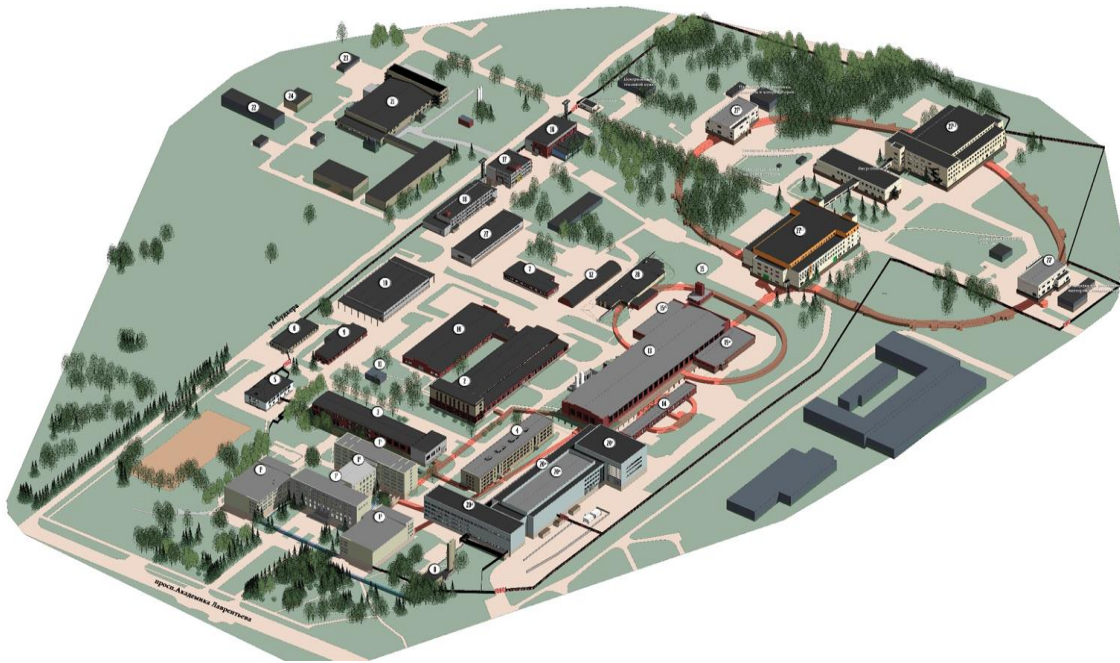


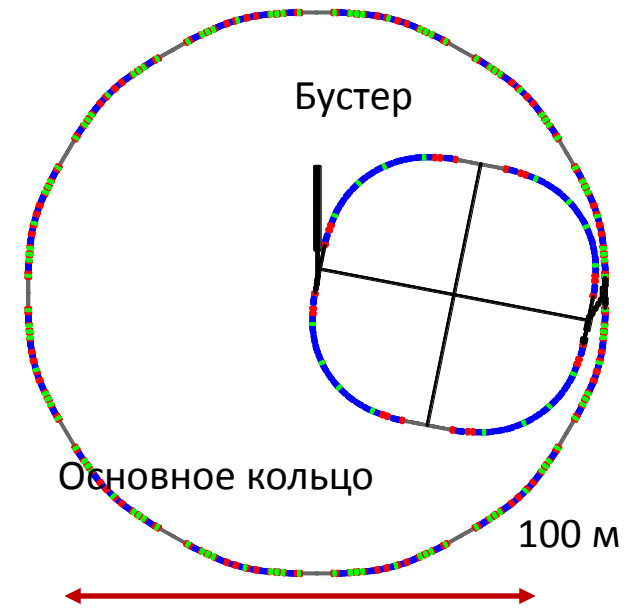
# Мегапроекты

Супер С-tau фабрика



Ю.ТИХОНОВ

Новый Сибирский источник синхротронного излучения



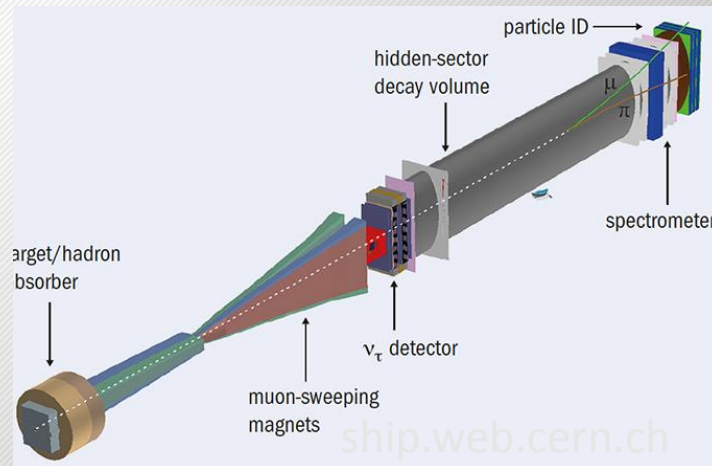
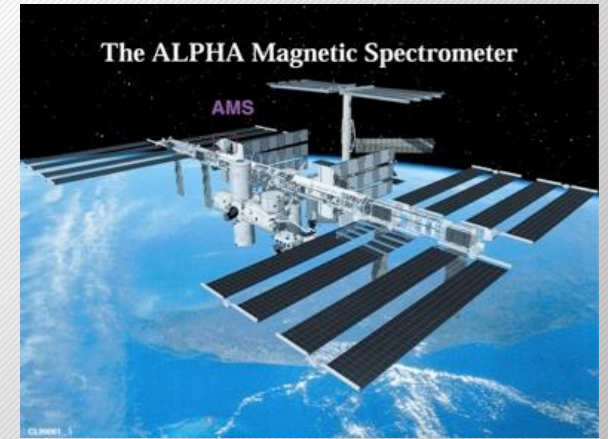
Президиум СО РАН, 21.12.2017

## Физика элементарных частиц

- Динамично развивается, генерирует новые знания и технологии
- Имеет одно из самых больших, мощных и хорошо организованных научных сообществ в мире, которое объединяет самые сложные на сегодняшний день эксперименты и теории.  
*(детектор АТЛАС на LHC: 2000 участников, 135 институтов, 35 стран)*
- Является основой очень перспективных мультидисциплинарных направлений (*синхротронное излучение, лазеры на свободных электронах, ядерная медицина, супервычисления и большие данные*)
- Лидирует в поиске новых фундаментальных законов природы.

- Регистрация космических частиц
- Орбитальные эксперименты
- Эксперименты с фиксированной мишенью
- Детекторы нейтрино
- **Коллайдеры**

## Эксперименты в физике высоких энергий



### Ключевые параметры

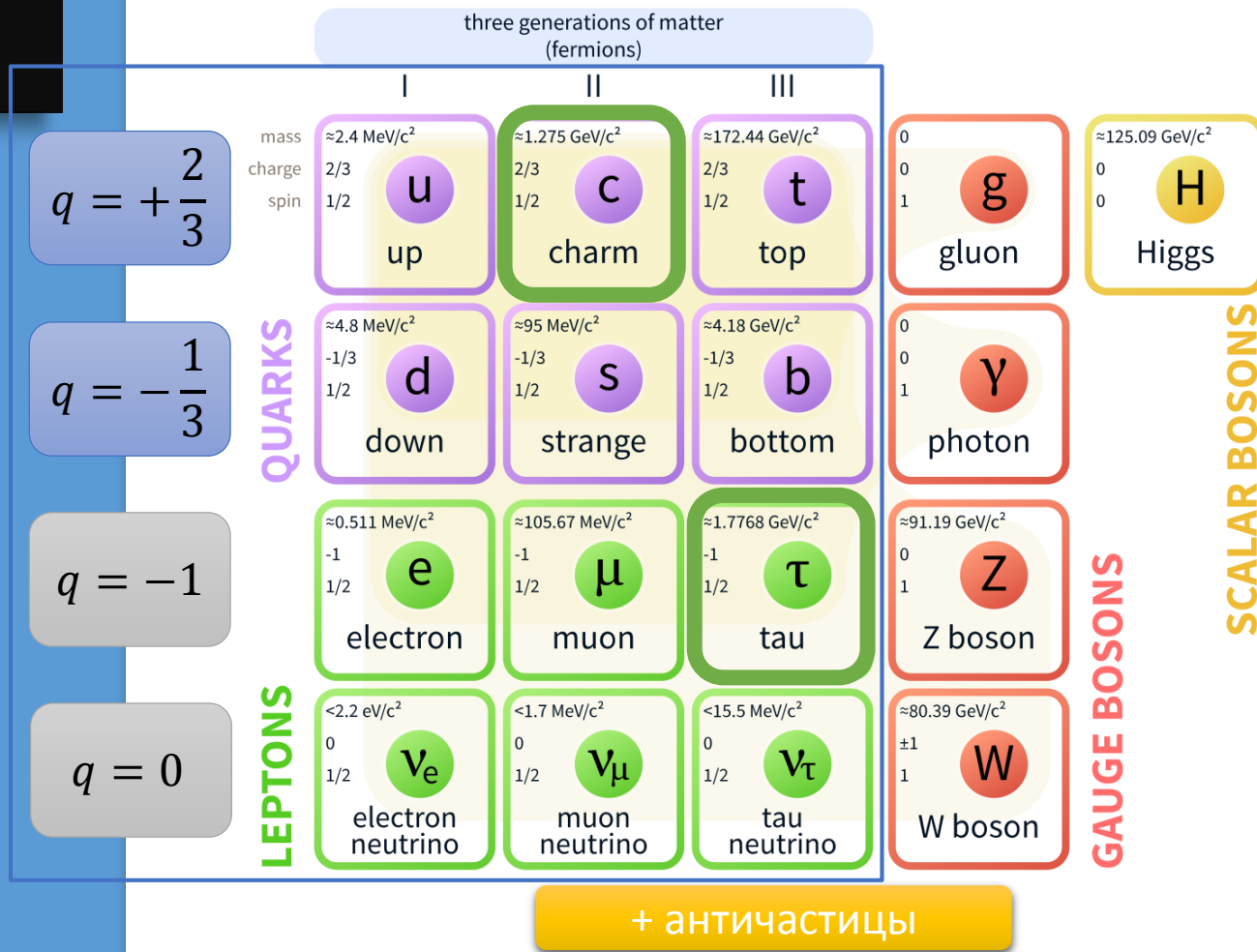
- Тип взаимодействующих частиц
- Энергия взаимодействия



# Стандартная модель (СМ)

- Характерные масштабы физики элементарных частиц
- СМ описывает электрослабое и сильное взаимодействия средствами квантовой теории поля
- СМ – самая успешная физическая теория
- СМ согласуется с огромным количеством экспериментальных результатов

## Standard Model of Elementary Particles



## Проблема иерархий

### Константы взаимодействий

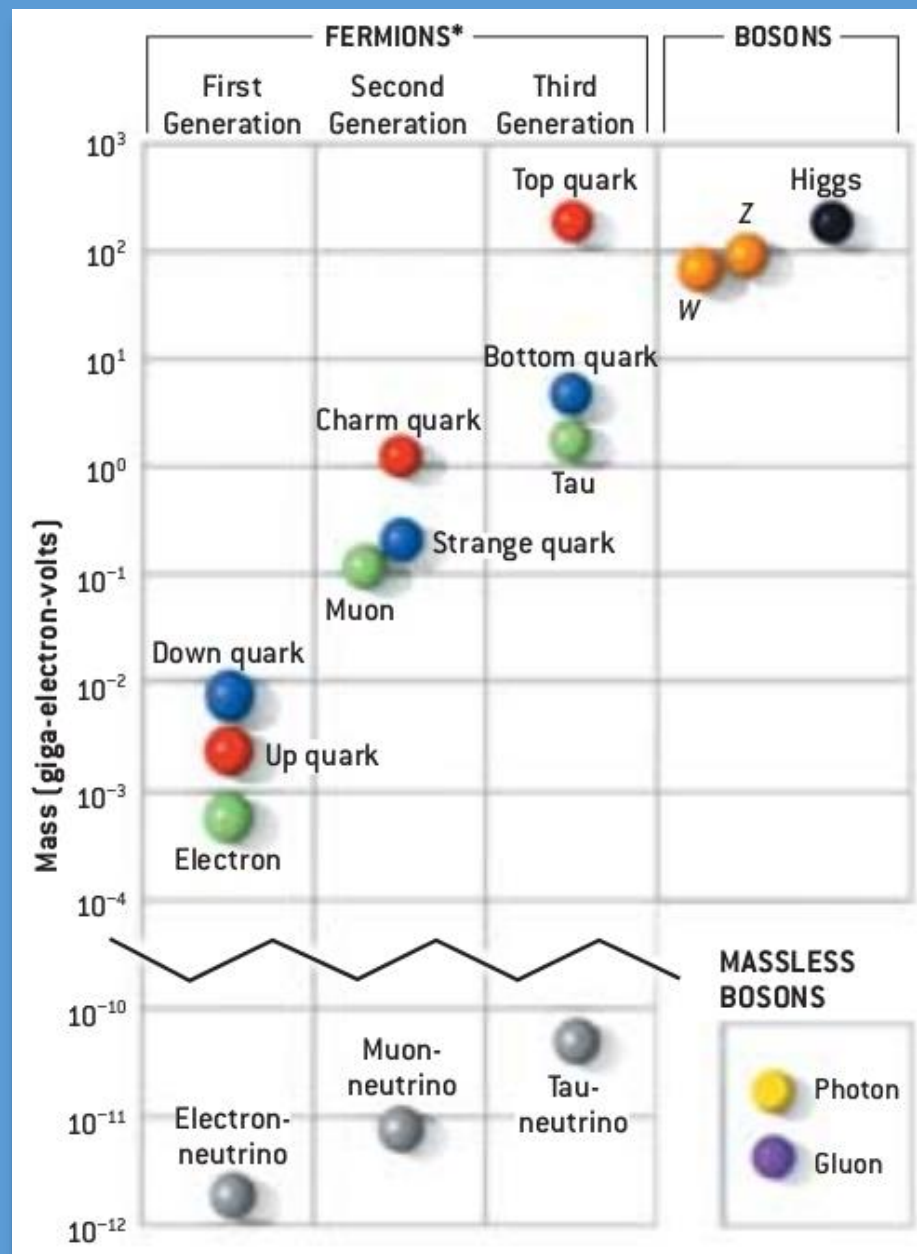
- Сильное: 1
- Электромагнитное:  $1/137$
- Слабое:  $1/1000000$
- Гравитационное:  $10^{-38}$

Какова причина для такого широкого диапазона?

### Энергия Планка

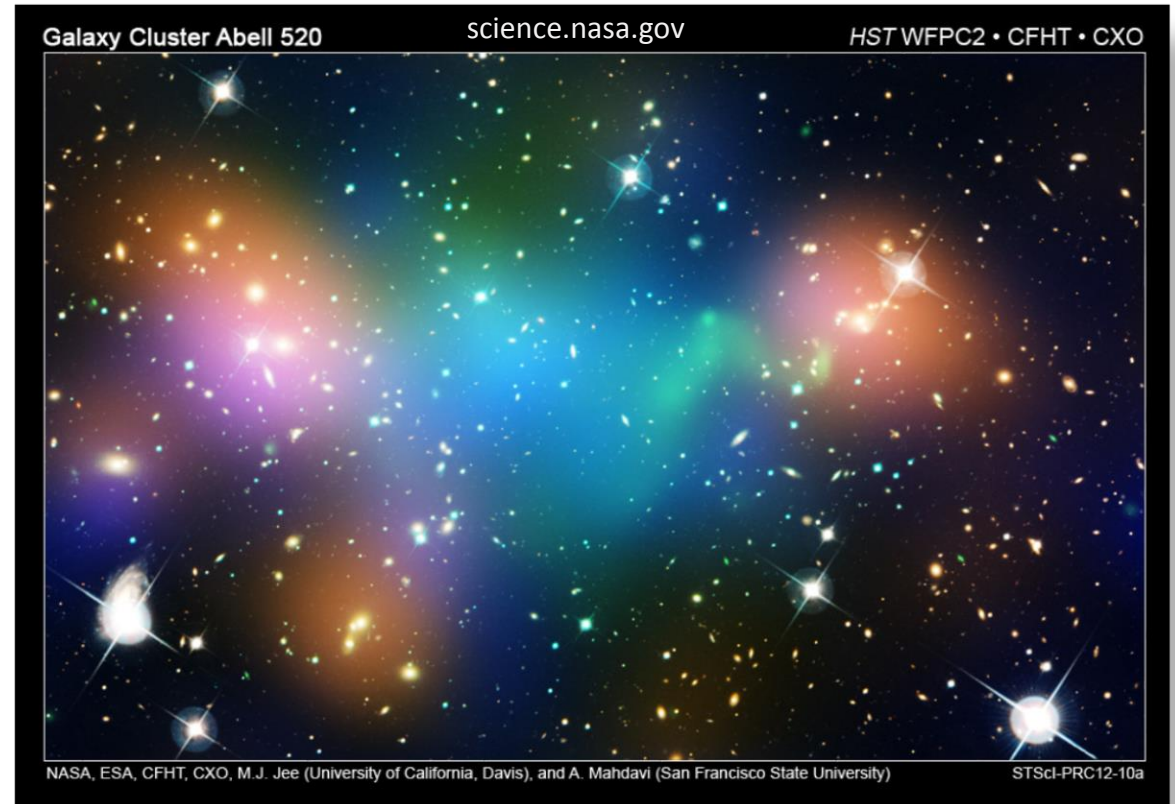
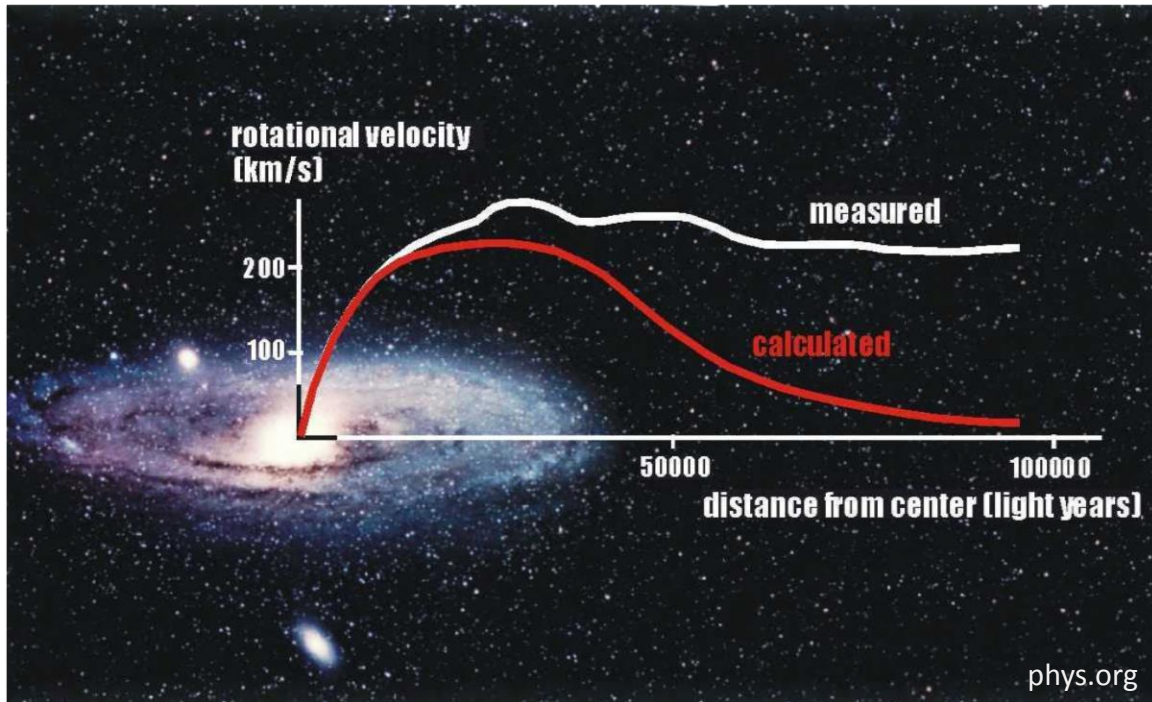
$10^{19}$  ГэВ

Нет ничего интересного между электрослабым ( $10^2$  ГэВ) и планковским масштабами?



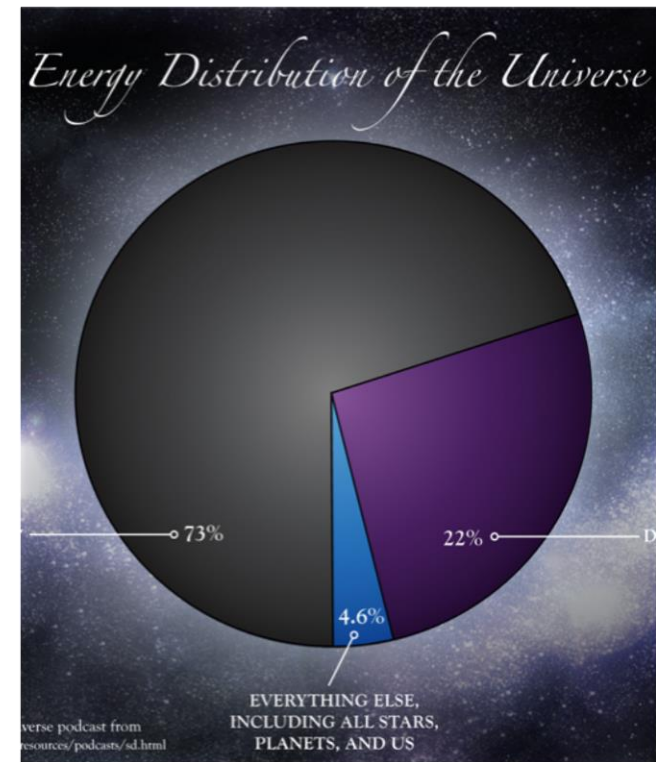
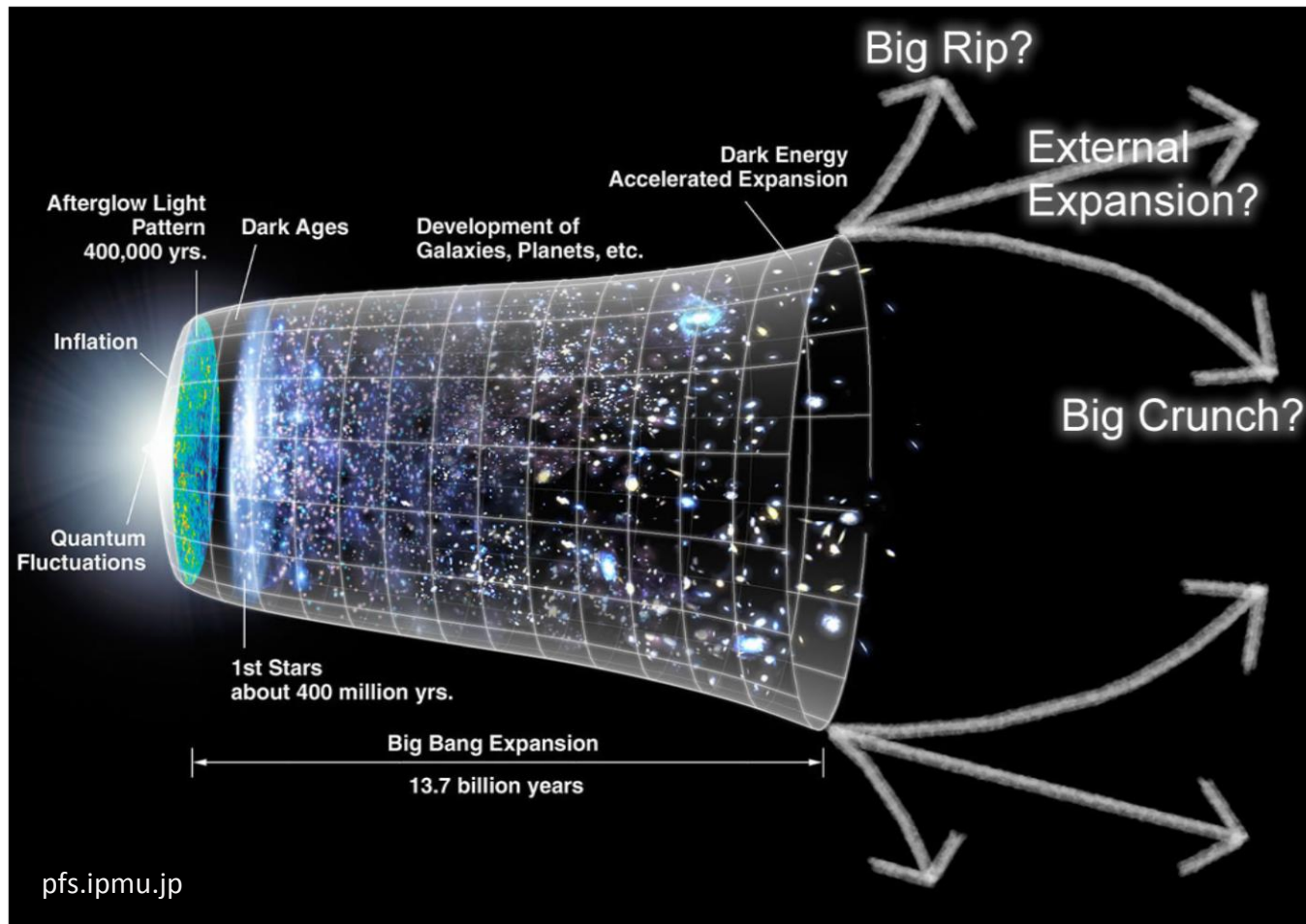
Gordon Kane, Scientific American, May 2003

# Темная материя





# Темная энергия



earthlymission.com

Описание эволюции Вселенной  
тесно связано с пониманием  
физики частиц

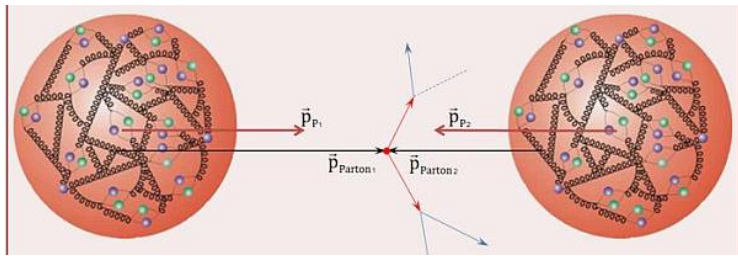
# Высокая энергия vs. Высокая точность

## Встречные $pp$

- Рождение состояний с любыми квантовыми числами
- Малые потери на синхротронное излучение → высокая энергия

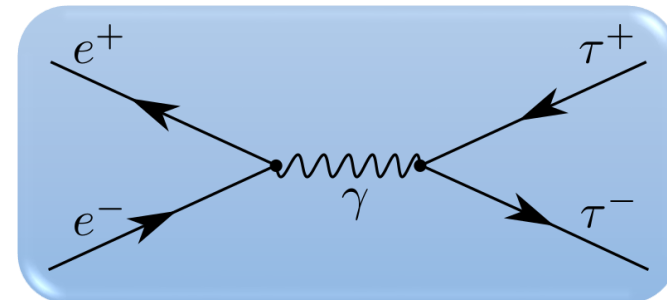
$$P_{\perp} \sim \frac{(\beta\gamma)^4}{\rho^2}$$

- Прямое рождение новых частиц



## Встречные $e^+e^-$

- Ясное начальное состояние
- Низкая множественность
- Прецизионные измерения свойств частиц
- Непрямой поиск новой физики





# Действующие коллайдеры

В ИЯФе работают  
два из четырех  
действующих  
коллайдеров

$2E=0.3-12$  ГэВ

*5 кварков в «игре»!*



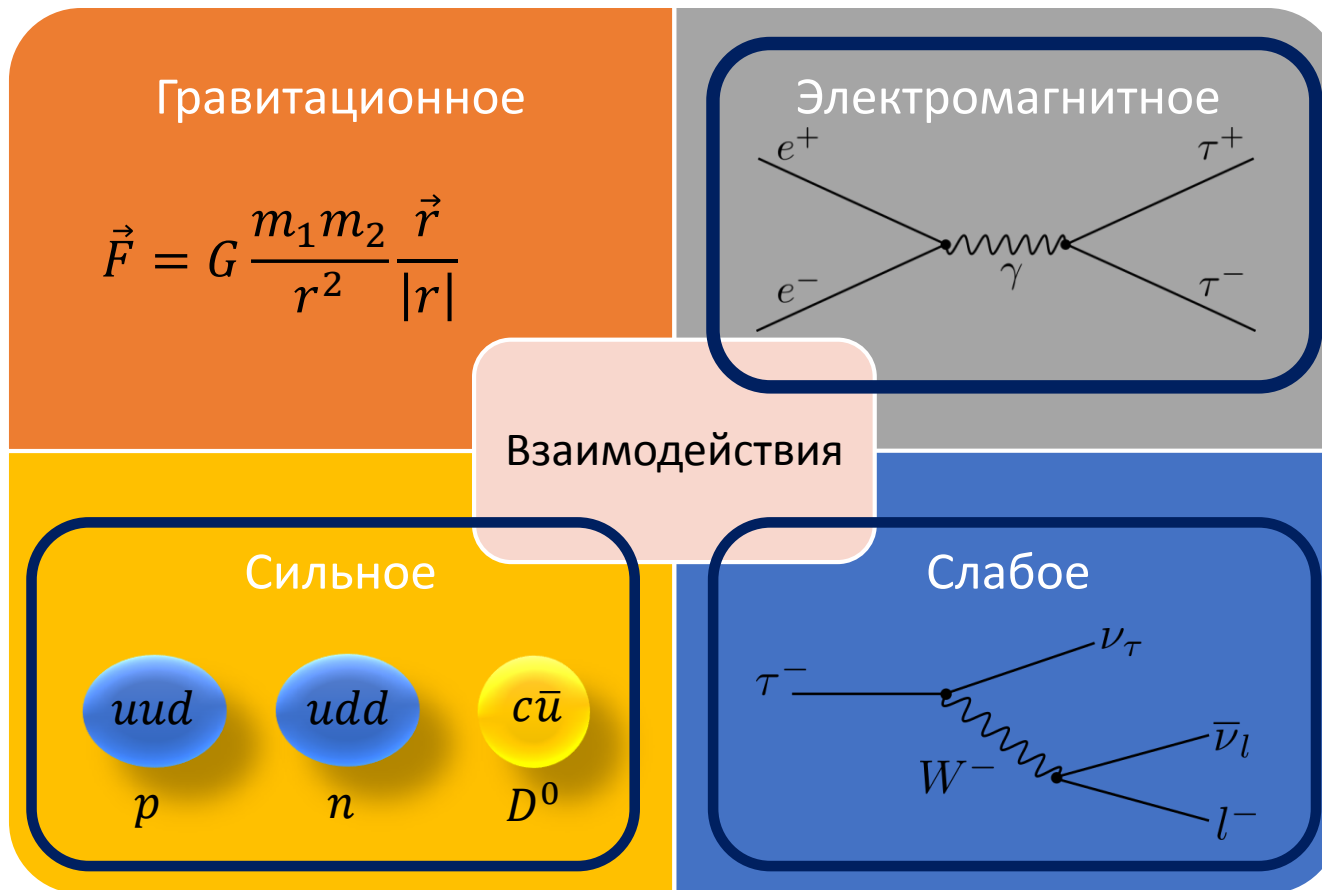


## Национальный выбор

- ***Только участие в зарубежных экспериментах, без собственных установок и базы:*** финансирование чужой науки, без возвратного эффекта в национальную экономику, технологии и образование, потеря национальной независимости в этих сферах.
- ***Реализация собственных проектов самого высокого мирового уровня привлекает зарубежные знания, технологии и ресурсы в страну, делая ее лидером, укрепляет независимость.***



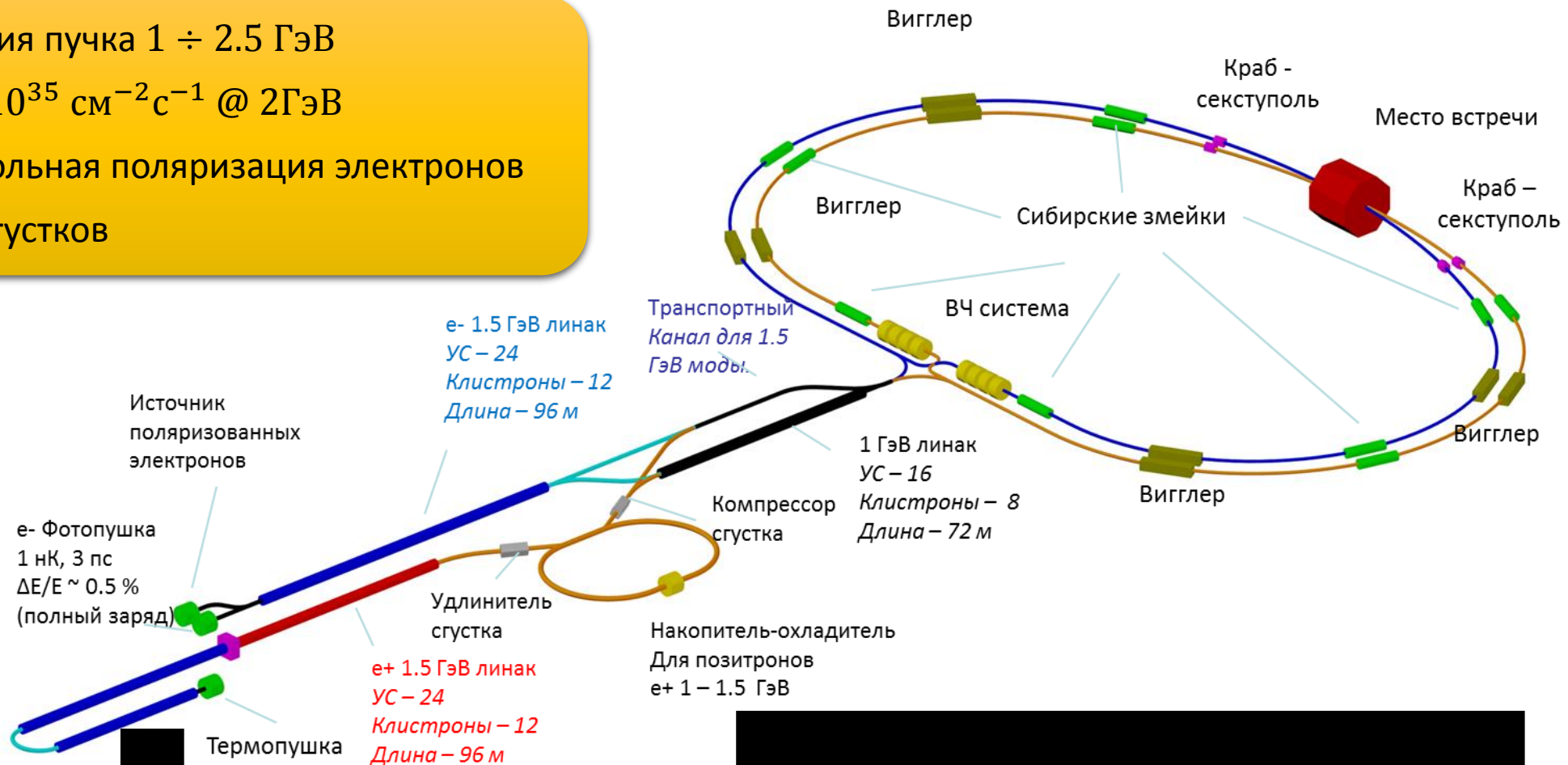
# Фундаментальные взаимодействия



Супер  $c$ - $\tau$  фабрика позволяет выполнять прецизионное изучение электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий

# Супер $e^+e^-$ фабрика

- Энергия пучка 1 ÷ 2.5 ГэВ
- $\mathcal{L} = 10^{35} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$  @ 2ГэВ
- Продольная поляризация электронов
- 406 сгустков



# Физическая программа Супер - фабрики

ФАНО России  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ имени Г.И. Будера  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИЯФ СО РАН)

Супер Чарм – Тау фабрика

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ  
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ  
(физическая программа, детектор)

Новосибирск – 2017

ctd.inp.nsk.su

## Чармоний $c\bar{c}$

- Спектроскопия
- Распады
- Изучение легких состояний в распадах  $J/\psi$

## $D^0(c\bar{u}), D^+(c\bar{d}), D_s(c\bar{s})$ мезоны

- Спектроскопия
- Распады
- Осцилляции
- $CP$  нарушение

## Очарованные барионы $\Lambda_c^+(udc)$

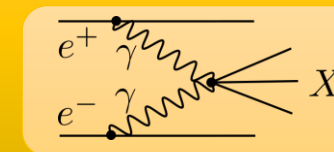
- Распады
- $CP$  нарушение

## $\tau$ лептон

- Распады
- $CP$  нарушение
- Поиск несохранения лептонного числа
- Проверка лептонной универсальности

## Двухфотонная физика

- Поиск  $C$ -четных резонансов
- $\sigma(\gamma\gamma \rightarrow \text{hadrons})$

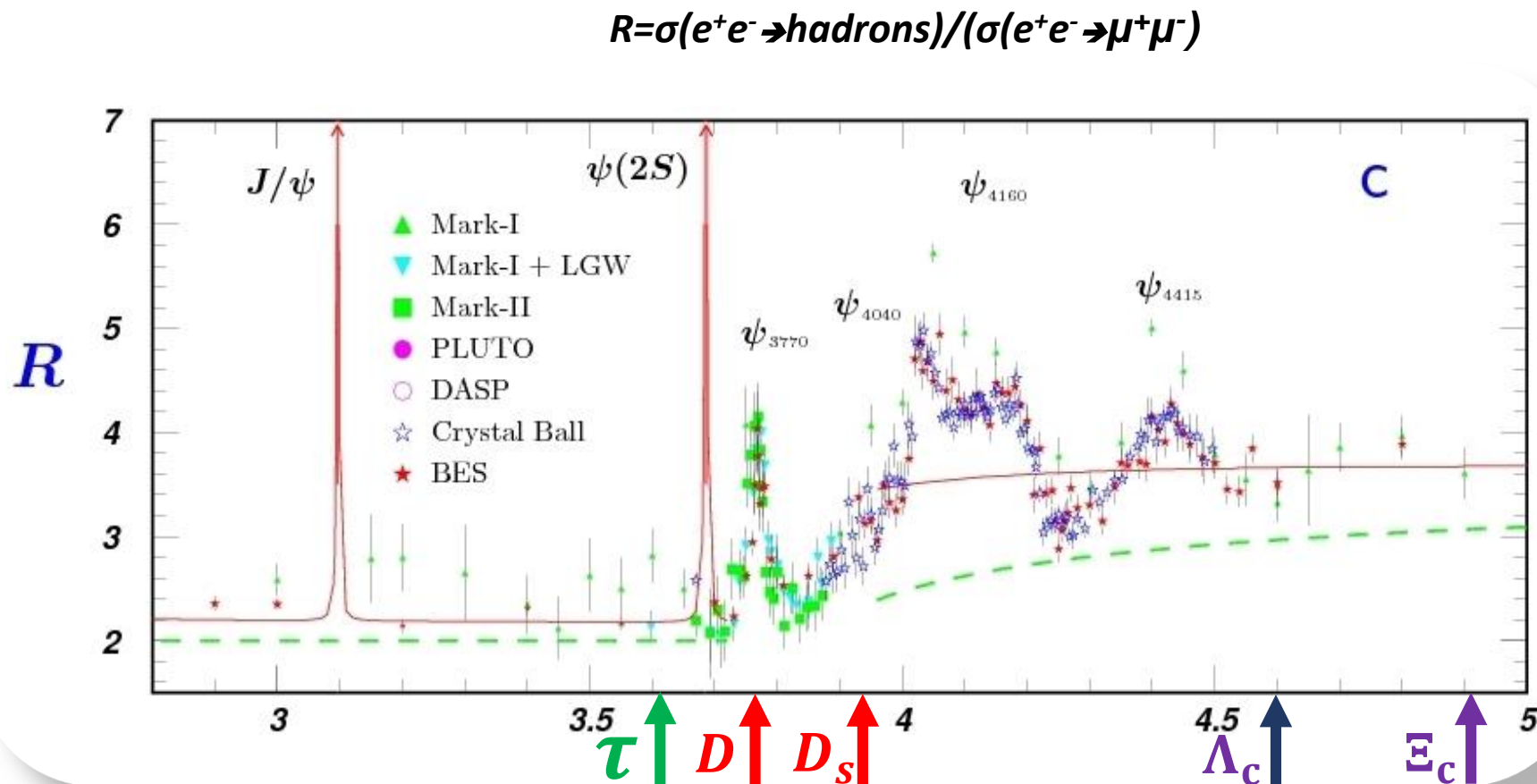


$$\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{hadrons})$$



# Диапазон энергий Супер $c$ - $\tau$ фабрики

Настолько богатый и интересный что потребуется мин. 10 лет для набора данных (5-7 лет для анализа)!!!



За год работы  
Супер  $c$ - $\tau$  фабрики  
**1000 млрд  $J/\Psi$  мезонов !!**

Объем данных- 300 ПБ  
Выч. Кластер- 1.0 Пфлопс

Big Data!

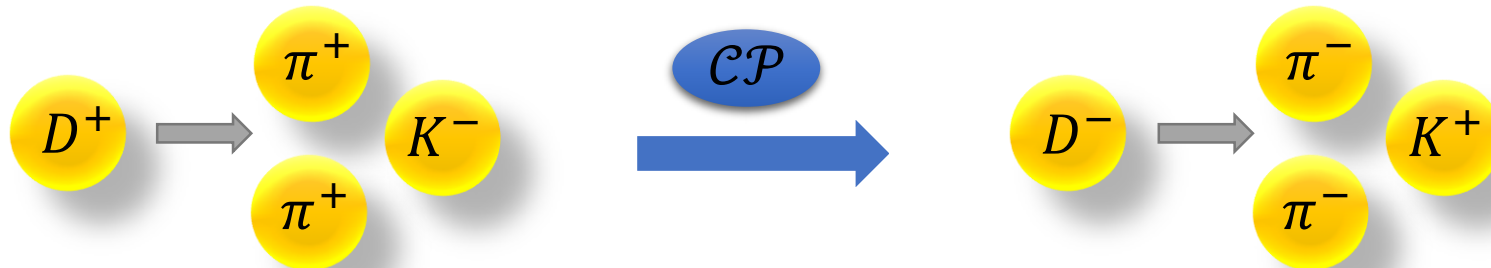
# Отличие материи от антиматерии

## $CP$ симметрия

- Последовательное применение  $C$  и  $P$  преобразований переводит материю в антиматерию
- Законы сильного и электромагнитного взаимодействия инвариантны относительно преобразования
- Нарушение симметрии обнаружено в слабых взаимодействиях

## Нарушение $CP$ симметрии

- Пример прямого нарушения
- Стандартная Модель предсказывает крайне малую величину нарушения симметрии в распадах очарованных частиц
- Любой сигнал нарушения в очарованных частицах будет ясным сигналом наличия новой физики



# Выводы

1. Супер - фабрика дает уникальные возможности для изучения свойств мезонов, чармониев, очарованных барионов и более легких частиц
2. Многие измерения на Супер – С-тау фабрике чувствительны к эффектам новой физики
3. Создание Супер - фабрики потребует творческих усилий физиков, инженеров и программистов
4. Анализ данных Супер - фабрики позволит получать новую информацию в течение многих лет
5. Будут созданы новые научные и технологические школы

**В реализации такого проекта примут участие многие институты СО РАН  
+другие организации России  
+международная коллаборация  
+промышленность**





# Использование СИ в мире

*Уникальные свойства СИ привели к созданию множества исследовательских методик практически во всех научных направлениях.*

*Такие исследования чрезвычайно востребованы и в настоящее время построено более 50 специализированных источников СИ.*

**Более 50 источников СИ в мире:**

**Япония - более 15 источников СИ**

**США - 10**

**Германия – 6**

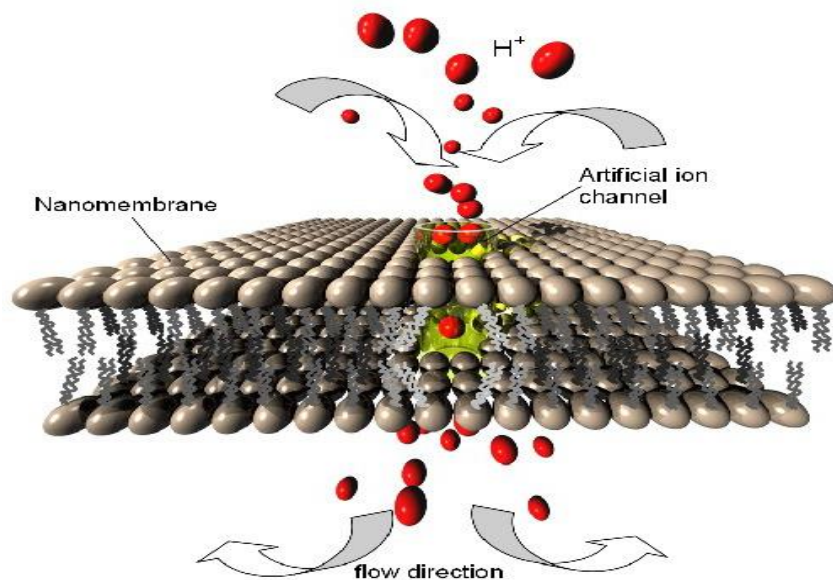
**Общее количество пользователей превышает 50000 человек**

**+ЛСЭ!!!!**



# Синхротронные исследования в различных областях наук:

## Химические науки:

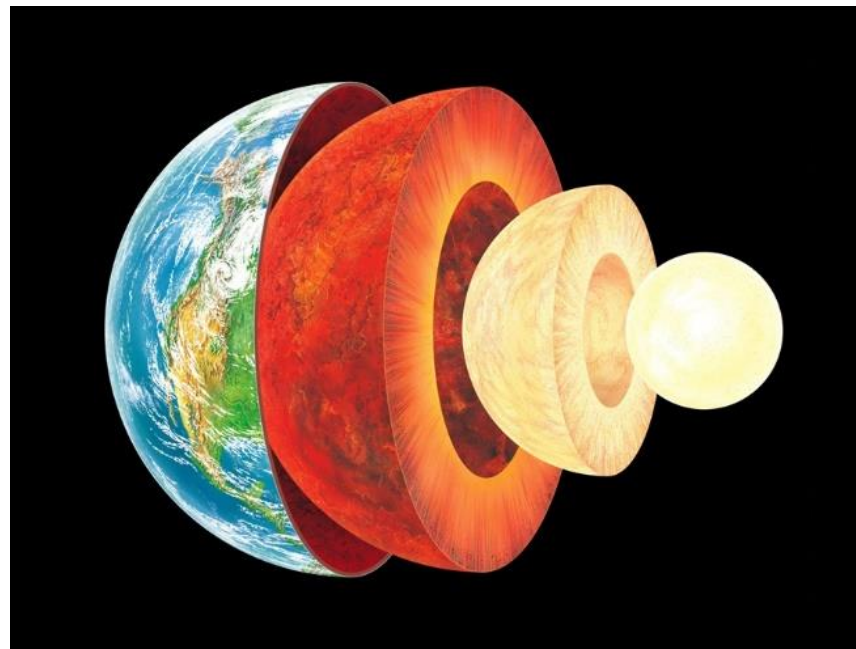


- структура вещества;
- каталитическая активность;
- мембранный транспорт (ионные насосы и ионные каналы);
- протекание химических реакций...

## Объекты: функциональные материалы

- кристаллические и аморфные тела, жидкости и ультраразбавленные фракции...

## Науки о Земле:



## недра Земли:

сейсмичность, магнитное поле, вулканизм, алмазообразование

## НОВЫЕ СВОЙСТВА:

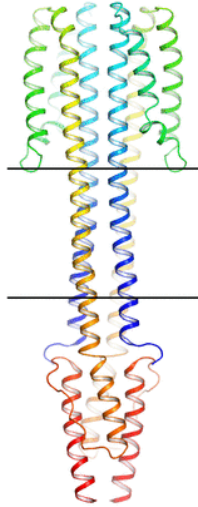
высокотемпературная (200 K) сверхпроводимость в  $\text{H}_2\text{S}$  при 150 ГПа (Drozdov *et al.*, *Nature* 2016)

# Синхротронные исследования в различных областях наук:

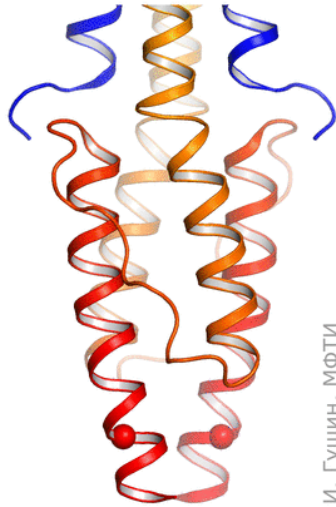
## Биологические и медицинские науки:

Механизм передачи сигнала внутрь бактерии белком-сенсором NarX

После присоединения нитрата сдвигаются мембранные спирали:



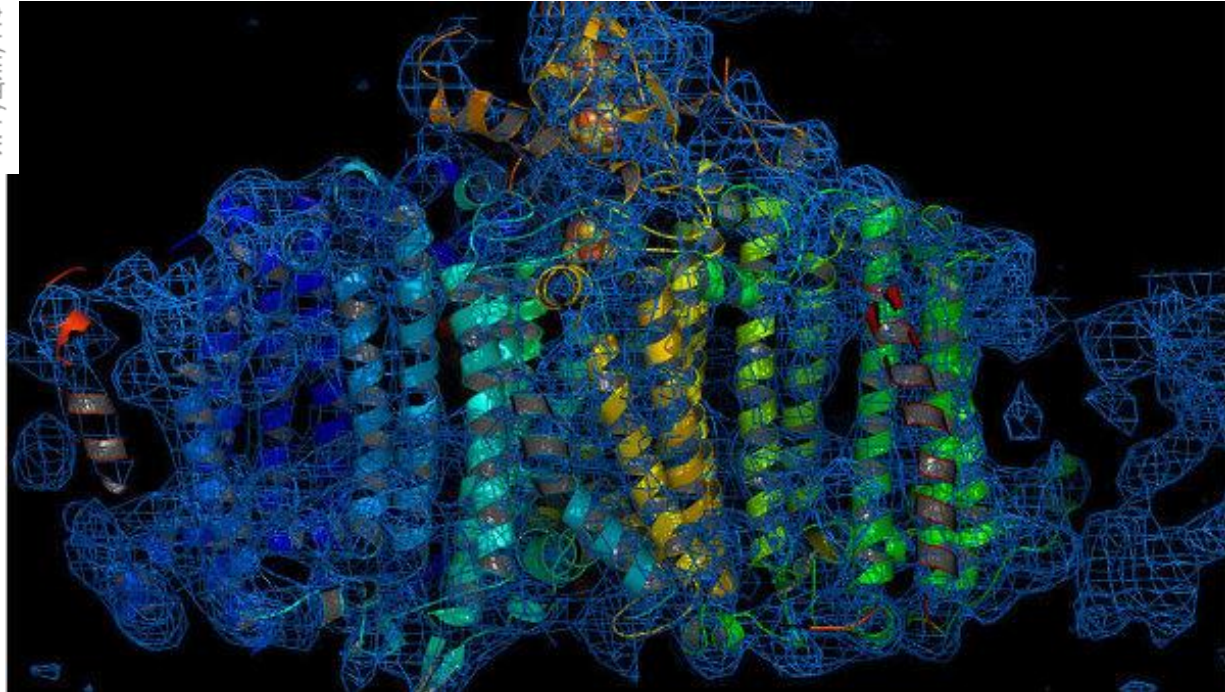
Внутриклеточная часть меняется после сдвига спиралей-поршней:



И. Гушин, МФТИ

**Белковая кристаллография** – восстановление трёхмерной структуры сложных белковых молекул и вирусов методами рентгеновской дифракции

- исследование и контроль состава и структуры лекарственных препаратов;
- создание новых препаратов;
- исследование строения белков;
- исследование процессов химических взаимодействий и превращений на молекулярном уровне в органических тканях и клетках;
- Исследование биологических процессов *in situ*...





# ЦКП СЦСТИ

## Состав научного оборудования

### ВЭПП-3

(УНУ «Комплекс ВЭПП-4 – ВЭПП-2000»)



11 экспериментальных станций, включая:

- Станция «Взрыв»
- УНУ Станция «EXA S спектроскопии» (УНУ ИК СО РАН) и др.

### ВЭПП-4

(УНУ «Комплекс ВЭПП-4 – ВЭПП-2000»)



- Станция «Космос»
- + 4 станции в процессе создания

# Опыт ИЯФ СО РАН

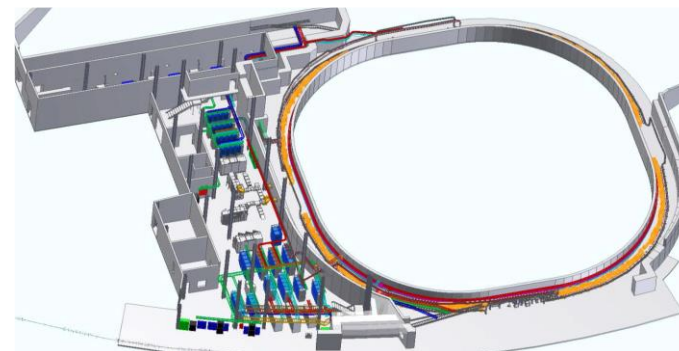
## В создании элементов и систем

Технологии производства:

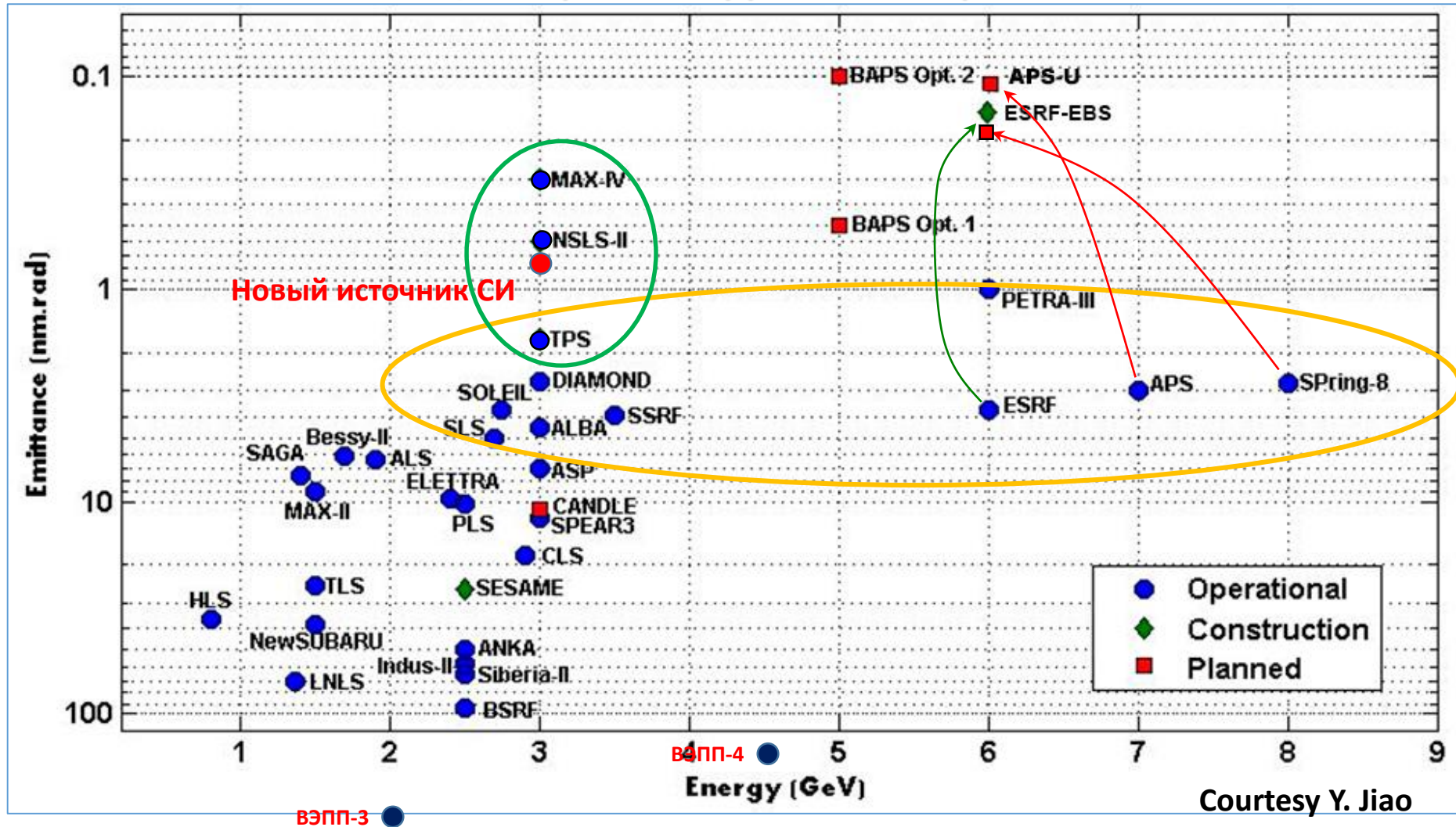
- Элементы магнитной системы
- Устройства для генерации СИ
- Вакуумные и криогенные системы
- ВЧ генераторы, резонаторы
- Системы диагностики и управления
- Создание и запуск больших ускорительных систем и комплексов



NSLS-II Booster, периметр 160 м



# Общемировой уровень проекта



## Кадровая ёмкость нового ЦКП



Количество аспирантов/студентов в год: до 250 / до 500 человек

Количество сотрудников/пользователей: 300 (100 – н.с.) / до 10000 человек в год

# Стратегия реализации проекта

## Создание коллаборации организаций Сибирского региона



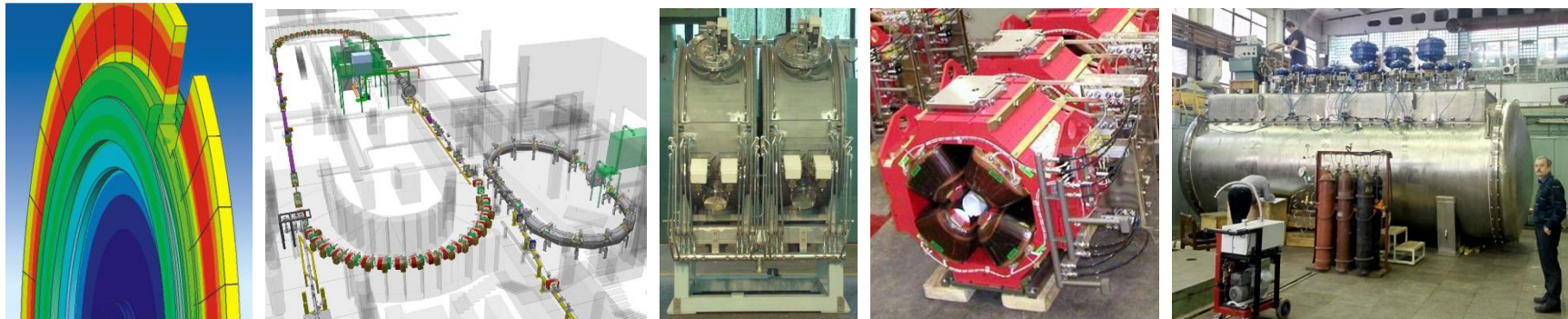
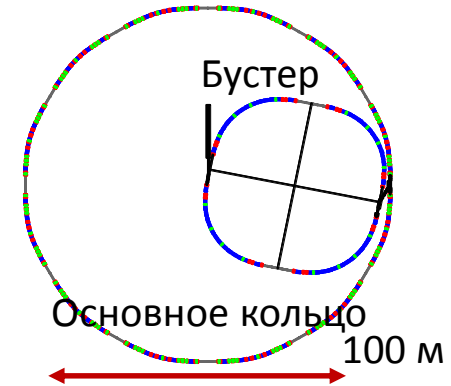


# Стратегия реализации проекта



Разработка оптимальной магнитной структуры и унификация её основных элементов

- Унификация ключевых систем, стандартизация подходов по конструированию и производству



- Разработка и создание экспериментальных станций 1-й очереди и специализированных лабораторий



- Коллективная эксплуатация научного оборудования, разработка и создание экспериментальных станций 2-й очереди



# Новый источник синхротронного излучения для Сибирского региона

## Основные параметры

Параметр	Величина
Энергия	3 ГэВ
Количество станций	32
Периметр источника	370 метров

## Для кого

Более 50 научных организаций СО РАН, УрО РАН, Дво РАН	
Более 10 ВУЗов	
Промышленность:	Химическая, энергетика, машиностроение и металлообработка, микробиологическая...

## Кто

Рабочих мест:	300 (100 – н.с.)
Пользователей (в год)	10000

## Этапы большого пути

Этапы	Сроки	Стоимость
1-я очередь	7 лет	20 млрд. руб.
2-я очередь	10 лет	2 млрд. руб. ежегодно

## Организации-пользователи

ИК СО РАН, ИГМ СО РАН, Игил СО РАН, ИНХ СО РАН, ИХТТМ СО РАН и другие – **более 50 организаций**

**ВУЗы:** НГУ, НГТУ, ТПУ, АГУ, КФГУ – **более 10 ВУЗов**

**Мощный импульс** для развития промышленной и научной инфраструктуры региона

**+ новые материалы:**  $\text{Na}_2\text{He}$  (>100 ГПа), наноалмазы, катализаторы, механокомпозиты

**+ новые свойства:** высокотемпературная (200 К) сверхпроводимость в  $\text{H}_2\text{S}$  при 150 ГПа

**+ новые лекарства:** Витридинол, целевая доставка

**+ новые технологии:** синтез и диагностика нано- и гибридных материалов, молекулярно-биологические процессы, модифицированные поверхности

**+ энергетика будущего:** комплексные исследования материалов термоядерных реакторов

**+ импортозамещение, отсутствие аналогов в России и многое другое.**

Удачи нам всем!

Спасибо за внимание!