et al., NIM A384(1997) 293: BESSY-I



$$\omega_{_{\mathsf{M}\mathsf{a}\mathsf{K}\mathsf{C}}}^{\prime}=rac{\mathrm{E}^2}{\mathrm{E}+\mathrm{m}^2/4\omega_{_{\mathsf{Л}\mathsf{a}\mathsf{3}\mathsf{e}\mathsf{p}\mathsf{a}}}}$$

• С0
$$_2$$
 – лазер ( $\lambda = 10.591\,$ мкм,  $\omega_{ extsf{nas}} = 0.12\,$ эВ)

В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010



#### Метод Обратного Комптоновского Рассеяния

• точность измерения энергии 3 · 10<sup>-5</sup>: 100 кэВ/10 мин (статистика) 60 кэВ (систематика)

• точность измерения энергетического разброса:  $\approx 7\%$  (статистика)

В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

# 🕱 Детектор КЕДР



- 1 Вакуумная камера
- 2 Вершинный детектор
- 3 Дрейфовая камера
- 4 Пороговые аэрогелевые счетчики
- 5 Время-пролетные счетчики
- 6 Жидко-криптоновый калориметр
- 7 Сверхпроводящая катушка
- 8 Ярмо магнита
- 9 Мюонные камеры
- 10 Цезий-йодовый калориметр
- Компенсирующий соленоид
- 12 Квадруполь

# 🕱 Детектор КЕДР. Система АЧС

#### Пороговые аэрогелевые счетчики



- Показатель преломления аэрогеля 1.05
- $\pi K$  разделение от 0.6 до 1.5 ГэВ/с
- 160 счетчиков в два слоя
- 1000 литров аэрогеля
- Метод АШИФ (АэрогельШИфтерФэу)
  - уменьшение общего числа фотоумножителей
  - увеличение размеров счетчика

C.

# 🕊 Детектор КЕДР. Система АЧС



# 🕱 Детектор КЕДР



Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

#### Физические задачи

- Измерение масс элементарных частиц
  - Низкая энергия:  $J/\psi$  ,  $\psi(2S)$ ,  $\psi(3770)$ ,  $D^0$ ,  $D^\pm$ -мезоны, au-лептон
  - Высокая энергия:  $\Upsilon(1s), \Upsilon(2s), \Upsilon(3s), \Upsilon(4s)$  мезоны
- Измерения лептонных ширин  $\psi$  и  $\Upsilon$  мезонов
- Измерение R в области 2E = 2 ÷ 10 ГэВ
- Измерение сечения  $\gamma\gamma 
  ightarrow hadrons$  и другие  $2\gamma$ -процессы
- Измерение вероятностей радиационных переходов в  $c\bar{c}$  и  $b\bar{b}$  системах и распадов с вероятностями  $10^{-4}$  и более (десятки распадов на статистике  $10^7$   $c\bar{c}$ )

C:





В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010



В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

ಾ



Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

ಾ

Частица	$rac{\Delta M}{M}  imes 10^6$ (PDG)	
p	0.1	
п	0.1	
е	0.1	
$\mu$	0.1	
$\pi^{\pm}$	2.5	
$\psi(2S)$	3.2	
$J/\psi$	3.5	
$\pi^0$	4.5	

# $\Gamma_{ m e^+e^-} imes \Gamma_{ m e^+e^-}/\Gamma$ и $\Gamma_{ m e^+e^-} imes \Gamma_{\mu^+\mu^-}/\Gamma$ для $J/\psi$ – мезона

• Сканирование  $J/\psi$ ,  $\int L dt = 230 \text{ нб}^{-1}$   $\Gamma_{e^+e^-} \times \Gamma_{e^+e^-}/\Gamma = 0.3323 \pm 0.0064 \pm 0.0048 \text{ кэВ}$  (2.4%)  $\Gamma_{e^+e^-} \times \Gamma_{\mu^+\mu^-}/\Gamma = 0.3318 \pm 0.0052 \pm 0.0063 \text{ кэВ}$  (2.4%)



В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

C.

$$m{\Gamma}_{e^+e^-} imes m{\Gamma}_{e^+e^-} / m{\Gamma}$$
 и  $m{\Gamma}_{e^+e^-} imes m{\Gamma}_{\mu^+\mu^-} / m{\Gamma}$  для  $J/\psi$  – мезона  
 $\Gamma_{e^+e^-} imes \Gamma_{ll} / m{\Gamma} = 0.3320 \pm 0.0041 \pm 0.0050$  кэВ (1.9%)  
 $Br(J/\psi \to e^+e^-) = (5.94 \pm 0.06)\%$  PDG

Ширина	КЕДР, кэВ	PDG, кэВ
Γ11	$5.59\pm0.12$	$5.55 \pm 0.14 \pm 0.02$
Г	$94.1\pm2.7$	$93.2\pm2.2$

- Ядерная физика 72, N3 (2009)
- Physics Letters B 685 (2010)

#### Масса, полная ширина и $\Gamma_{ee} - \psi$ (3770)

• Два сканирования области  $\psi(2S) - \psi(3770)$ .  $\int L \, dt \simeq 2 \, \mathrm{n} \mathrm{G}^{-1}$ 



В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

C:

# $\psi(3770)$



• Nuclear Physics B (Proc. Suppl) (2008) 353



Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

#### Массы D – мезонов

# • Набор в пике $\psi(3770)$ . $\int Ldt = 0.9 \, \mathrm{n} 6^{-1}$



C.

#### Масса т- лептона



Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

cə



Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

C)

### Принцип лептонной универсальности СМ

$${\rm G_e}\equiv{\rm G}_\mu\equiv{\rm G}_\tau$$

$$\left(\frac{\mathbf{G}_{\tau}}{\mathbf{G}_{\mu}}\right)^{2} = \left(\frac{\mathbf{m}_{\mu}}{\mathbf{m}_{\tau}}\right)^{5} \left(\frac{\mathbf{t}_{\mu}}{\mathbf{t}_{\tau}}\right) \operatorname{Br}(\tau \to \mathrm{e}\nu_{\tau}\overline{\nu}_{\mathrm{e}}) \cdot \frac{\mathrm{F}_{\mathrm{cor}}(\mathbf{m}_{\mu},\mathbf{m}_{\mathrm{e}})}{\mathrm{F}_{\mathrm{cor}}(\mathbf{m}_{\tau},\mathbf{m}_{\mathrm{e}})} \equiv 1$$

#### Точность проверки $\mu - \tau$ – универсальности

$rac{G_F^2( au)}{G_F^2(\mu)}$	$t_{ au}$ , fs	$B_{ au  ightarrow  u_ au} e ar{ u}_e$ , %	$m_{ au}$ , МэВ	Примечание
	$305.6\pm6.0$	$17.93\pm0.26$	$1784.1^{+2.7}_{-3.6}$	PDG 1992
0.9405	$\pm 0.0185$	$\pm 0.0136$	$+0.0095 \\ -0.0071$	<b>-</b> 2.4 <i>σ</i>
	$290.6\pm1.1$	$17.84\pm0.06$	$1776.99  {}^{+0.29}_{-0.26}$	PDG 2008
1.0020	$\pm 0.0038$	±0.0034	$\pm 0.0008$	+0.4 <i>o</i>

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

cə

cə





В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010



# $\mathsf{J}/\psi ightarrow \gamma \overline{\eta_\mathsf{c}}$

# • Набор пик/подложка $J/\psi$ , $\int L dt pprox 2 \, { m n6}^{-1}$







## **() Измерение** R



В. Блинов

## **() Измерение** R

Адронный вклад в аномальный магнитный момент мюона

$$\mathrm{a}_{\mu}^{\mathrm{had}} = \Big(rac{lpha\mathrm{m}_{\mu}}{3\pi}\Big)^2 \int\limits_{4\mathrm{m}_{\pi}^2}^{\infty} \mathrm{R}(\mathrm{s})\hat{\mathrm{K}}(\mathrm{s})rac{\mathrm{ds}}{\mathrm{s}^2},$$

где:  $\hat{\mathrm{K}}(\mathrm{s})$  меняется от 0.63 до 1 при изменении s от  $4\mathrm{m}_\pi^2$  до  $\infty$ , при s  $o\infty$ 

$\sqrt{\mathrm{s}}$ , ГэВ	$\Delta \mathrm{a}^{\mathrm{had}}_{\mu}, 10^{-10}$	$\Delta a_{\mu}^{ m had}$ , %
2 <i>m</i> <sub>π</sub> -2.0	640.7 ±4.4	92.6
2.0-5.0	$41.4\pm1.7$	6.0
5.0–∞	$9.9\pm0.2$	1.4
Всего	$692.0\pm4.7$	100.0



В. Блинов

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

# **() Измерение** R

Адронный вклад в  $\alpha({
m M}_{
m Z}^2)$ 

$$lpha(\mathrm{s}) = rac{lpha(\mathrm{0})}{1 - \Delta lpha_{\mathrm{lep}}(\mathrm{s}) - \Delta lpha_{\mathrm{had}}(\mathrm{s})},$$

где: 
$$\Delta \alpha_{
m lep}({
m M}_Z^2) = 315.0 \cdot 10^{-4}, \ \Delta \alpha_{
m had}({
m M}_Z^2) = -rac{lpha(0){
m M}_Z^2}{3\pi} \int\limits_{4{
m m}_\pi^2}^\infty rac{{
m R}({
m s}){
m ds}}{{
m s}({
m s}-{
m M}_Z^2)}$$

$\sqrt{\mathrm{s}}$ , ГэВ	$\Delta lpha_{ m had}^{(5)}({ m M}_{ m Z}^2), 10^{-4}$	$\Delta lpha_{ m had}^{(5)}({ m M}_{ m Z}^2)$ , %		
2 <i>m</i> <sub>π</sub> -2.0	$58.8\pm1.6$	21.3		
2.0-5.0	$48.3\pm2.3$	17.5		
5.0-7.0	$18.3\pm1.1$	6.6		
7.0–12.0	$30.4\pm0.9$	11.0		
12.0–∞	$120.3\pm0.2$	43.6		
Всего	$276.1\pm3.1$	100.0		
$\sim 80\%$ ошибки из области $2 < \sqrt{ m s} <~$ 7 ГэВ.				

Третьи Черенковские чтения, Москва, ФИАН, 6 апреля 2010

#### Измерение R и поиск узких резонансов

- Измерение *R* в области 2*E* = 1.85 ÷ 10 ГэВ
- Сканирование области 2 $E = 1.85 \div 3.10$  ГэВ,  $\int L dt \approx 300$  нб<sup>-1</sup>,  $\triangle E_{\rm B} = 0.7 \div 1.0$  МэВ



•  $\Gamma^{R}_{ee} \cdot Br(R \rightarrow hadr) < 150$  эВ, 95%CL (предварительно)

CO

- Измерены массы  $J/\psi$ ,  $\psi(2S)$ ,  $\psi(3770)$ ,  $D^0$ ,  $D^\pm$  мезонов и au лептона
- Измерены Г $_{ee} imes \Gamma_{ee} / \Gamma$  и Г $_{ee} imes \Gamma_{\mu\mu} / \Gamma$  для  $J/\psi$  мезона
- Измерены масса и полная ширина  $\eta_c$  мезона и вероятность распада  $J/\psi \to \gamma \eta_c$
- Ведется набор статистики для измерения *R* в области 2*E* = 1.85 ÷ 4 ГэВ
- Поставлен предел на Г<sup>R</sup><sub>ee</sub> · Br(R → hadr) < 150 эВ, 95%СL в области 2E = 1.85 ÷ 3.1 ГэВ
- Завершается выполнение физической программы на энергии  $E_B < 2 \, \Gamma$ эВ

# Идет подготовка к работе на энергии $E_B = 2 \div 5 \ \Gamma imes B$

- Набор  $\int L \, dt \simeq 200 \div 300 \; {\rm n6^{-1}}$  для изучения двухфотонных процессов
- Измерение масс ↑(1S), ↑(2S), ↑(3S), ↑(4S)- мезонов
- Измерение R в области 2*E* = 4 ÷ 10 ГэВ

C: