



Супер С-Тау Фабрика (эксперимент и детектор)

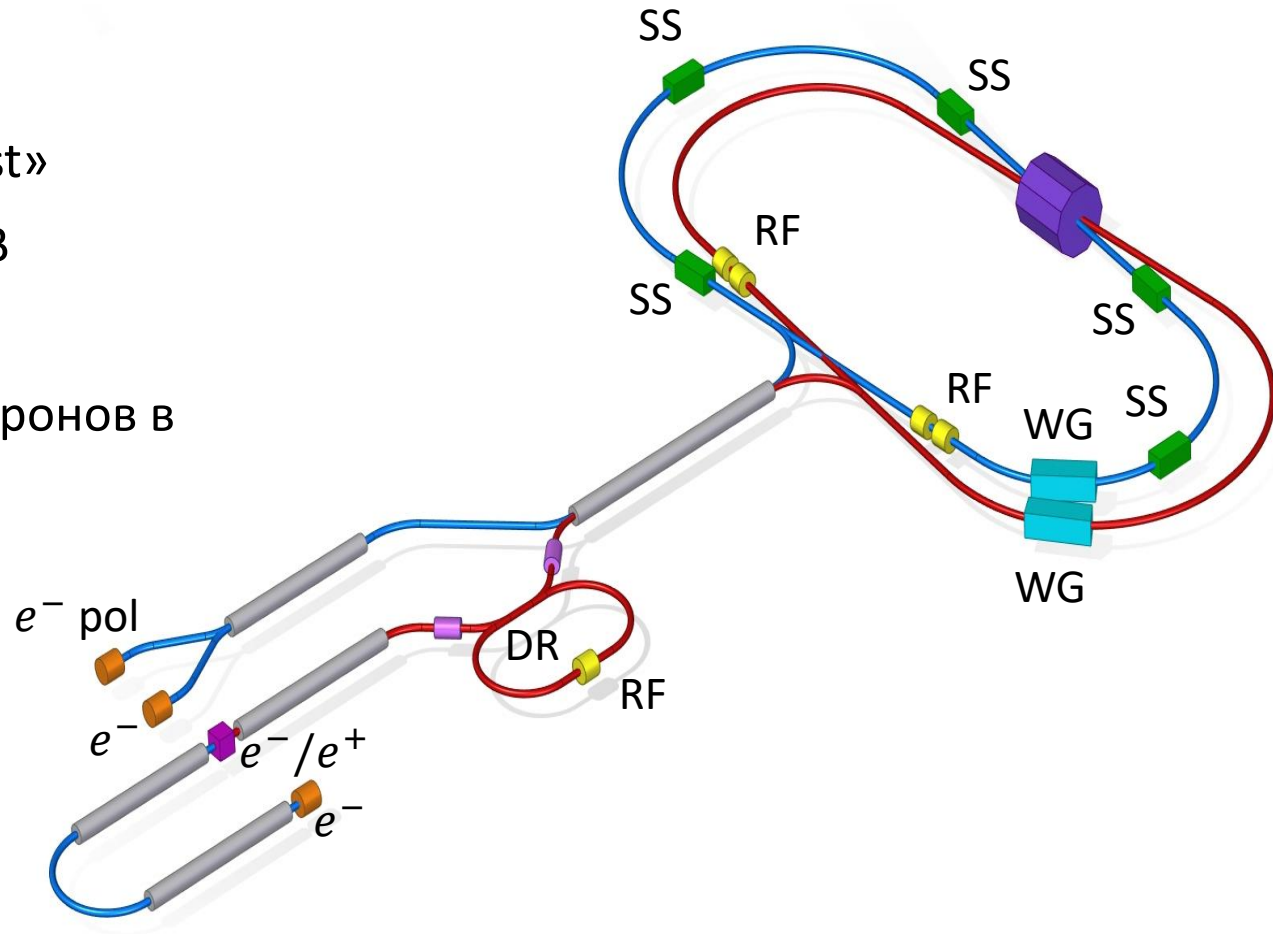
Научная сессия ИЯФ СО РАН

22 февраля 2019

В. Воробьев

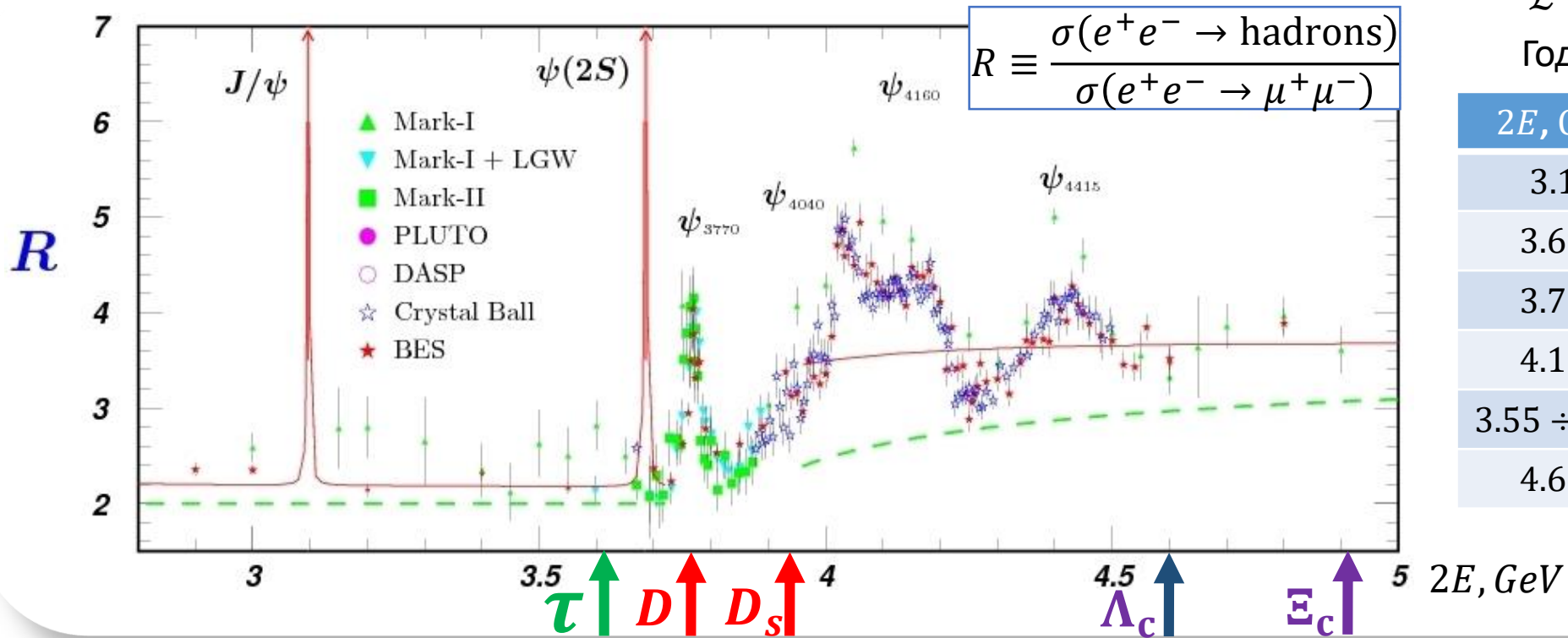
Ускорительный комплекс

- Схема столкновений «Crab Waist»
- Диапазон энергий: от 2 до 6 ГэВ
- Светимость $10^{35} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
- Продольная поляризация электронов в месте встречи



Детали – в сообщении А. Богомякова

Диапазон энергий



$\mathcal{L} = 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ c}^{-1}$
 Год работы фабрики

$2E, \text{ GeV}$	Количество
3.1	$10^{12} J/\psi$
3.69	$10^{11} \psi(2S)$
3.77	$10^9 D\bar{D}$
4.17	$10^8 D_s\bar{D}_s$
3.55 ÷ 4.3	$10^{10} \tau\tau$
4.65	$10^8 \Lambda_c^+\Lambda_c^-$

- Прецизионное измерение сильного взаимодействия в непертурбативной области
- Поиск и изучение экзотических кварковых и глюонных состояний
- Детальное изучение тау-лептона
- Поиск Новой Физики

Физическая программа

Необходимый ингредиент для поиска новой физики в распадах В-мезонов

- ✓ Измерение сильных фаз в распадах D-мезонов
- ✓ Поиск запрещенных или сильно подавленных распадов с-кварка
- ✓ Поиск CP-нарушения
- ✓ ...

C



КХД

- ✓ Физика сильновозбужденного кваркония
- ✓ Молекулярные состояния
- ✓ Пороговые взаимодействия барионов
- ✓ Поиск глюболов в распадах J/ψ и ψ'
- ✓ ...

Проверка SM в электрослабом секторе

- ✓ Измерение параметров τ -лептона с высокой точностью
- ✓ Параметры Мишеля. Проверка лептонной универсальности
- ✓ Прецизионное измерение адронных распадов τ -лептона
- ✓ Поиск CP, T нарушений в распадах τ -лептона
- ✓ ...

τ

КХД, α_s , V_{us} . Поиск отклонений от электрослабой модели. Поиск нестандартных вкладов

Концепция детектора

Основные требования

- Загрузка 300 кГц
- Хорошее энергетическое и импульсное разрешение
- Высокая эффективность регистрации мягких треков
- Рекордное разделение π/K и π/μ
- Минимальная CP асимметрия детектора

7. Мюонная система и ярмо

- Сцинтилляторы,
- дрейфовые трубки

6. Сверхпроводящая катушка

4. Система идентификации

- ФАРИЧ
- АШИФ

3. Дрейфовая камера

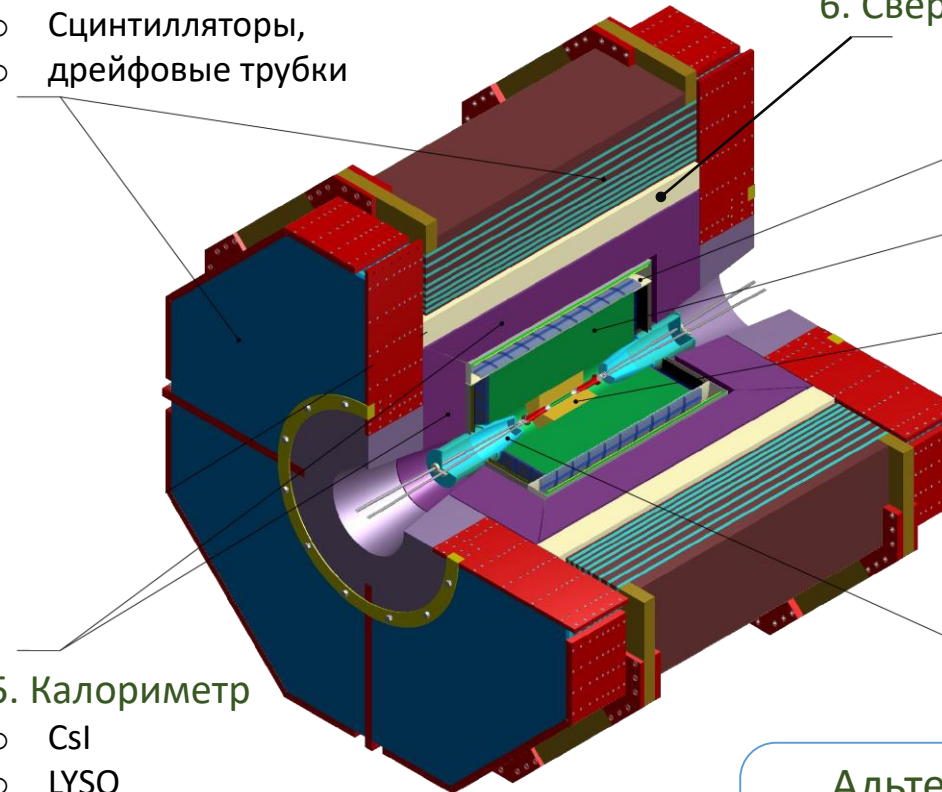
2. Внутренний трекер

- TPC
- cGEM
- Si-strip

1. Вакуумная камера (Be)

5. Калориметр

- CsI
- LYSO
- LXE



Альтернативная концепция

Тонкая сверхпроводящая катушка сразу после трековой системы



Коллаборация

Международные совещания

- 26-27 мая 2018 – ИЯФ
 - Около 50 иностранных участников
 - Первое совещание комитета советников и **список рекомендаций**
 - 4-7 декабря 2018 – Орсе (Франция)
 - 97 зарегистрированных участников из стран Европы, США, Китая и России
 - 12 докладов от ИЯФ
 - Совещание комитета советников и **список рекомендаций**
 - Ноябрь 2019 – ФИАН (Москва)
- ✓ Заинтересованность международного научного сообщества очевидна





Проект CREMLINplus

- Грант Европейской Комиссии. Проект посвящен сотрудничеству России и Европейских стран в области научной инфраструктуры. С высокой вероятностью заявка будет одобрена
- Сроки: с 2020 по 2024 годы
- В CREMLINplus запланирован «рабочий пакет», посвященный Фабрике. Финансирование пакета – 1.9 миллиона евро.
- Партнеры ИЯФ в рамках проекта:
 - CERN
 - INFN (Ferrara, Lecce, Frascati)
 - LAL
 - Giessen University
- В рамках CREMLINplus запланирована школа по детекторным технологиям в ИЯФ. На подготовку и проведение школы заложено 70 тысяч евро.



Precision experiments at electron-positron collider Super Charm-Tau Factory

A contribution to the Update of the European Strategy for Particle Physics

Budker INP, Novosibirsk



Contact persons:

Eugenie Levichev (E.B.Levichev@inp.nsk.su), Alexander Bondar (A.E.Bondar@inp.nsk.su),
Yury Tikhonov (Iouri.Tikhonov@cern.ch), Ivan Logashenko (I.B.Logashenko@inp.nsk.su)

Abstract

This document describes research program of Budker INP (Novosibirsk) on high energy physics for the next two decades based on the flagship project of the electron-positron collider Super Charm-Tau (SCT) factory. The SCT factory is designed to operate in the center-of-mass energy range from 2 to 6 GeV with peak luminosity of $10^{25} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ above 4 GeV. Longitudinal polarization of the electron beam at the interaction region enhances the collider discovery potential. The facility, equipped with a state-of-the-art universal particle detector, allows precision measurements of decays of tau lepton and hadrons formed by quarks of the two first generations.

December 2018

Евростратегия

- В 2020 году состоится обновление Европейской стратегии по физике элементарных частиц. Включение Фабрики в текст Стратегии критично для привлечения европейских учреждений в коллаборацию
- Подготовлен и отправлен документ с описанием проекта Фабрики
- Документ принят к рассмотрению, мы приглашены на симпозиум в мае 2019 года, где будут обсуждаться предложения по обновлению Стратегии



Рабочие группы

<https://classcodes.com/>

Координаторы групп

➤ В соответствии с рекомендациями комитета советников были сформированы следующие рабочие группы

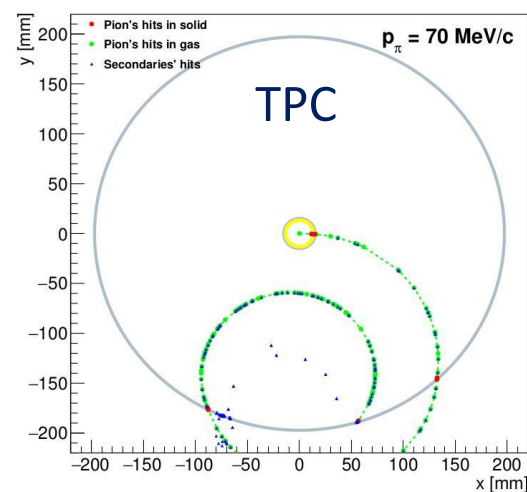
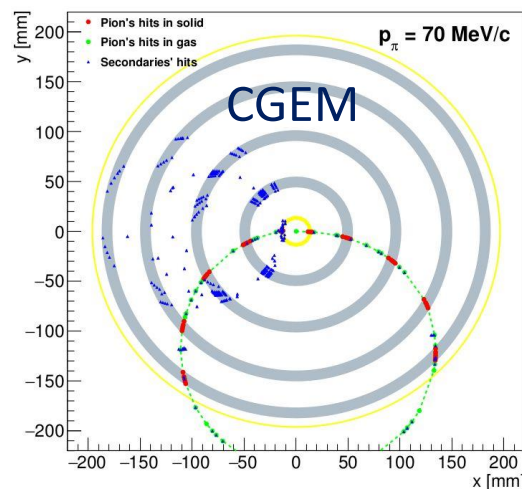
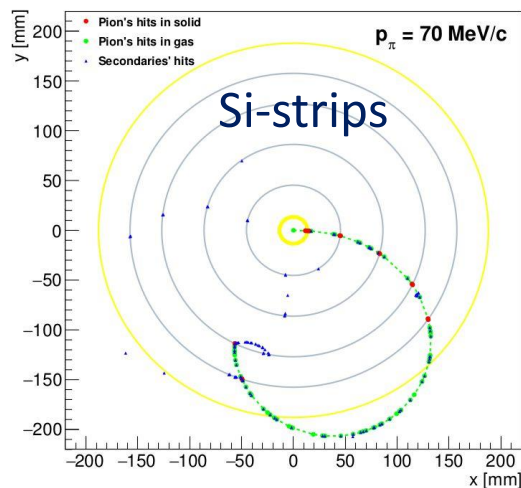
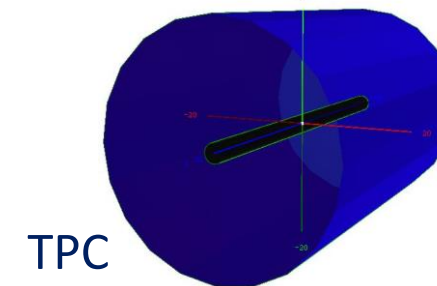
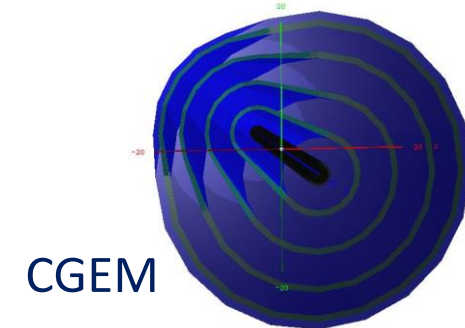
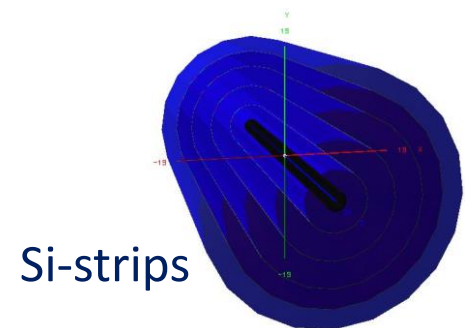
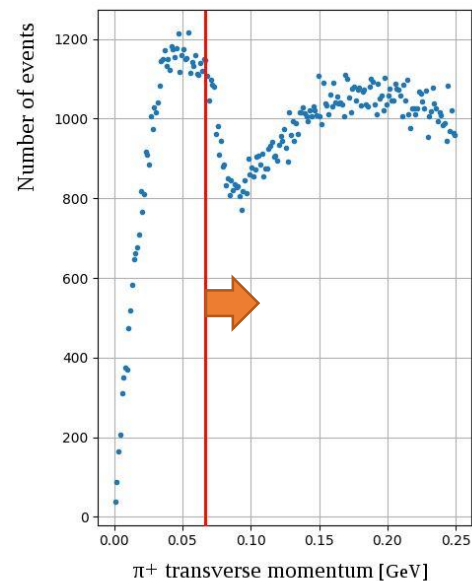
1. Внутренний трекер (Л. Шехтман)
2. Дрейфовая камера (К. Тодышев)
3. Идентификация частиц (А. Барняков)
4. Магнит (А. Брагин)
5. Калориметр (Д. Епифанов)
6. Мюонная система (Т. Углов, ФИАН)
7. Триггер (А. Талышев)
8. Компьютинг (И. Логашенко)
9. Пучковый фон (Б. Шварц)
10. Физика и моделирование детектора (В. Воробьев)
11. Инженерия (В. Бобровников)

➤ **Функции координаторов**

- Формулировать и распределять задачи для участников группы
- Организовывать регулярные встречи
- Привлекать людей в группу, в том числе иностранных коллег и коллег из других российских институтов и университетов

Моделирование внутреннего трекера

- Вакуумная камера: 3 мм Be + 0.5 мм парафин
 - Пионы с $p < 50$ МэВ не проходят через трубу
- Рассмотрены три опции
 - Кремниевые полоски
 - Цилиндрический ГЭУ
 - Время проекционная камера
- Регистрация пионов в внутреннем трекере может начинаться от 60-65 МэВ
- Следующий шаг – реконструкция треков в условиях фоновой загрузки



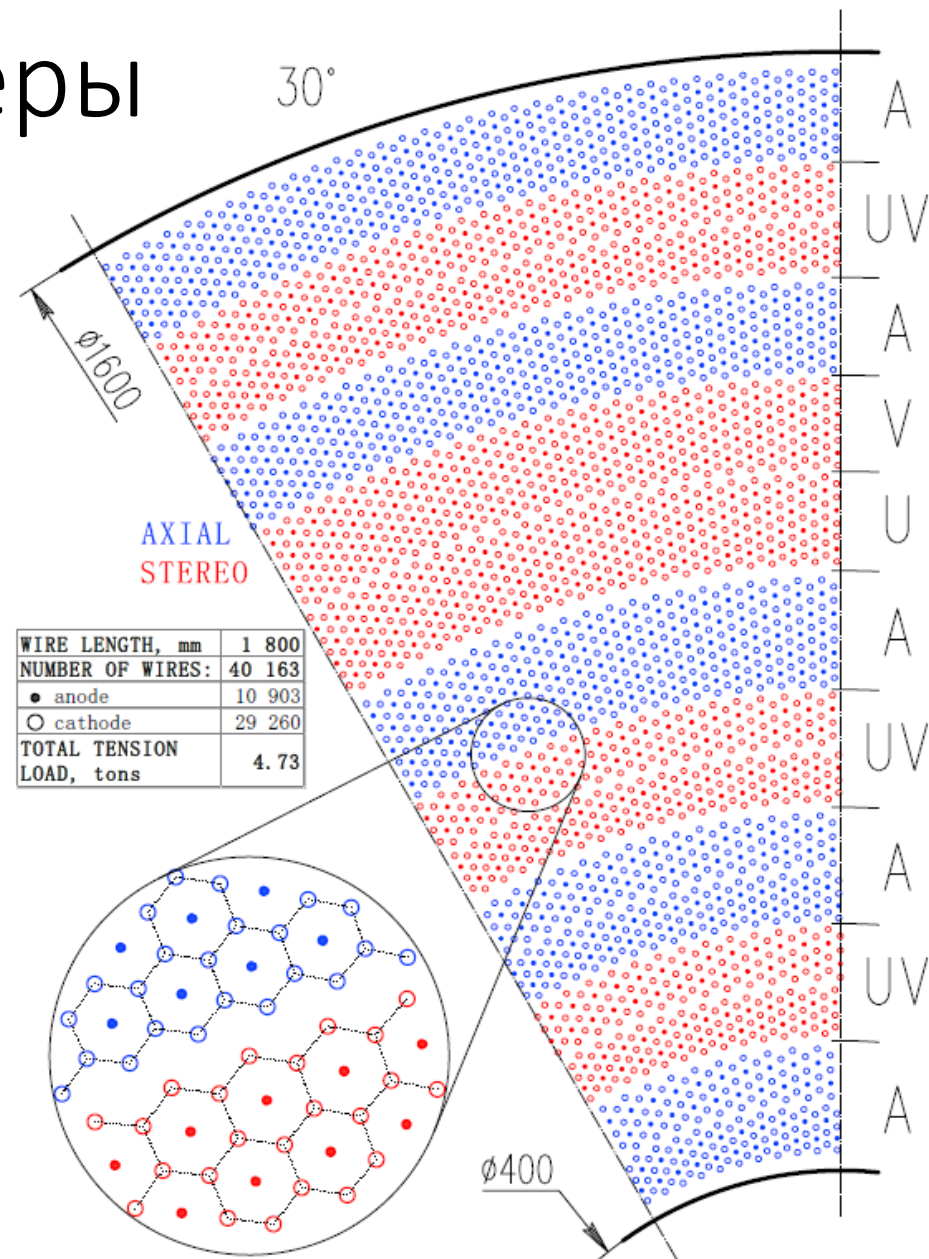
Проект дрейфовой камеры

- Традиционное, многократно проверенное решение (CLEO, BaBar, Belle, KEDR)
 - Гексагональная ячейка
 - 41 слой, 10903 чувствительные проволоки
 - Газовая смесь 60% гелий, 40% пропан
- Среднее пространственное разрешение в ячейке меньше 90 мкм
- Точность измерения импульса 0.38% (для 1 ГэВ)
- Измерение ионизационных потерь с точностью лучше 7%

Альтернативный проект «TraPId»

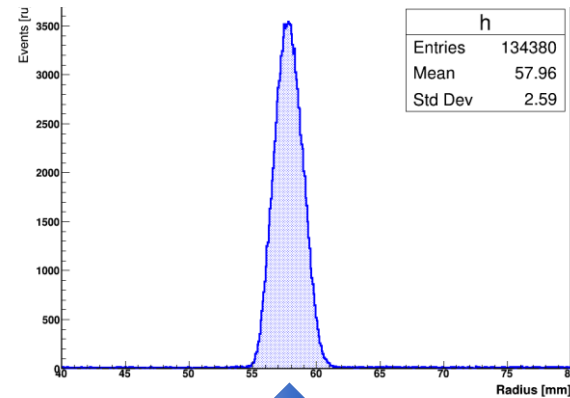
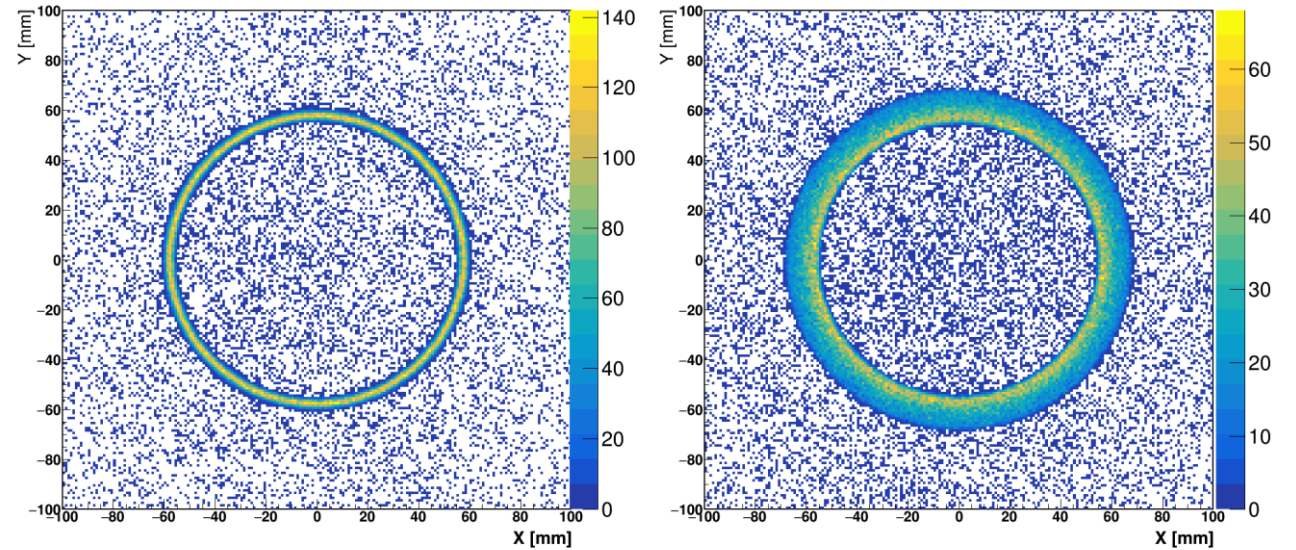
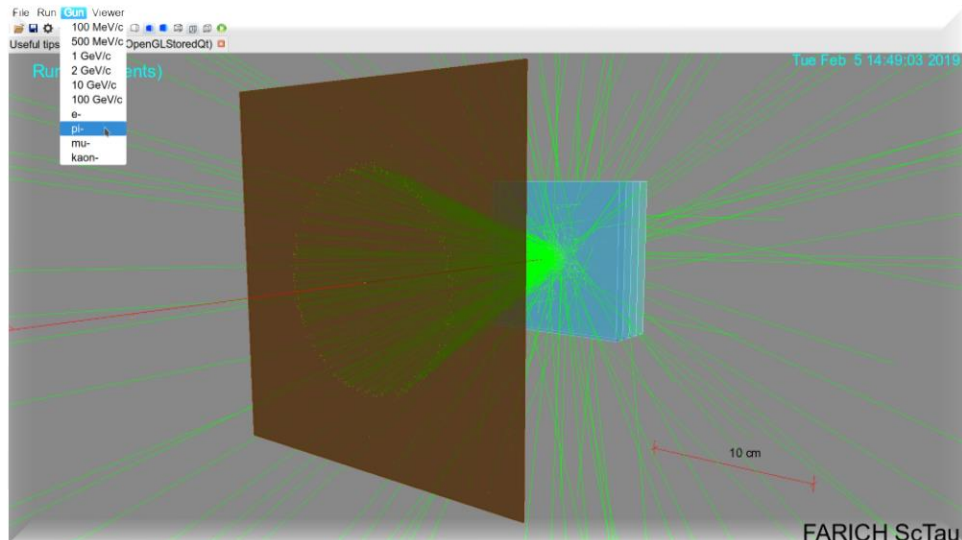
(Franco Grancangolo, INFN – Lecce)

Ultra-low mass, cluster counting, full stereo

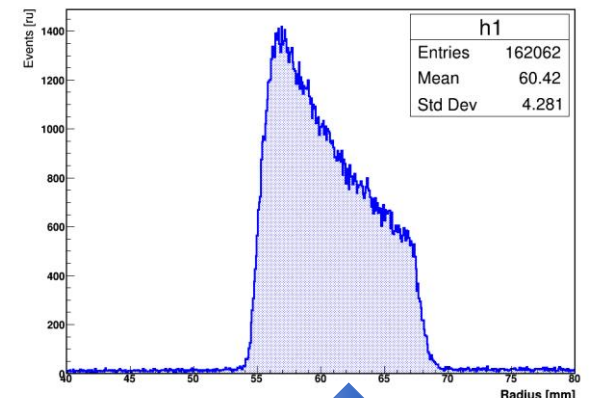


Моделирование ФАРИЧ

- ФАРИЧ – основная опция для системы идентификации частиц. Позволяет получить рекордные параметры
- Модель фокусирующего детектора в Geant4 с четырьмя слоями аэрогеля



Фокусировка

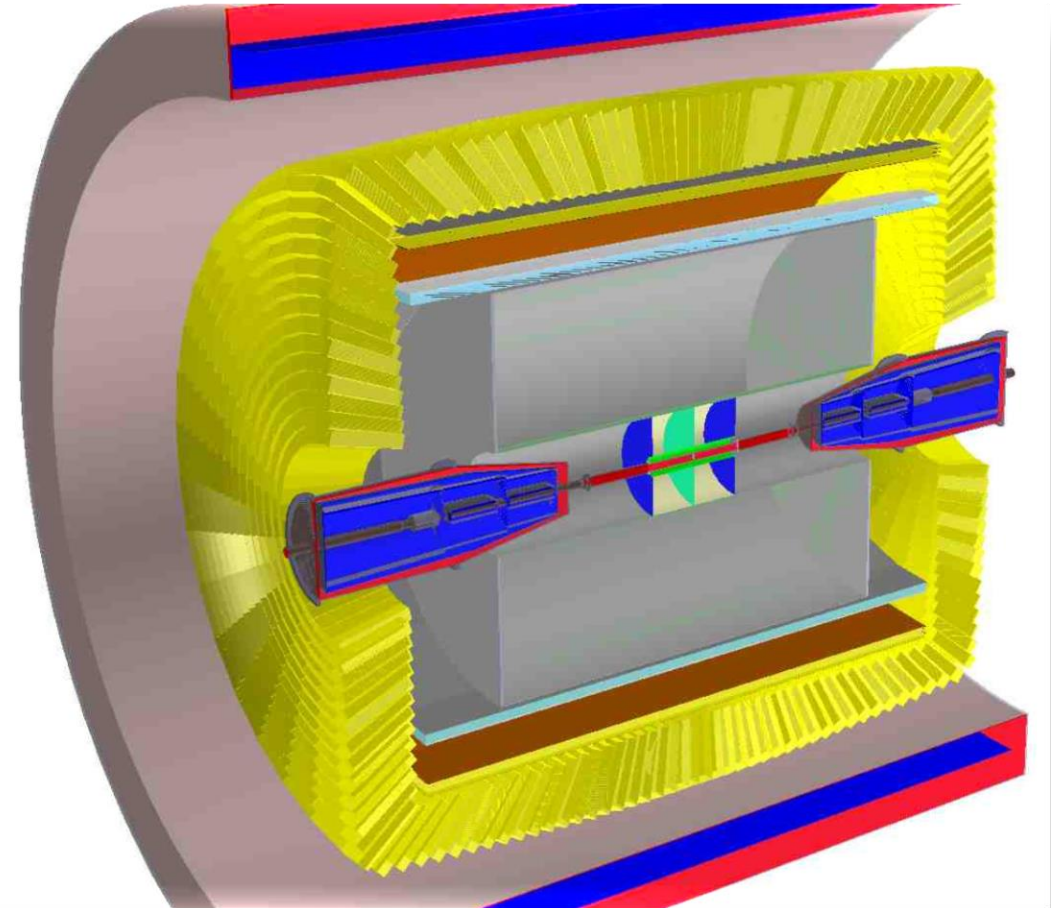


Без фокусировки

Фреймворк «Аврора»

Д. Максимов, А. Сухарев,
Ф. Игнатов, А. Жадан

- ПО для детектора разрабатывается в рамках фреймворка «Аврора»
- В основе лежат как хорошо известные пакеты (Gaudi, ROOT, Geant), так и новые интересные разработки (DD4HEP, PODIO)
- Статус:
 - Реализована генерация событий и прохождение частиц через детектор
 - Предстоит разработка процедуры оцифровки сигналов, реконструкции частиц и интерпретации событий



Заключение

- Рабочие группы по подсистемам детектора активны. Идет работа над созданием прототипов и моделированием
- Работа по созданию международной коллаборации вокруг детектора ведется успешно. Интерес к проекту очевиден

- Необходимо переходить от качественного представления к количественному
 - ❖ Уточнить требования к ускорителю
 - Необходимая степень поляризации электронов
 - Максимальная энергия пучков
 - ❖ Уточнить требования к детектору
 - Импульсное и энергетические разрешения
 - Качество идентификации частиц
 - Эффективность реконструкции мягких треков



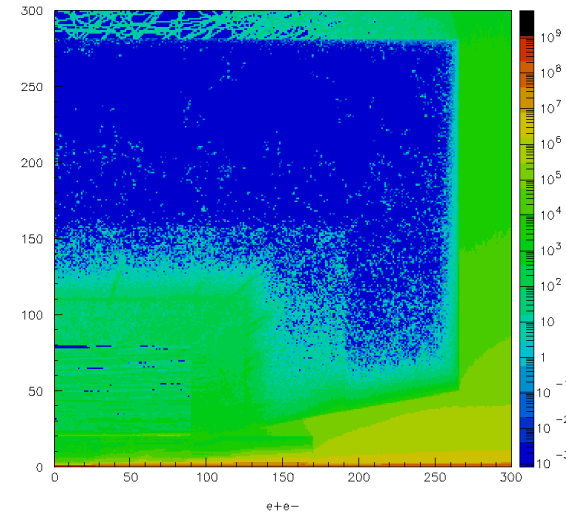
Backup

Загрузка внутреннего трекера

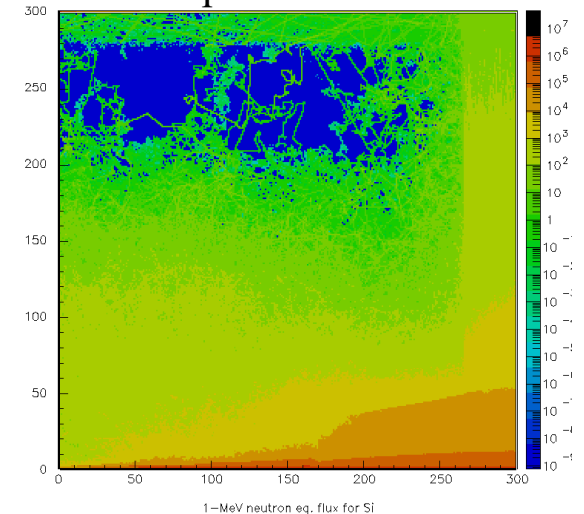
Л. Шехтман

- Процессы $e^+e^- \rightarrow \gamma^*\gamma^* \rightarrow e^+e^-e^+e^-$ и $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma(n\gamma)$ создают сильную загрузку вблизи вакуумной камеры
- 8×10^8 событий в секунду при светимости 10^{35} (≈ 8 частиц на соударение пучков)
- Поток заряженных частиц в области внутреннего трекера $10^5 - 10^3 \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$
- Эквивалентный поток 1 МэВ нейтронов для Si не превосходит 10^{11} н/см^2 в год. Необходима радиационно устойчивая электроника

Электроны и позитроны



Эквивалентный нейтронный поток



- Загрузка слишком велика для



- straw tubes
- компактной дрейфовой камеры

- Загрузка приемлема для



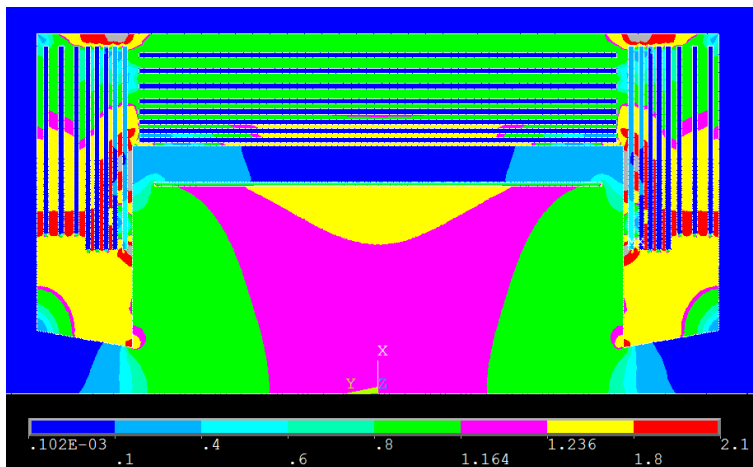
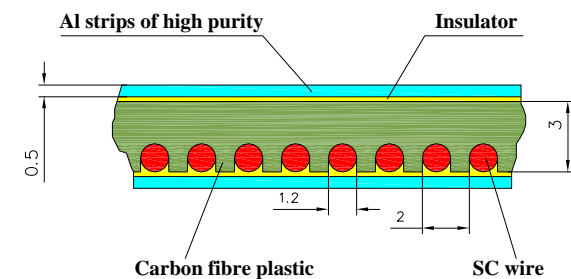
- кремниевых детекторов
- ГЭУ
- время проекционной камеры

Тонкая катушка

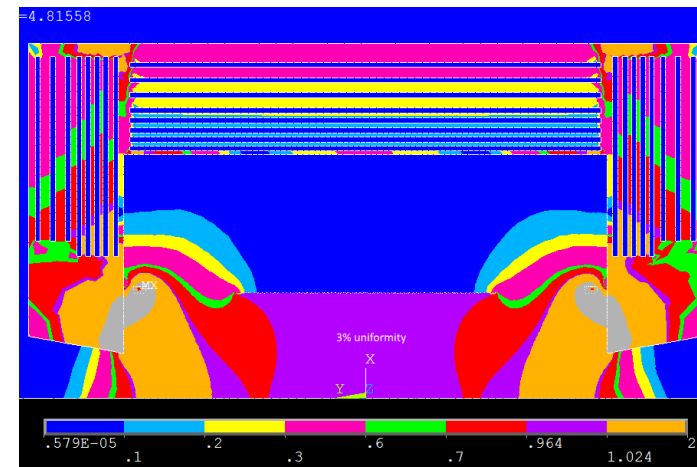
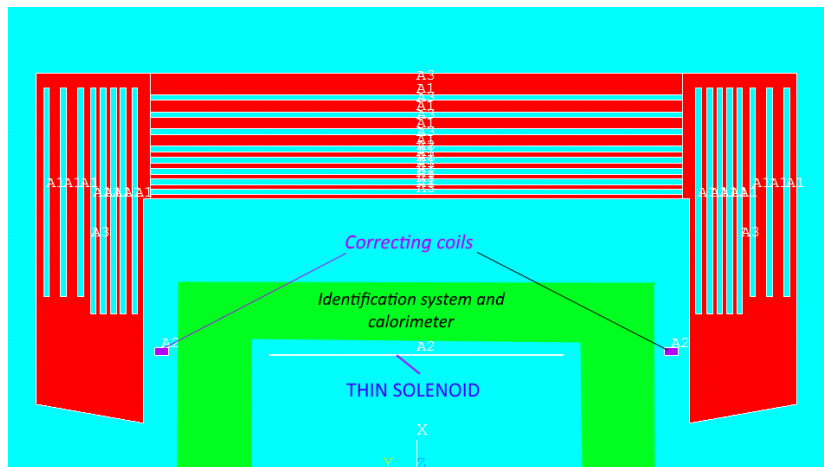
А. Брагин, Е. Пята

- Идея: поместить тонкую ($0.11X_0$) сверхпроводящую катушку сразу после трековой системы
- Вывод системы идентификации из поля расширит выбор электроники
- Необходимо изучить влияние тонкой катушки на качество реконструкции частиц в детекторе
- Тонкая катушка ($0.11X_0$) + корректирующие катушки обеспечивают неоднородность 3% в центре детектора

Сверхпроводящий NbTi/Cu провод



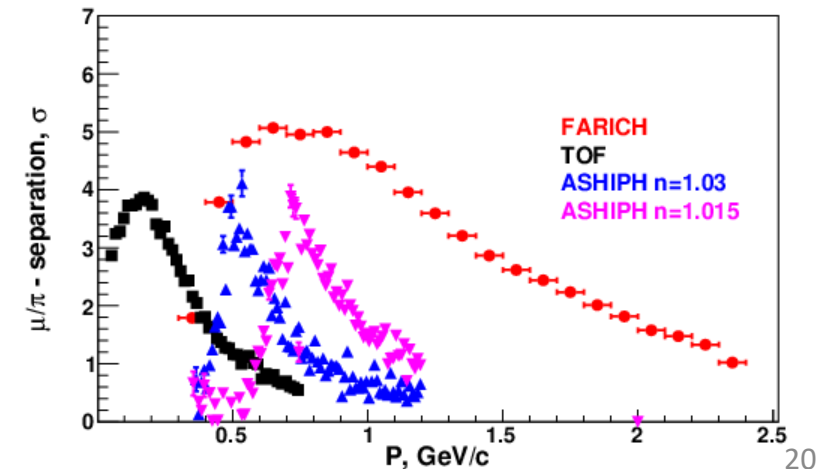
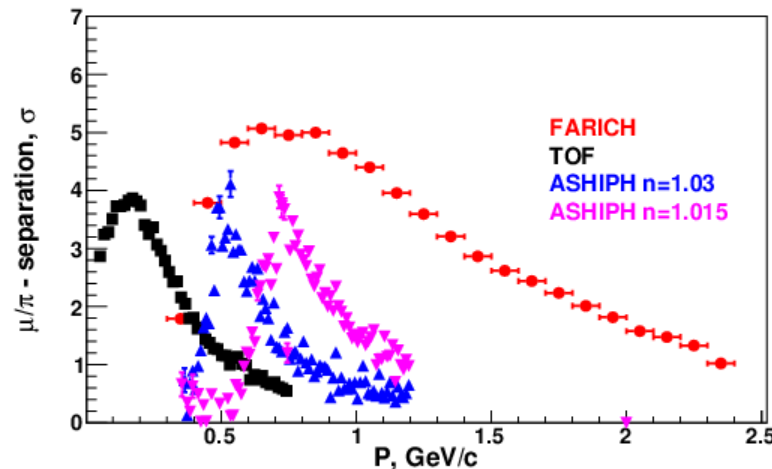
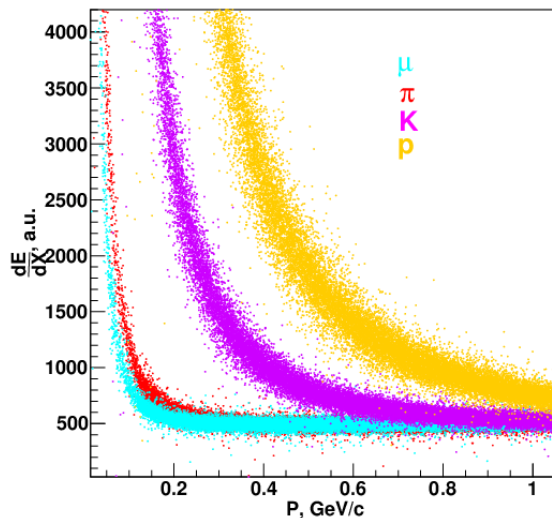
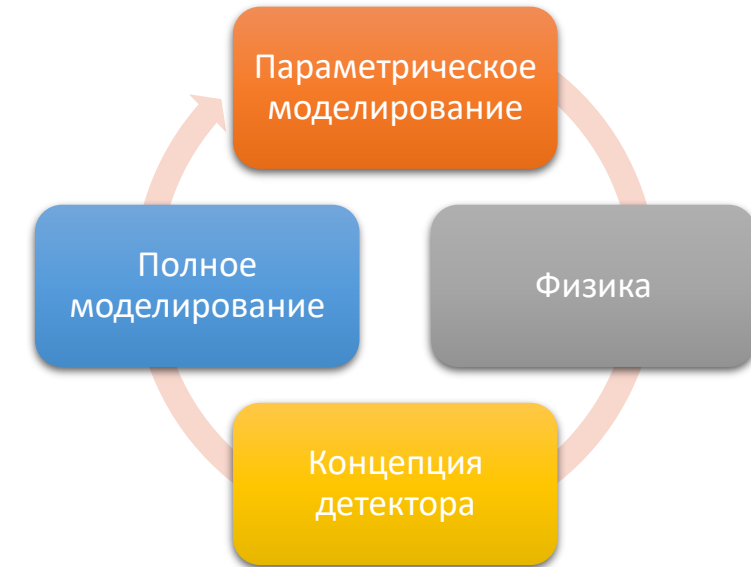
Основной вариант



Тонкая катушка

Параметрическое моделирование

- Параметрическая модель детектора необходима для
 - Уточнения физической программы
 - Уточнения концепции детектора
- Используется пакет **PAPAS**. Идет работа над пакетом **SctParSim**
- Необходимы физики, которые будут использовать этот инструмент для анализа основных физических задач Фабрики



Рекомендации комитета советников

1. To strengthen collaboration with the HIEPA. SCT and HIEPA are like Belle and BaBar
2. To establish a list of critical steps (with a time line!) to be completed for the TDR
3. To establish a structured approach towards the inclusion of external institutions in the project
4. To apply a well-established and known in the particle physics community organizational model for international collaboration
5. To set up a small project office that would
 - initiate a structure for SCT that will facilitate international participation
 - promote the creation of working groups
6. Regular WG meetings that can be joined remotely and mailing lists for various WGs
7. Call for written expressions of interest leading to a proto-collaboration to be formed. MoUs with the host laboratory
8. Annual or bi-annual international workshops of SCT
9. To actively take outreach initiatives
10. To submit information on SCT to the update of the European Strategy for Particle Physics



27 мая 2018

Семинары и участие в конференциях

Conference talks

Date	Event	Location	Title	Speaker	Agenda	Slides
2017.10.12	10th GSO Meeting	JINR	Accelerator complex with colliding electron-positron beams	Pavel Logachev	list of talks	slides
2018.05.21	CHARM18	BINP	A project of Super-charm-tau Factory in Novosibirsk	Eugene Levichev	indico	slides
2018.03.21	2nd workshop on HIEPA	Beijing	Injection facility for Novosibirsk Super Charm Tau Factory	Dmitry Berkaev	indico	slides
2018.03.21	2nd workshop on HIEPA	Beijing	Particle Identification systems based on aerogel at BINP	Alexander Barnyakov	indico	slides
2018.07.06	ICHEP 2018	Seoul	Super Charm-Tau Factory in Novosibirsk	Eugene Levichev	indico	contribution page
2018.10.24	ICPPA 2018	Moscow	Status of the Super Charm-Tau project at Novosibirsk	Pavel Krovovny	indico	slides
2019.02.18	VCI 2019	Vienna	PID system for Super C- τ Factory at Novosibirsk	Alexander Barnyakov	indico	poster

Seminars

Date	Organization	Location	Title	Speaker	Slides
2018.03.26	Milano University Bicocca	Italy	The BINP Super Charm-Tau Factory project	Alexander Barnyakov	slides
2018.06.26	INFN Pisa	Italy	The e+e- experiments in the BINP and the super c-tau factory project	Fedor Ignatov	slides
2018.09.27	PNPI	St. Petersburg	Проект "Супер С-Тау фабрики"	Alexander Barnyakov, Vitaly Vorobyev	part1 part2
2018.11.02	BINP	Novosibirsk	SCTF: accelerator project	Pavel Piminov	slides
2018.11.09	BINP	Novosibirsk	Drift chamber design proposal SCTF	Korneliy Todyshev	slides
2018.11.13	BINP	Novosibirsk	Muon system for the Super c-tau factory	Timofey Uglov	slides