

Проект Супер с-τ фабрики в Новосибирске

Середняков Сергей, ИЯФ СО РАН

Содержание

1. Введение
2. Физическая программа
3. Ускоритель
4. Детектор
5. Состояние дел по проекту

«Сессия отделения ядерной физики ОФН РАН»,
Протвино, 4-8 ноября 2013 года

Введение

Что такое Супер С-Тау фабрика ?

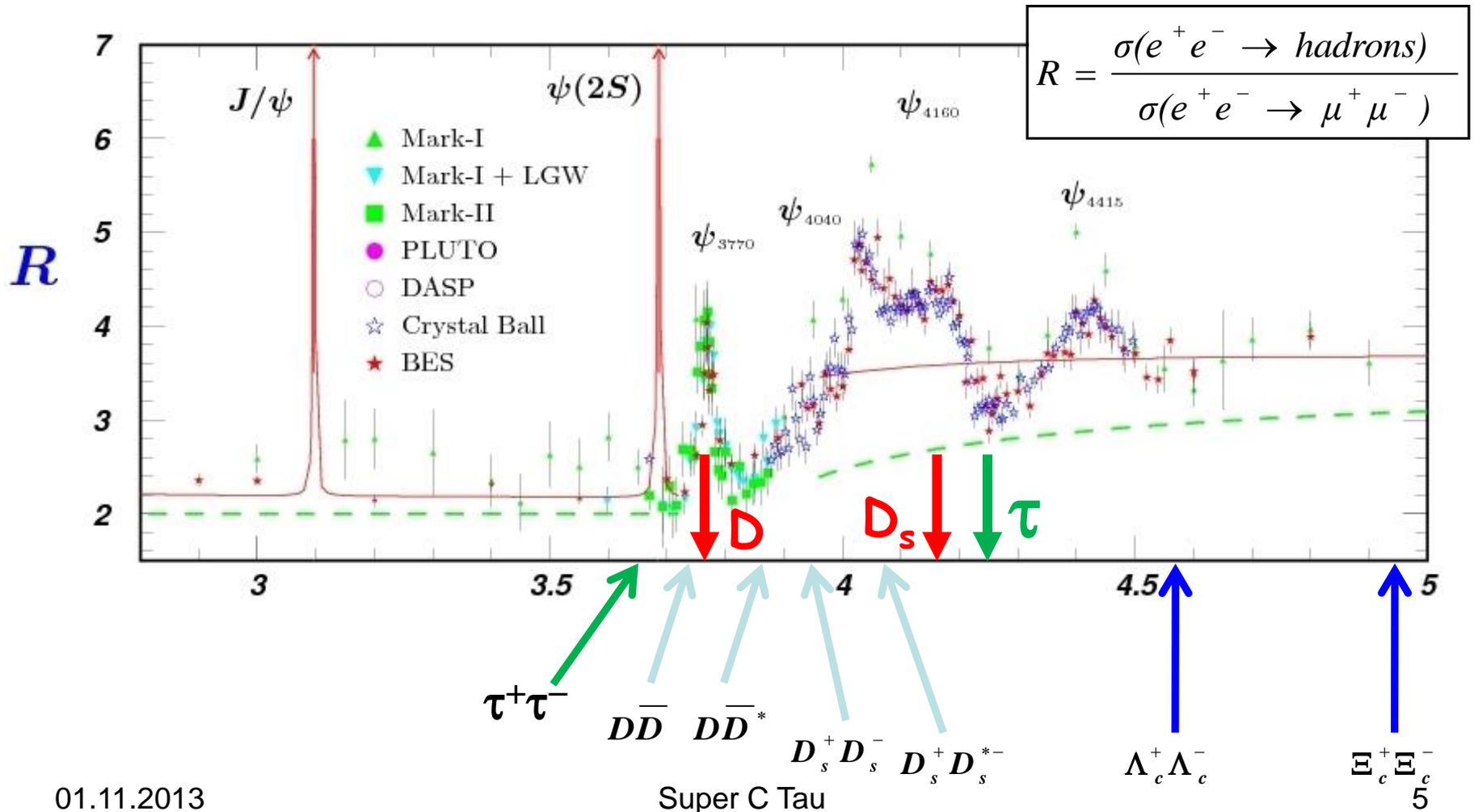
1. Это e^+e^- коллайдер, 3-6 ГэВ с.ц.м.
2. $e^+e^- \rightarrow c\bar{c} \rightarrow \text{hadrons}$ (2 поколения)
 $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ (3 поколения лептонов)
3. $L_{\text{inst}} = 10^{35}-10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$
 $L_{\text{int}} = 1 \text{ ab}^{-1} (10^{42} \text{ cm}^{-2})$
4. $N_{\tau\tau} \sim 10^{10}$
 $N_{DD} \sim 10^{10}$
 $N_{\Psi} \sim 10^{13}$

При подготовке настоящего сообщения
использовались материалы докладов
В.Е.Блинова, Ю.А.Тихонова, и В.П.Дружинина
по тематике Супер С-тау фабрики

Введение

- История проекта в ИЯФ:
 - в 70-е годы - проект ВЭПП-3М (0.7-4 ГэВ сцм),
 - в 90-е и 00-е годы - проект со светимостью до 10^{34}
 - + монохроматизация энергии столкновения частиц
 - сейчас - ВЭПП-2000 (0.3-2 ГэВ сцм, 2010г.),
- Единственный реализованный проект: BEPC II, проектная светимость 10^{33} , сейчас около $7 \cdot 10^{32}$
- Возрождение интереса: (Супер с-тау) : результаты на В-фабриках, метод радиационного возврата ISR - предложен и развит сотрудниками ИЯФ в Babar
- NP не найдено LHC - возрос интерес к непрямому поиску NP
- Стимул для проекта Супер с-тау : "Crab-waist" , 2006, предложен для Супер В (P.Raimondi), рост светимости на 1-2 порядка. В дальнейшем метод был обоснован в работах P.Raimondi, М.Зобова и Д.Шатилова.

Область энергий Супер с- τ -фабрики



Физика на с-т фабрике

Чармонии

- Спектроскопия, распады
- Спектроскопия легких адронов
- Редкие распады J/ψ
- ... $Y(4260)$, $X(3872)$

Tau

- Спектральные функции
- Лептонная универсальность
- Лоренцева структура
- CP нарушение
- Распады с LFV
- ...

D-мезоны

- Спектроскопия
- (Полу)лептонные распады
- Редкие распады
- Смешивание
- CP нарушение
- ...

C-барионы

- Вероятности распадов
- Формфакторы
- Полулептонные распады
- CP нарушение
- ...

(<http://ctd.inp.nsk.su/wiki/index.php/CDR>)

Доступная статистика

	CLEO-C		BES-III/год	C-τ/год
J/ψ	–	–	10×10^9	} $\times 100$
ψ(2S)	54 пб^{-1}	27×10^6	3×10^9	
ψ(3770)	818 пб^{-1}	5×10^6 D-пар	3×10^7	
4.17 ГэВ	586 пб^{-1}	7×10^5 D _s -пар	2×10^6	
τ ⁺ τ ⁻		4×10^6	2×10^7	10^{10}
Λ _c ⁺ Λ _c ⁻				5×10^8

В-фабрики уже произвели 10^{10} очарованных адронов и 10^9 пар τ-лептонов

С-τ фабрики: $10^{33} \rightarrow 10^{35} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$
 В фабрики: $10^{34} \rightarrow 10^{36} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$

Чармоний

Векторные мезоны:

$J/\psi - 10^{12}$

$\psi(2S) - 10^{11}$

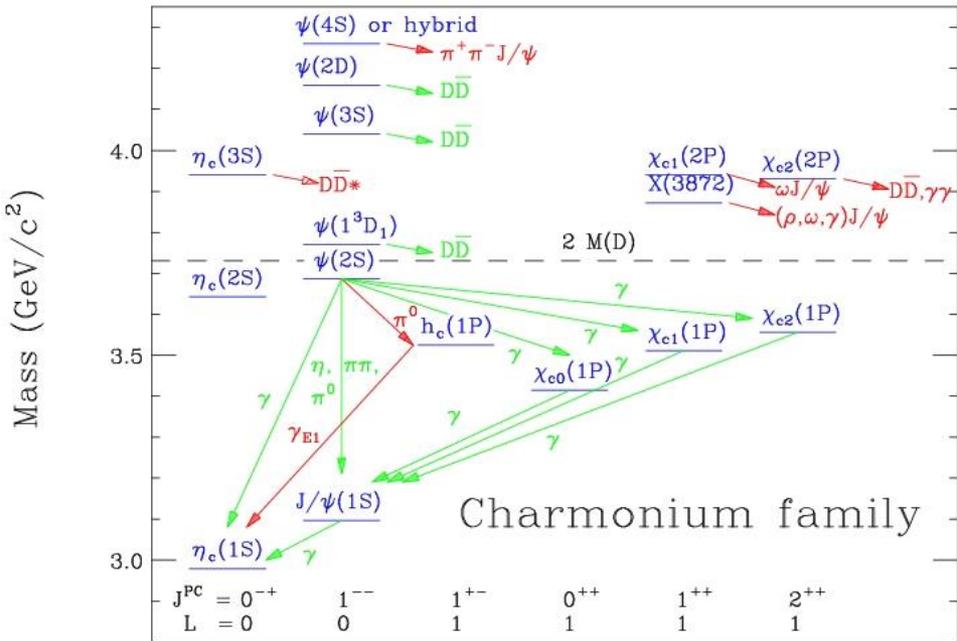
$\psi(3770) - 2 \times 10^9$

$\psi's - 10^8$

В распадах:

$\eta_c(1S), \chi_{cJ} - 10^{10}$

$h_c - 10^8, (\psi(2S) \rightarrow h_c \pi^0)$



Эти состояния не только интересны сами по себе, но они также являются источниками огромного количества легких адронов (η, η' и др.), которые будут изучаться практически без фонов. Пример: $B(J/\psi \rightarrow \eta/\gamma) = 0.5\% \rightarrow 5 \times 10^9$ меченых η .

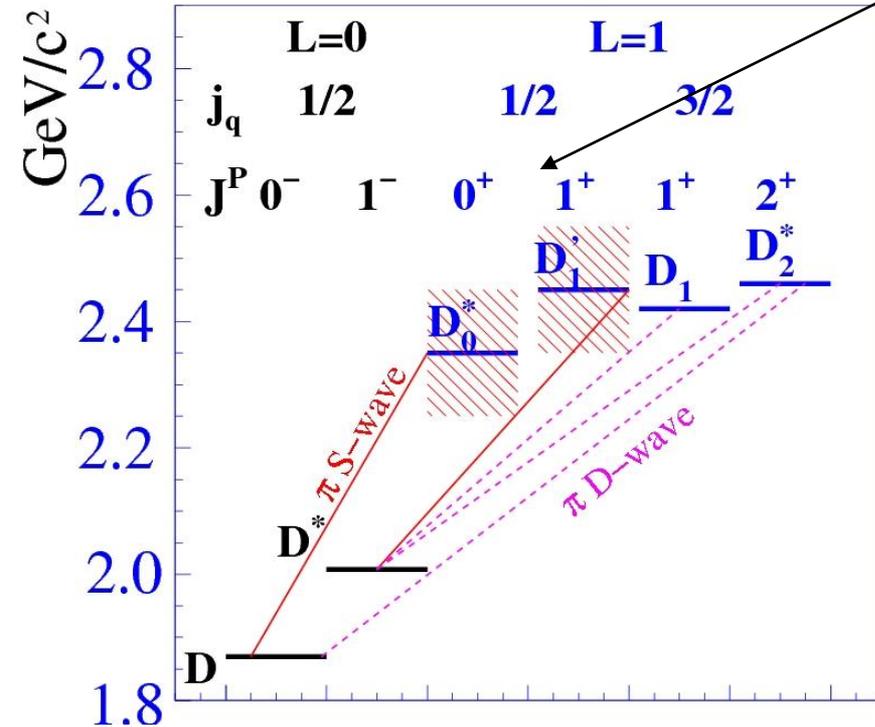
X(3872),
Y(4260),
Z+(4430) !

Редкие распады J/ψ мезона (можно увидеть на SCTF)

$$N(J/\psi) \sim 10^{12}/\text{год}$$

- Слабые распады: $J/\psi \rightarrow D_s^{(*)} l \nu$, $D_s^{*+} \rho^-$, $D_s^+ \pi^-$ $B \sim (3-4) \times 10^{-9}$
- СМ для слабых распадов с $\Delta S=0$: $Br \sim 10^{-11}$, $J/\psi \rightarrow D^0 \rho^0$, $D^0 \pi^0$.
Чувствительность к NP
- $cc \rightarrow ss$ переход: $J/\psi \rightarrow \phi\phi$, $B \sim 10^{-8}$, C-violation
- Поиск NP в распадах с LFV: $J/\psi \rightarrow l^+ l'^-$
- Нарушение CP в распадах $J/\psi \rightarrow \gamma \phi\phi$, EDM с-кварка
- Поиск глюболов (**gg**) и гибридов (**qqg**)

D-мезоны (спектроскопия)



Три типа D-мезонов (по 6 состояний) - D^\pm (cd), D^0 (cu), D_s^\pm (ds)

σ_{max} для пар D-мезонов

	D^+D^-	$D^0\bar{D}^0$	$D\bar{D}^*$	$D_s^+D_s^-$	$D_s^+D_s^{*-}$
$E, \text{ГэВ}$	3.77	3.77	4.02	4.01	4.17
$\sigma, \text{нб}$	2.9	3.7	~ 6.7	~ 0.25	~ 0.9

Состояния D_J рождаются в реакциях $e^+e^- \rightarrow D^{(*)}D_J$ с $\sigma \sim 1 \text{ нб}$ (4.3-5 ГэВ)

C- τ фабрика может произвести 6×10^{10} пар D-мезонов и 10^{10} пар D_s -мезонов в год

Редкие распады D мезонов

- Lept. $D \rightarrow l \nu$, f_D , V_{cd}
- $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ SM $\sim 10^{-12}$ NP - 10^{-6}
- $D \rightarrow X_u l^+ l^-$ SM $\sim 10^{-6}$ NP - 10^{-6} (нет K)
- DO $B(D^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-) < 3.9 \times 10^{-6}$
 - CLEO $B(D^+ \rightarrow \pi^+ e^+ e^-) < 7.4 \times 10^{-6}$
- LFV NP - 10^{-6}
 - BABAR $B(D^0 \rightarrow \mu^+ e^-) < 0.81 \times 10^{-6}$
 - BABAR $B(D^+ \rightarrow \pi^+ e^+ \mu^-) < 1.1 \times 10^{-5}$

C-фабрика даст чувствительность $\sim 10^{-8}$

Поиск нарушения CP

SM предсказывает CP-нарушение в распадах D-мезонов на уровне $A_{CP} \sim (1-3) \cdot 10^{-3}$

$$A_{CP} = \frac{\Gamma(D \rightarrow f) - \Gamma(\bar{D} \rightarrow \bar{f})}{\Gamma(D \rightarrow f) + \Gamma(\bar{D} \rightarrow \bar{f})}$$

Belle: $D^0 \rightarrow K^+K^-, \pi^+\pi^-$

$$A_{CP}(K^+K^-) = (0.43 \pm 0.30 \pm 0.11)\%$$

$$A_{CP}(\pi^+\pi^-) = (0.43 \pm 0.52 \pm 0.12)\%$$

CLEO: $D^+ \rightarrow K_S \pi^+, K_S \pi^+ \pi^0$

$$A_{CP}(K_S \pi^+) = (-0.6 \pm 1.0 \pm 0.3)\%$$

$$A_{CP}(K_S \pi^+ \pi^0) = (0.3 \pm 0.9 \pm 0.3)\%$$

На c- τ фабрике CP-нарушение может быть измерено с чувствительностью $\sim 10^{-3}$

Преимущества с-τ фабрики

- Множественность при $E=3.77$ ГэВ примерно в 2 раза меньше чем при $E=10.6$ ГэВ
- Парное рождение ($e^+e^- \rightarrow DD$) позволяет использовать метод двойного мечения:
 - полностью реконструировать один D-мезон
 - затем или полностью реконструировать второй D-мезон (для адронных распадов)
 - или искать события с улетевшим нейтрино (для лептонных и полулептонных распадов)
- Когерентное рождение пары D-мезонов позволяет использовать квантовые корреляции для изучения смешивания D-мезонов и нарушения CP

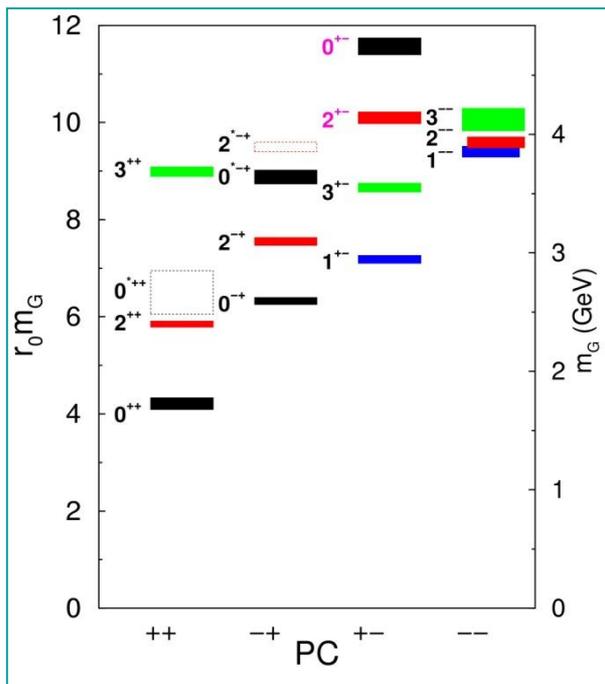
“Очарованные” барионы

Кварковая модель предсказывает 15 S-волн. барионов, (все найдены)

- Λ_c^+ (udc), $M \approx 2.29$ ГэВ, $\sigma\tau \approx 60$ мкм
- Ξ_c^+ (usc), $M \approx 2.47$ ГэВ, $\sigma\tau \approx 132$ мкм
- Ω_c^0 (ssc), $M \approx 2.70$ ГэВ, $\sigma\tau \approx 21$ мкм
- $\sigma(e^+e^- \rightarrow \Lambda_c^+ \Lambda_c^-) \approx 0.5$ нб, 5×10^8 /год
 - Измерение вероятностей распада
 - Формфакторы, G_E , G_M , резонансы в сечении
 - Редкие распады
 - Поиск нарушения CP (поляризация!!!!)

Кварковая модель предсказывает 63 P-волн. барионов (найлены 16)

Поиск глюболов и гибридов



- LQCD предсказывает спектр глюболов
- Глюболы смешиваются с обычными мезонами
- Требуется детальное изучение свойств мезонов в различных реакциях и каналах распада:

Скалярный глюбол – (f_0, a_0, K_0^*)

- $J/\psi \rightarrow \gamma f_0, \phi f_0, \omega f_0, \rho a_0, K^* K_0^*$
- $\gamma\gamma \rightarrow f_0, a_0$
- с распадами в $PP, VP, VV, V\gamma$

- Легчайший гибрид имеет экзотические квантовые числа 1^{-+}
- Масса - в диапазоне 1.3-2.2 GeV
- Кандидаты: $\pi_1(1400)$, $\pi_1(1600)$ наблюдались в $\pi^- N \rightarrow \pi_1^- N$
- S-волновой распад $\chi_{c1} \rightarrow \pi \pi_1$, P-волновой распад $J/\psi \rightarrow \rho \pi_1$

Физика τ -лептона

- 10^{10} пар τ -лептонов
 - В-фабрики $\sim 10^9$
 - Супер-В $\sim 7 \times 10^{10}$
- Набор статистики вблизи порога
 - $2E=3.55$ ГэВ, $\sigma=0.1$ нб, $N_{\tau\tau}=10^8$
 - τ -лептоны рождаются в покое \rightarrow кинематические ограничения для адронных распадов \rightarrow малый фон
 - фон от событий без τ -лептона может быть измерен ниже порога
 - $2E=3.77$ ГэВ, $\sigma=2.5$ нб, $N_{\tau\tau}=2 \cdot 10^9$

LFV

Супер-В, 75 аб^{-1}
 7×10^{10} пар τ

Process	Sensitivity
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \gamma)$	2×10^{-9}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow e \gamma)$	2×10^{-9}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \mu \mu)$	2×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow e e e)$	2×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \eta)$	4×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow e \eta)$	6×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \ell K_S^0)$	2×10^{-10}

Распад $\tau \rightarrow \mu \gamma$

- Лучший предел: 4.4×10^{-8} , BABAR на 5×10^8 пар τ
- На $Y(4S)$:
Фон от $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-\gamma$
Верхний предел $\propto 1/\sqrt{L}$
- C - τ -фабрика с 10^{10} пар $\tau\tau$ даст близкую или лучшую чувствительность

Поиск ~~CP~~ в распадах τ

- Нарушение $CP \rightarrow NP$, модели с заряженным хиггсом
- Две амплитуды с разными слабыми и сильными фазами
- $\tau^- \rightarrow K_S \pi^- \nu$, $A_{CP} = 3 \times 10^{-3}$
- $\tau^- \rightarrow K^- \pi^0 \nu$
- Как наблюдать:
 - Асимметрия: $\Gamma(\tau^+ \rightarrow f^+) - \Gamma(\tau^- \rightarrow f^-) \sim \sin \delta \sin \phi$
 - Модифицированная асимметрия $\sim \sin \delta \sin \phi$
 - Асимметрия в тройном произведении
 $\sigma \cdot (p_1 \times p_2) \sim \cos \delta \sin \phi$
- Поляризация пучков может увеличить чувствительность в несколько раз

Для изучения каких процессов нужна продольная поляризация ?

- **τ -ЛЕПТОНЫ**
 - Лептонный спектр (параметры Мишеля)
 - Поиск нарушения CP
- **Барионы: Λ_c^+ , $J/\psi \rightarrow \Lambda\Lambda$**
 - Поиск нарушения CP
- Поляризация не является абсолютно необходимой для этих измерений, но может значительно повысить их чувствительность
- $e^+e^- \rightarrow pp, nn, \Lambda\Lambda\dots$

Физика на с-τ фабрике

Выводы

- *Разработана детальная физическая программа для Супер с-τ фабрики
(<http://ctd.inp.nsk.su/wiki/index.php/CDR>)*
- *Программа физических исследований на Супер с-τ фабрике очень интересна, разнообразна и комплиментарна программам исследований на Супер В фабриках и LHC*
- *На доступной для исследований статистике не прямые методы позволят продвинуться по шкале масс до 10-100 ТэВ*

Требования к коллайдеру

- Светимость: чем больше, тем лучше
- Максимальная энергия:
 - 4.7 (Λ_c^+), 5.1 (Ξ_c^+), 5.5 (Ω_c^0)
- Энергетический разброс: $\sigma \sim 1$ МэВ
 - J/ψ , $\psi(2S)$, $\sigma(e^+e^- \rightarrow \psi) \propto \Gamma/\sigma_E$
 - $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ на пороге, $\Delta p_h/p_h \propto (\sigma_E/E)^{1/2}$
- Поляризация
 - 3.1 ГэВ - $J/\psi \rightarrow \Lambda\Lambda$,
 - 3.55 - 4.25 ГэВ - $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$
 - 4.56 – 4.70 ГэВ - $e^+e^- \rightarrow \Lambda_c^+ \Lambda_c^-$

Коллайдер

- **Энергия пучка 1.0-2.5 ГэВ**
- **Светимость 10^{35} на 2 ГэВ**
- **Продольная поляризация электронов в IP**
- **Калибровка энергии методом ОКР**

- Два кольца
- Crab waist collisions
- Суб-миллиметровая бета-функция в IP
- Использование обр.св. для получения больших токов
- 5 сибирских змеек для поляризации
- Источник позитронов
- Источник поляризованных электронов
- 2.5 ГэВ Линак
- 50 Гц инжекция
- Двухсгустковое ускорение (e^- , e^+)

Crab Waist collisions with Large Piwinski Angle

1. *P.Raimondi, 2nd Workshop on Super B-Factory, March 2006.*
2. *P.Raimondi, D.Shatilov, M.Zobov, . "Beam-Beam Issues for Colliding Schemes with Large Piwinski Angle and Crabbed Waist", LNF-07-003-IR, Feb. 2007, e-Print: physics/0702033.*

$$L = \frac{\gamma}{2er_e} I \frac{\xi_y}{\beta_y^*} \left(1 + \frac{\sigma_y}{\sigma_x \sqrt{1 + \phi^2}} \right)$$

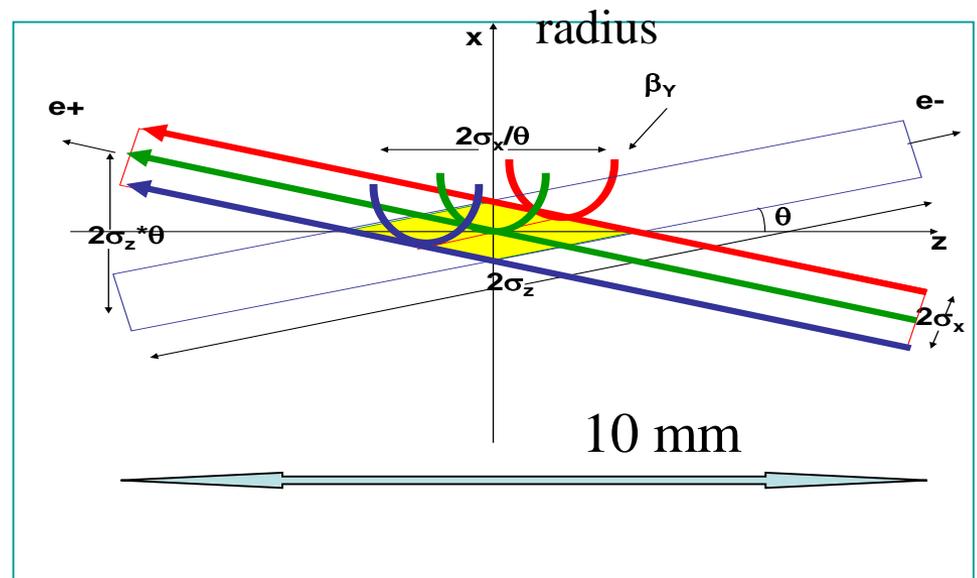
$$\phi = \frac{\sigma_z}{\sigma_x} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \simeq 60 \text{ мрад}$$

$$\beta_y^* = 0.2 \text{ мм (6} \div \text{10 мм, B-фабрики)}$$

$$\xi_y = 0.15 \text{ (0.05, B-фабрики)}$$

$$\sigma_y \sim 0.2 \text{ } \mu \text{ (вертик.)}$$

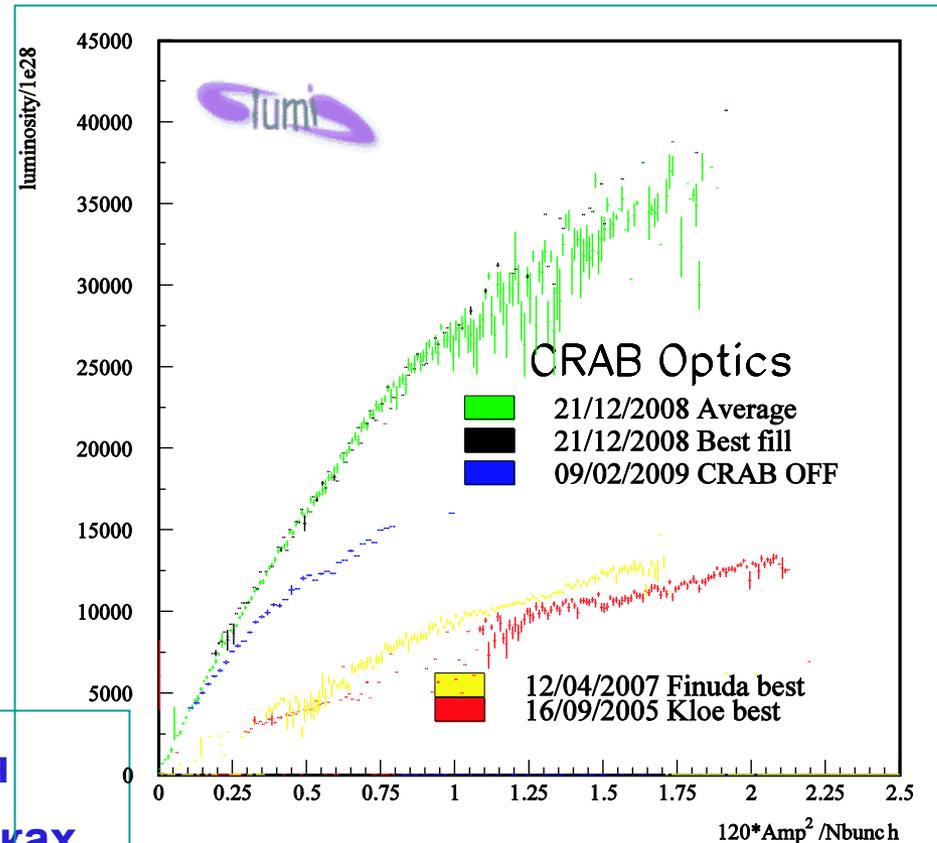
$$\sigma_x \sim 20 \text{ } \mu \text{ (горизонт.)}$$



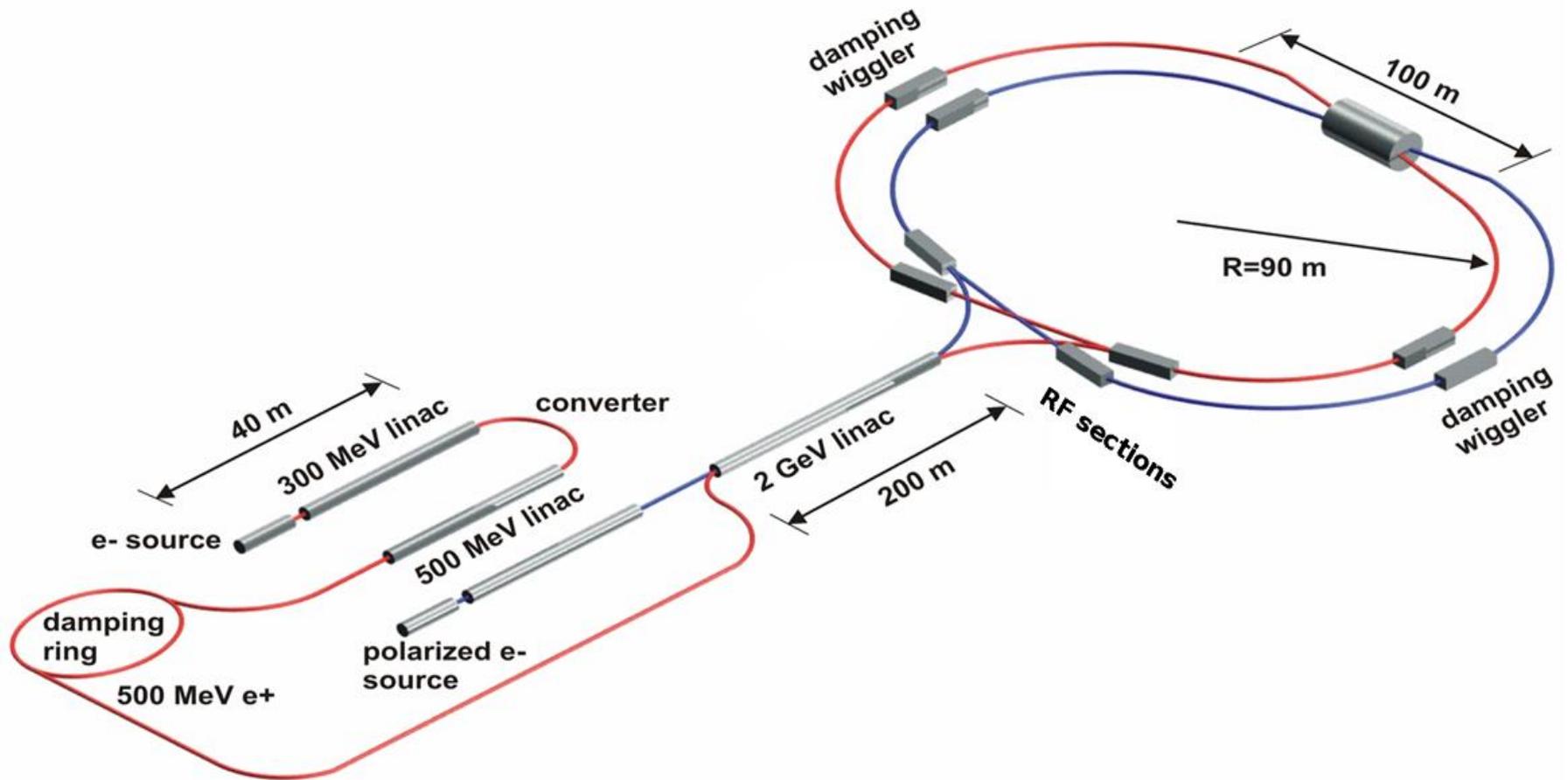
Crab Waist collisions with Large Piwinski Angle

Проверка метода Crab Waist была проверена на ϕ -фабрике DAΦNE

Crab Waist метод планируется использовать на Супер В фабриках в Японии, Италии и Супер с-т фабрике в Новосибирске



Общая схема колайдера



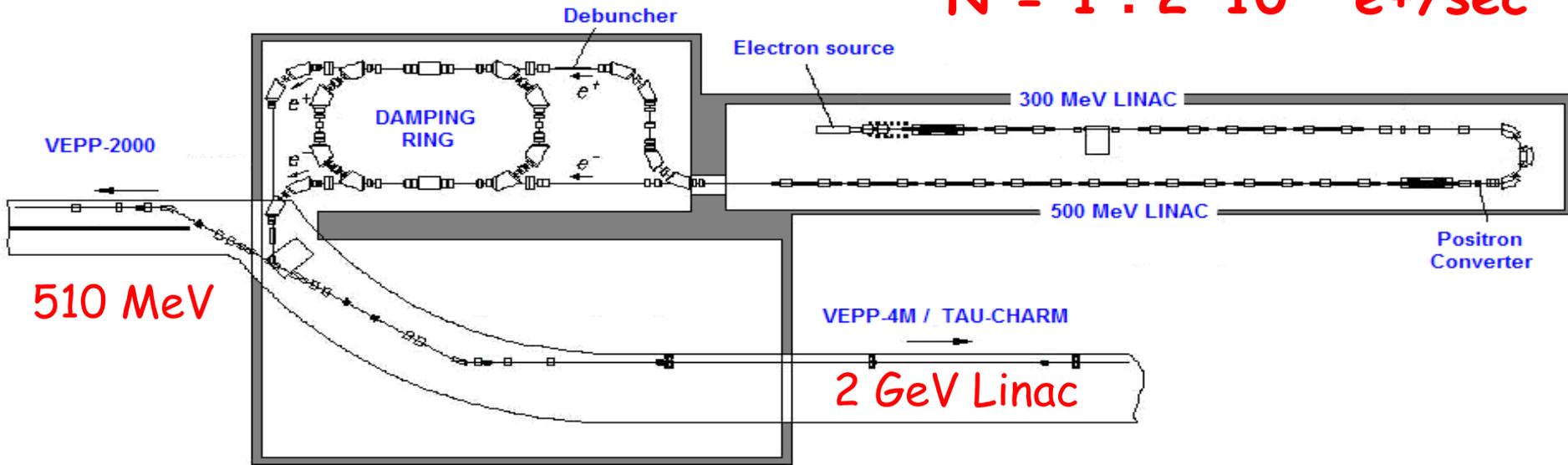
Основные параметры коллайдера

Energy	1.0 GeV	1.5 GeV	2.0 GeV	2.5 GeV
Circumference	780 m			
Emittance hor/ver	8 nm/0.04 nm @ 0.5% coupling			
Damping time hor/ver/long	30/30/15 ms			
Bunch length	16 mm	11 mm	10 mm	10 mm
Energy spread	$10.1 \cdot 10^{-4}$	$9.96 \cdot 10^{-4}$	$8.44 \cdot 10^{-4}$	$7.38 \cdot 10^{-4}$
Momentum compaction	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-3}$
Synchrotron tune	0.007	0.010	0.009	0.008
RF frequency	508 MHz			
Harmonic number	1300			
Particles in bunch	$7 \cdot 10^{10}$			
Number of bunches	390 (10% gap)			
Bunch current	4.4 mA			
Total beam current	1.7 A			
Beam-beam parameter	0.15	0.15	0.12	0.095
Luminosity	$0.63 \cdot 10^{35}$	$0.95 \cdot 10^{35}$	$1.00 \cdot 10^{35}$	$1.00 \cdot 10^{35}$

Инжектор позитронов

50 Hz Extraction

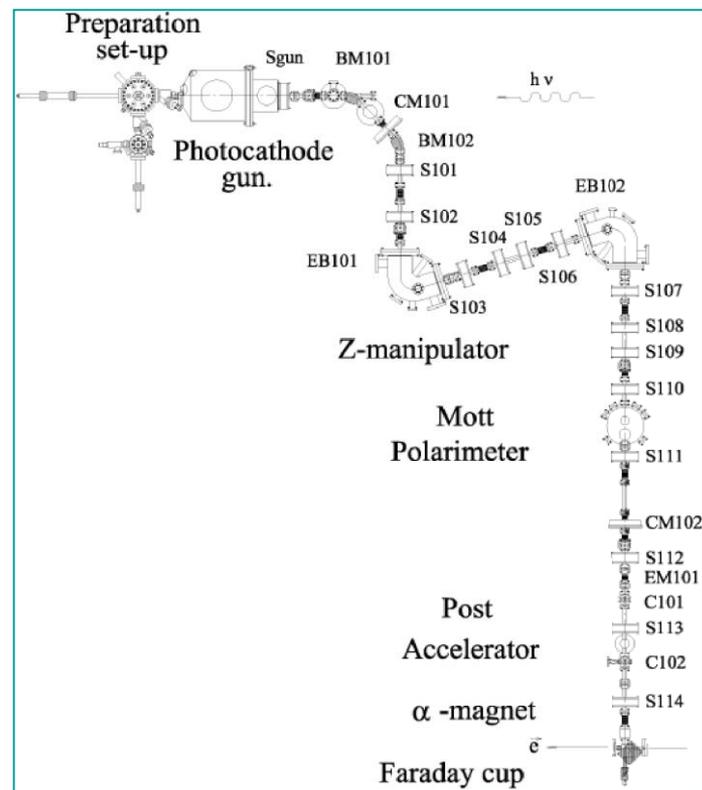
$$N = 1 \div 2 \cdot 10^{11} e^+ / \text{sec}$$



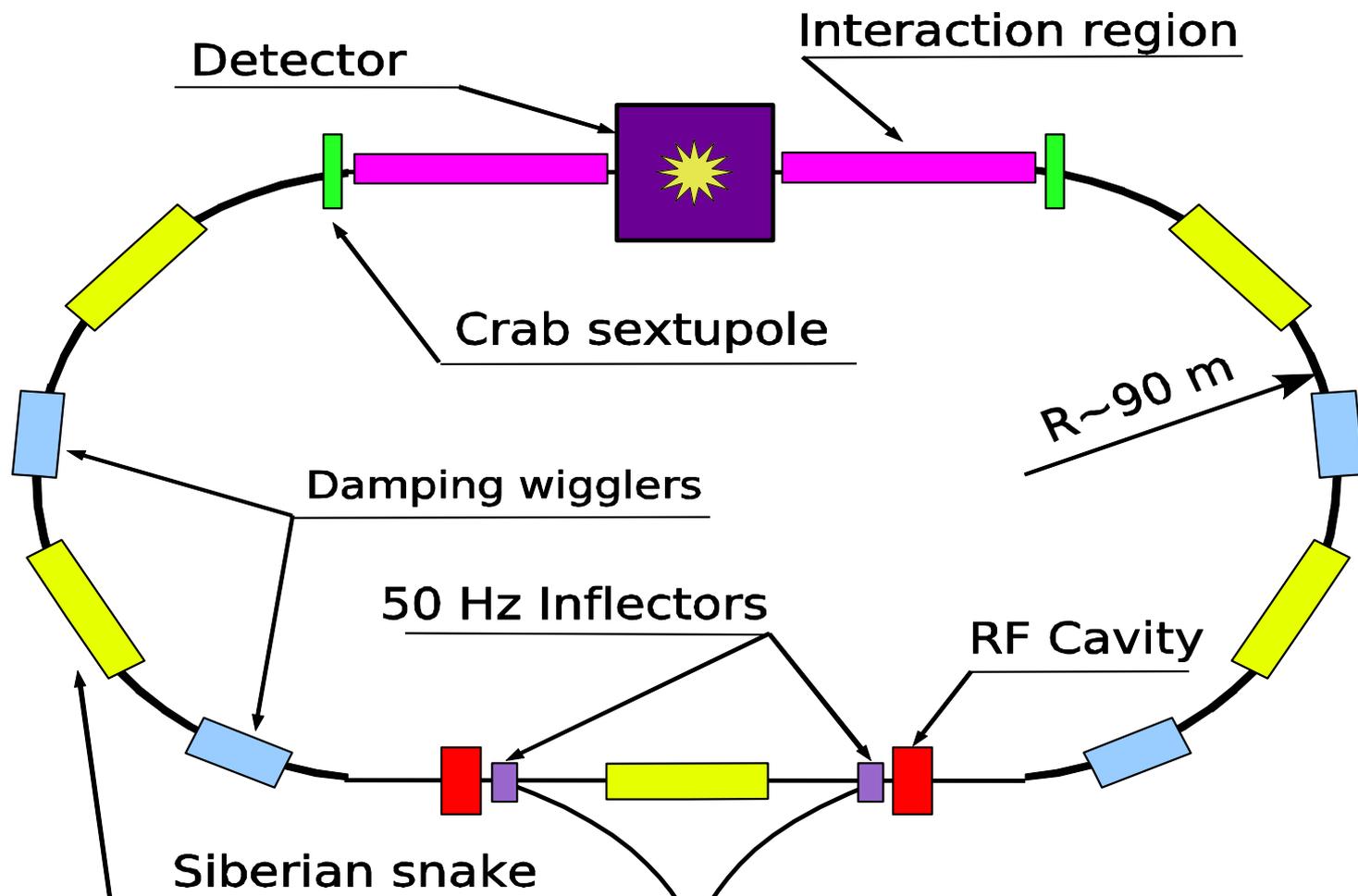
Источник поляризованных электронов

- Beam polarization 60-80% (90%)
- Cathode voltage 100 kV
- Photocathode type Strained InGaAsP
- Laser type Ti-Sapphire
- Light wavelength 700-850 nm
- Laser power in a pulse 200 W
- Pulse duration 2.1 μ s
- Repetition rate 1 Hz (50 Hz)
- Max. current from a gun 150 mA
- Operational current 15-20 mA
- Photocathode lifetime 190-560 hours

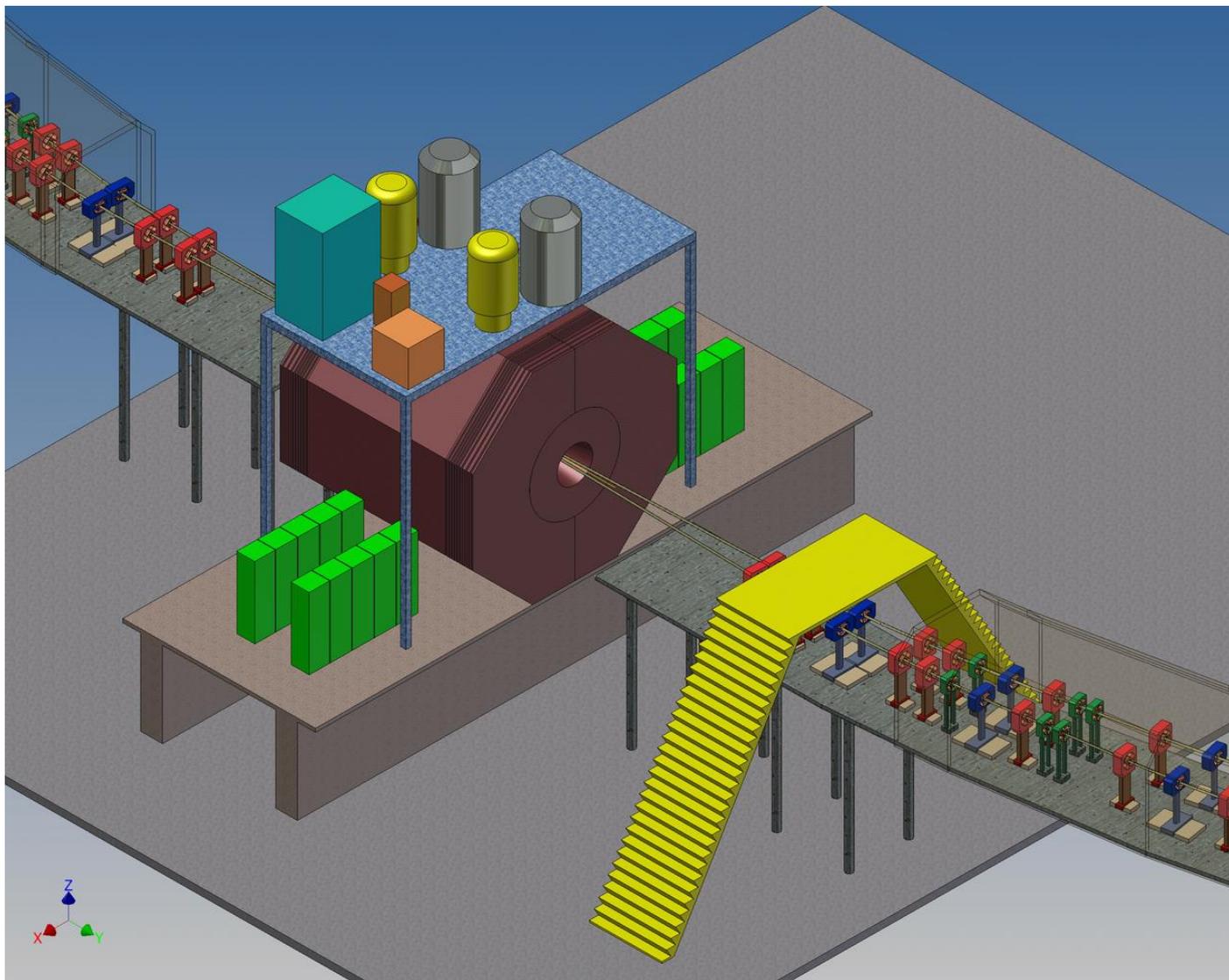
Polarized electron source produced by BINP for AmPS



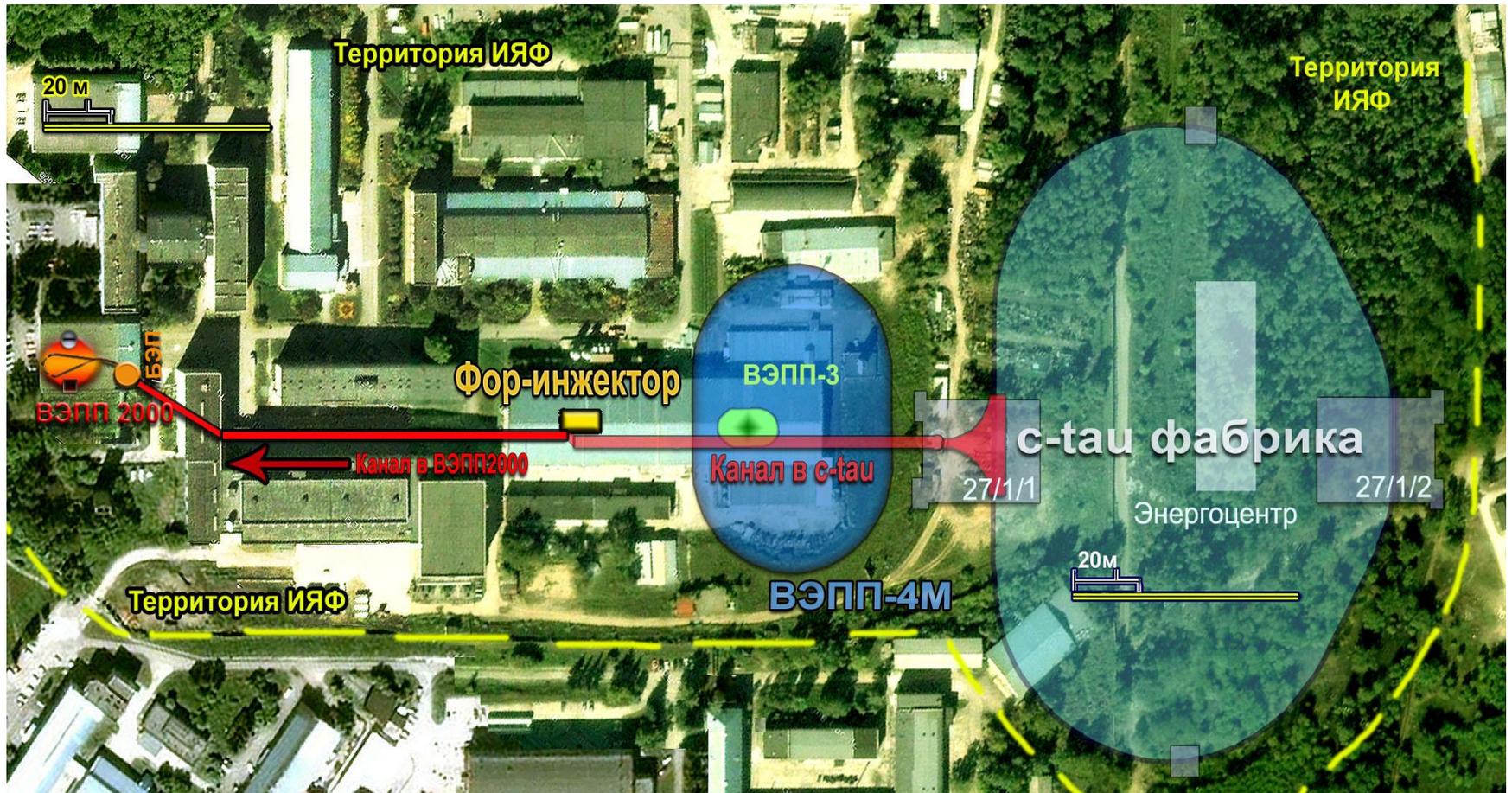
ОСНОВНОЕ КОЛЬЦО



Финальный фокус и детектор



Привязка к местности



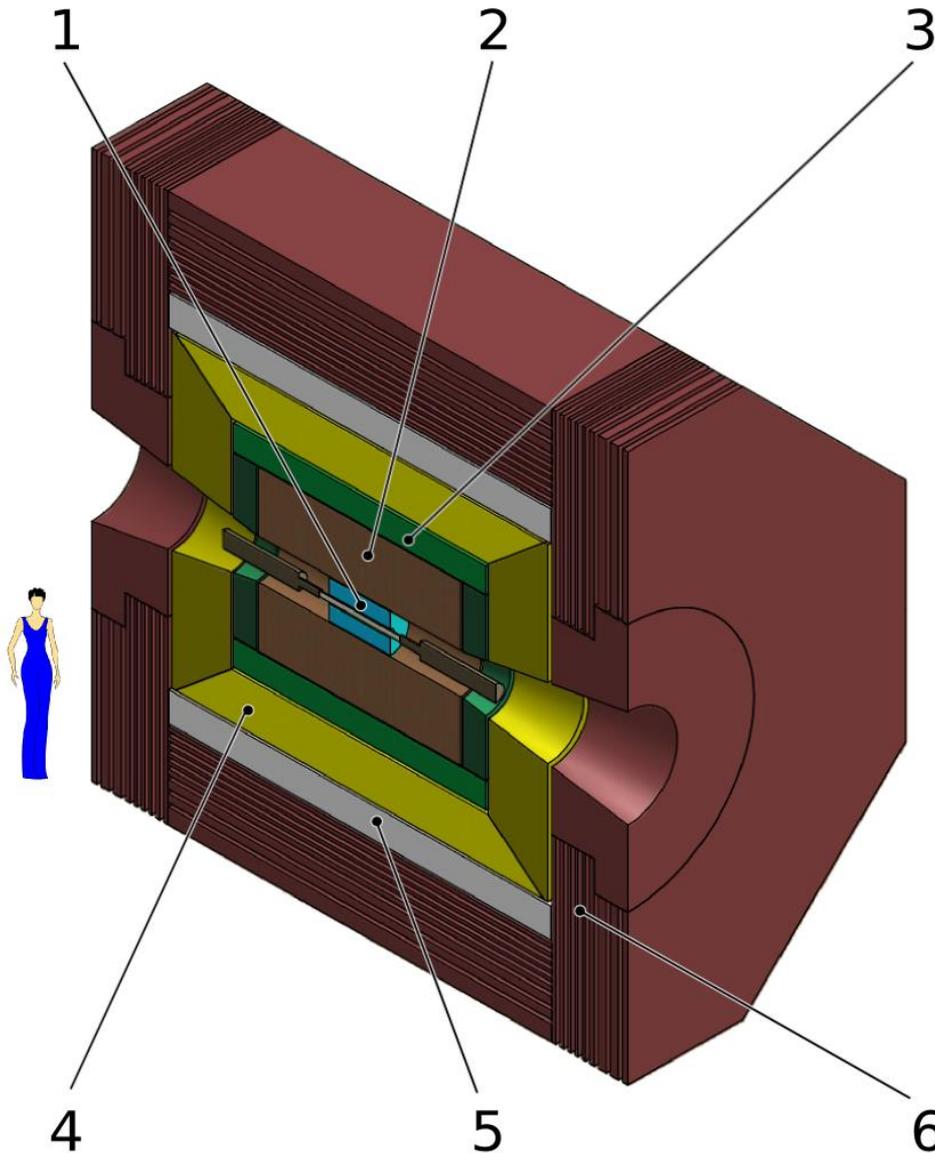
Детектор

- Планируется формирование международной коллаборации для создания ускорителя, детектора и проведения экспериментов с ним
- После публикации CDR проекта желание участвовать в его реализации уже выразили 18 групп из России и из-за рубежа (http://ctd.inp.nsk.su/wiki/index.php/File:ScTau_collaborationList.pdf)

Требования к детектору

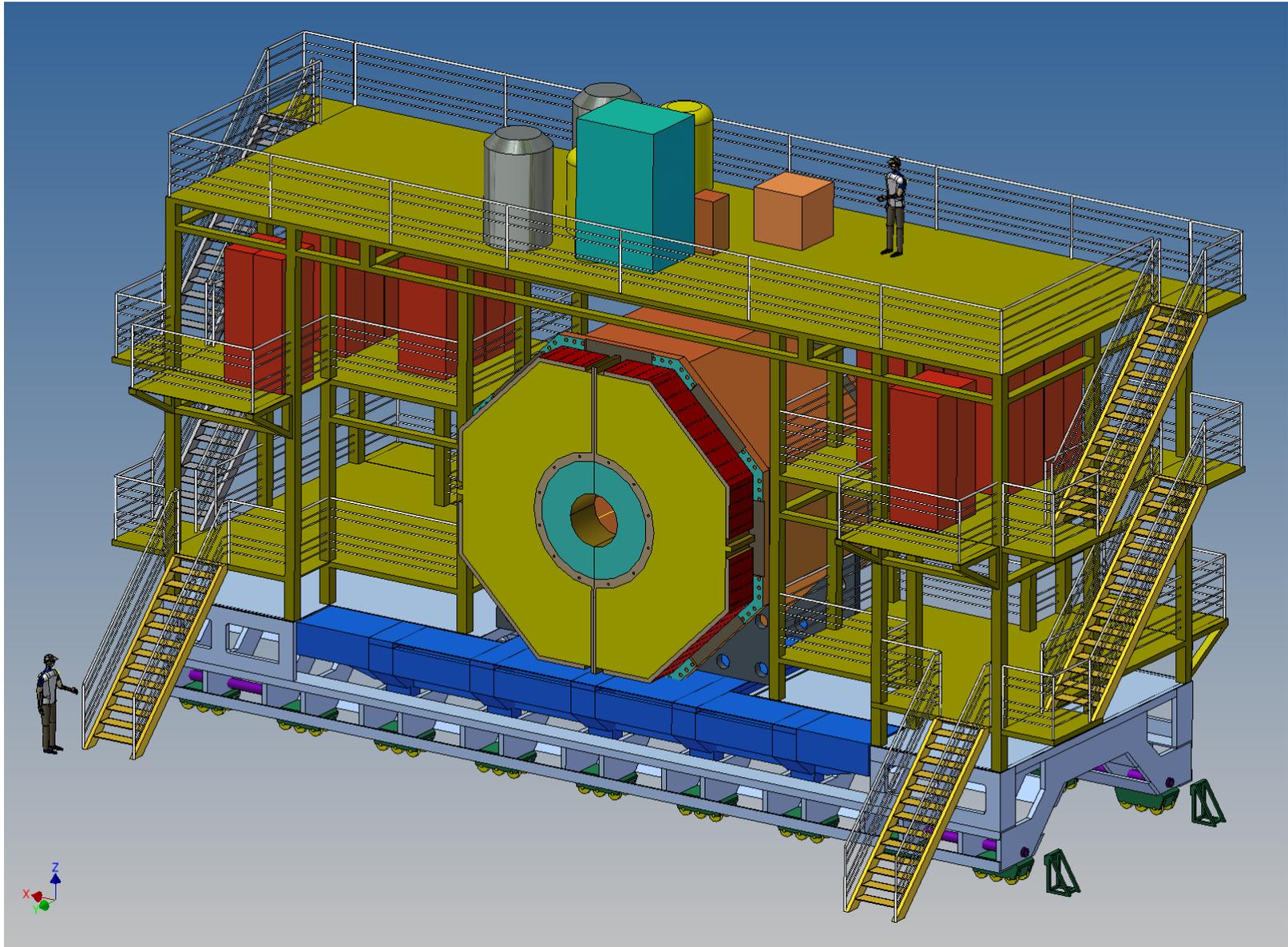
- Для выполнения намеченной физической программы потребуется создание универсального магнитного детектора с полем 1Тл. Детектор должен иметь:
 - Предельное импульсное разрешение для заряженных частиц и разрешение по энергии гамма-квантов
 - Система идентификации с рекордными для существующих и строящихся детекторов параметрами. Выделение распада $\tau \rightarrow \mu \nu$ требует надежное μ/π разделение до импульсов 0.8 ГэВ/с

Схема детектора



1. Вершинный детектор
2. Дрейфовая камера
3. Система идентификации ФАРИЧ
4. Калориметр
5. Сверхпроводящая катушка
6. Ядро магнита и мюонная система

Детектор



Загрузки детектора

	J/ψ	$\psi(2S)$	$\tau\bar{\tau}$	$\psi(3770)$	$\tau\bar{\tau}$	$\Lambda_c\bar{\Lambda}_c$
E_{cm} [МэВ]	3097	3686	3700	3770	4250	4650
σ [нбн]	~ 1450	~ 400	2.5	~ 6	3.5	0.5
f [кГц]	140	40	2.5	6	3.5	0.5

Фоновые процессы

Космика [кГц]	~ 2					
Адроны [кГц]	~ 19	~ 17	~ 17	~ 16	~ 14	~ 12
Bhabha [кГц]	~ 90	~ 80	~ 80	~ 80	~ 60	~ 50

- При наборе статистики в пике J/ψ - мезона загрузка детектора от физических событий составит 250 кГц

Требования к детектору

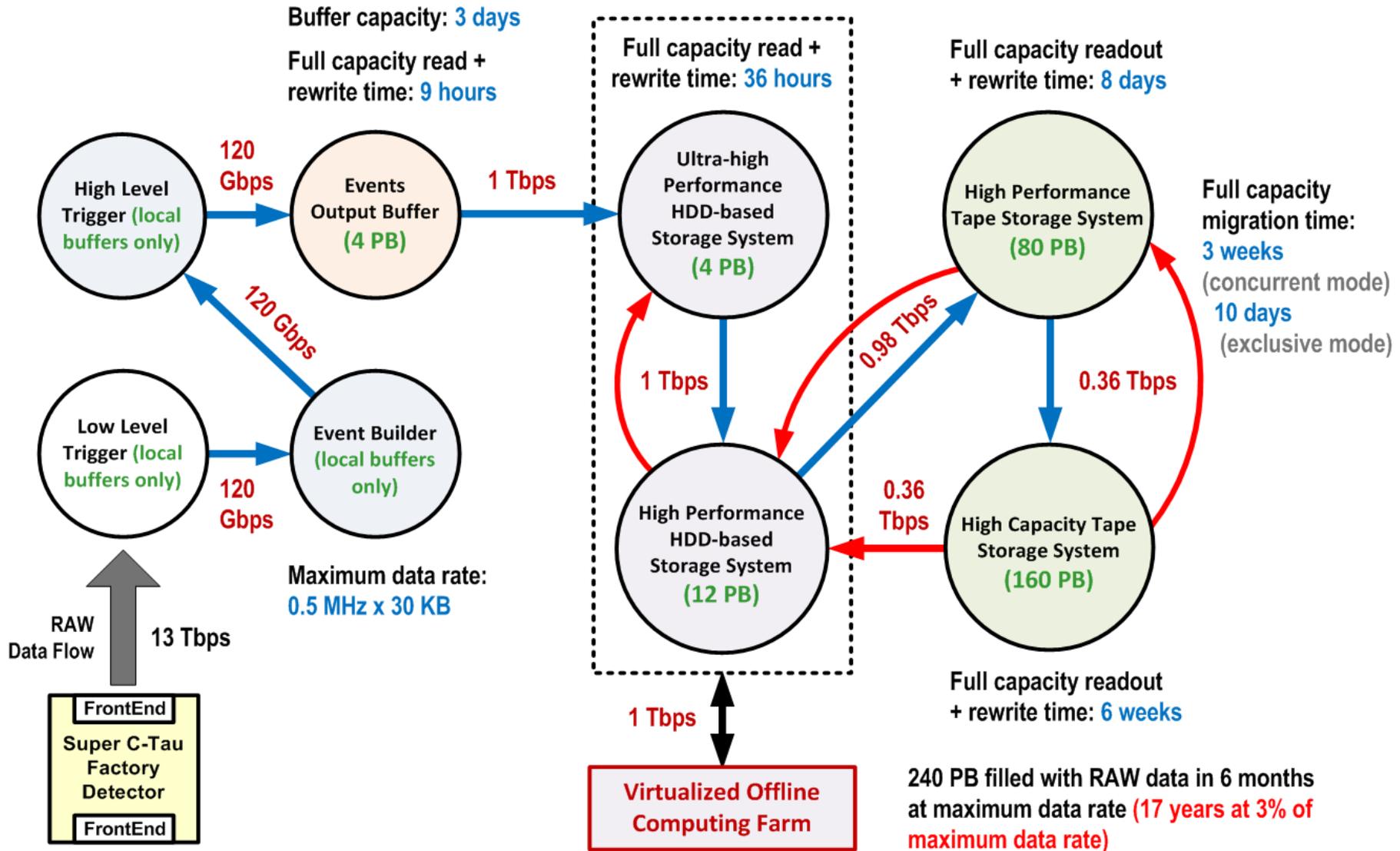
- **Необходима** оцифровывающая электроника и система сбора данных с пропускной способностью 300-500 кГц. Максимальный поток данных составит 120 Гбит/сек
- **Уникальный триггер**, позволяющий выделять физические события и подавить фон в условиях очень высокой загрузки детектора
- Средняя величина потока данных с детектора, сохраняемых для дальнейшей обработки, составит 16 петабайт/год

Требования к детектору

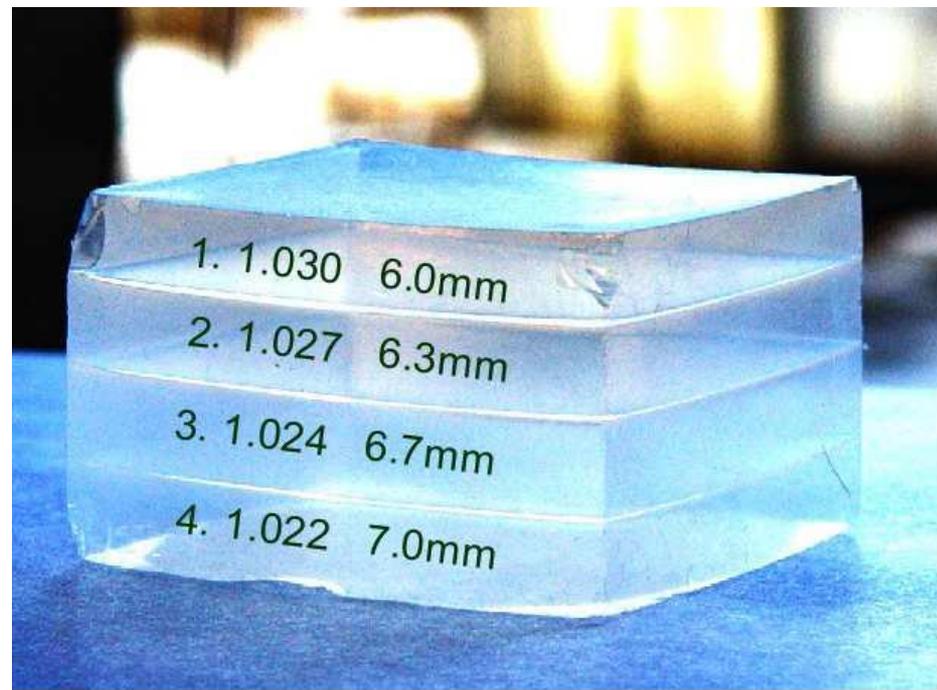
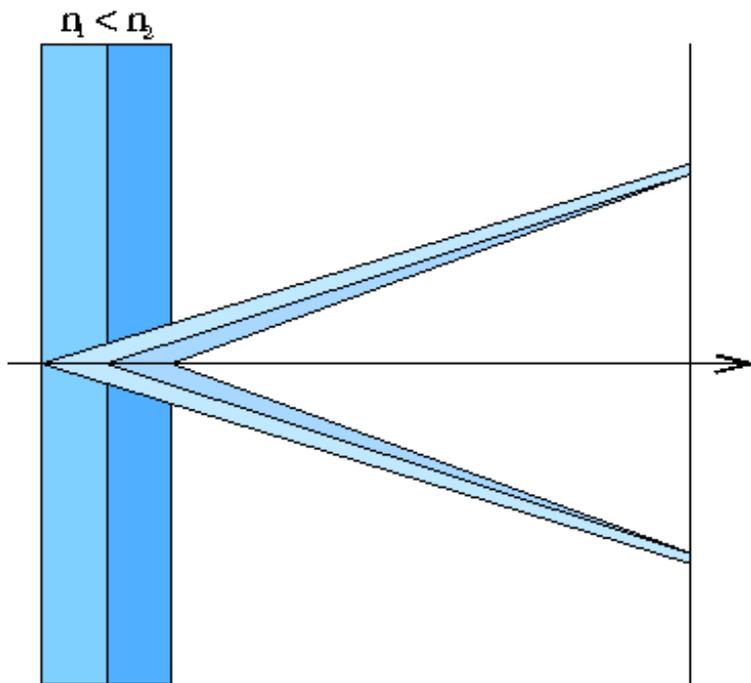
- Оцифровывающая электроника располагается внутри детектора, а передача данных наружу осуществляется через оптические линки с производительностью 10 Гбит/сек
- Компьютерное и телекоммуникационное оборудование детектора включает в себя счетный кластер, содержащий 30000 ядер CPU, с производительностью 0.8 петафлопс и ленточное хранилище объемом 240 петабайт

Цена вопроса: 18-20 M\$

Компьютерная инфраструктура



Идея ФАРИЧ (FARICH – Focusing Aerogel RICH)



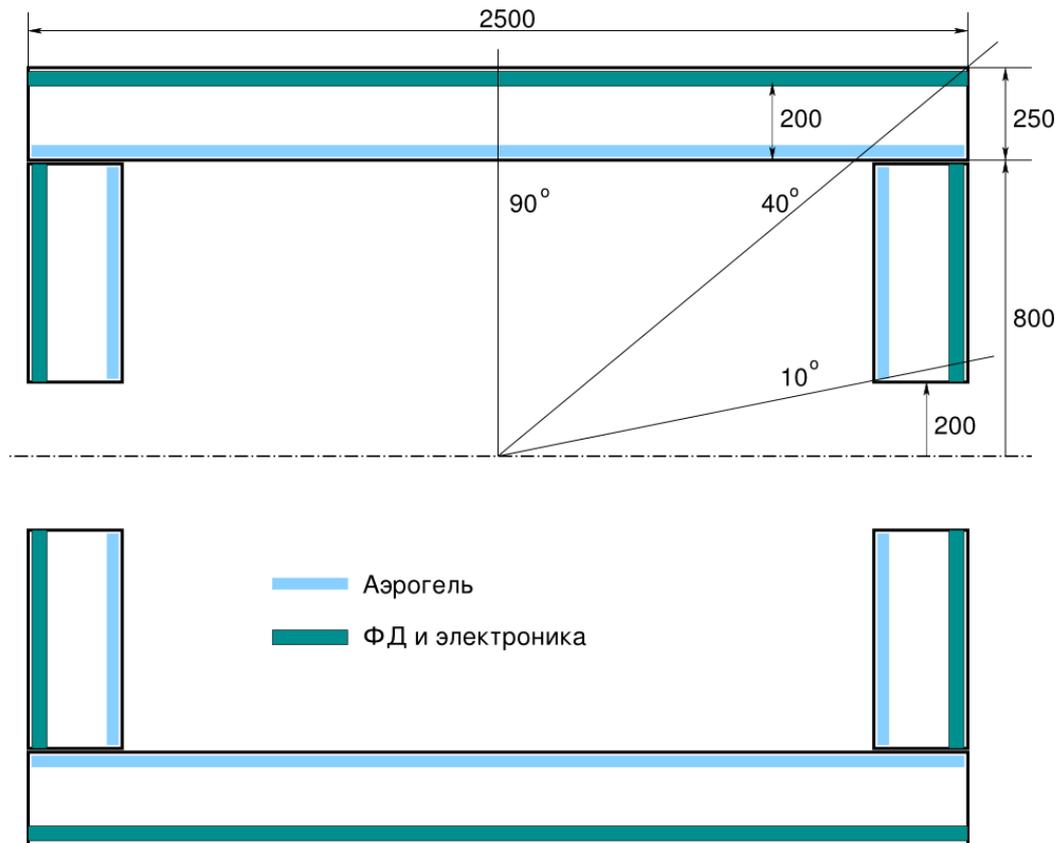
Повышение точности измерения черенковского угла по сравнению с одним слоем достигается за счет уменьшения вклада толщины радиатора в ошибку.

T.Iijima et al., NIM A548 (2005) 383

С. А. Yu. Barnyakov et al., NIM A553
(2005) 70

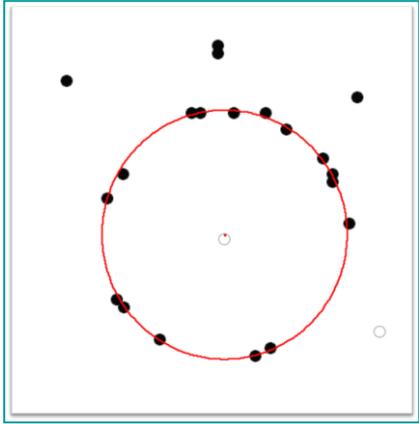
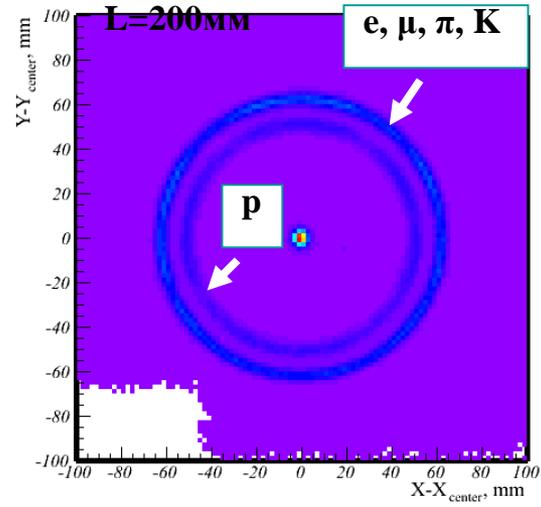
er C Tau

Проект системы идентификации ФАРИЧ

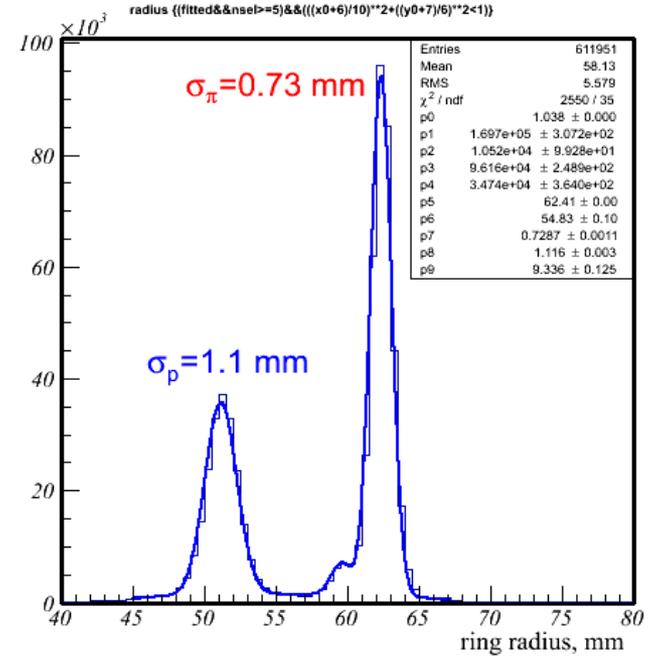


- Площадь фотодетектора: 21 м²
- Кремниевые фотоумножители (Hamamatsu MPPC, Philips DPC, CPTA MRS APD, ...)

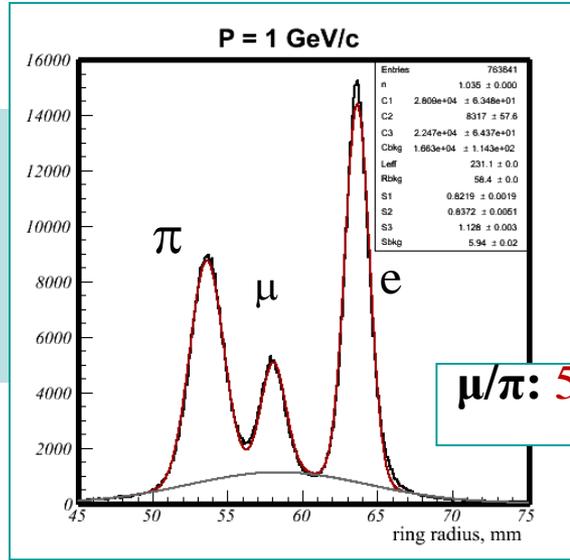
Результаты калибровки прототипа ФАРИЧ



Подгонка кольца методом максимального правдоподобия



**π/K-разделение на 6 ГэВ/с:
3.8 сигм 14 фотоэлектронов
для π-мезонов**



μ/π: 5.3σ @ 1 GeV/c

Состояние дел по проекту

- Разработана детальная физическая программа исследований на Супер с-т фабрике
- Подготовлен концептуальный проект ускорителя и детектора для Супер с-т фабрики с оценкой стоимости (18 млрд руб в ценах 2011 года) (<http://ctd.inp.nsk.su/wiki/index.php/CDR>)

Проект Супер с-т фабрики получил одобрение
Европейского комитета по ускорителям будущего

- Подготовлена дорожная карта проекта (<http://ctd.inp.nsk.su/wiki/index.php/Roadmap>)

Состояние дел по проекту

- Проект Супер с-т фабрики получил высокую оценку международной экспертизы, проведенной МинОбрНауки РФ
 - Межведомственная рабочая группа по научной инфраструктуре рекомендовала Правительству РФ проект Супер с-т фабрики для реализации
 - Подписаны договоры о сотрудничестве по созданию Супер с-т фабрики между ИЯФ и КЕК, INFN, Институтом Джона Адамса
- Проект Супер с-т фабрики включен в концепцию развития Сибирского отделения РАН до 2025 года

Состояние дел по проекту

- Ведется разработка системы идентификации детектора для Супер с-т фабрики
- В ИЯФ СО РАН завершено создание и идет запуск инжекционного комплекса для Супер с-т фабрики. Затраты на его создание составили 1.5 млрд руб
- В 2013 году завершена стадия «Проект» проектирования всей строительной инфраструктуры Супер с-т фабрики (5 зданий и тоннель) и получена строительная документация на 2 здания. Сформирован пакет документов для “ГлавГосЭкспертизы” для получения одобрения на окончательный проект.

Состояние дел по проекту

- МинОбрНауки V-2013, обсуждение мегапроектов, от ИЯФ - Скринский, Тихонов, назначены эксперты от ЕС - Аутар, Myers (по проекту C Tau)
- Брюссель - ответное мероприятие VI-2013, от ИЯФ - Тихонов, Левичев, эксперты дали положительную оценку проекту и ряд советов

Спасибо за внимание