

Элементарные частицы и ядра

Слабые взаимодействия

Нейтрино и жизнь звезд

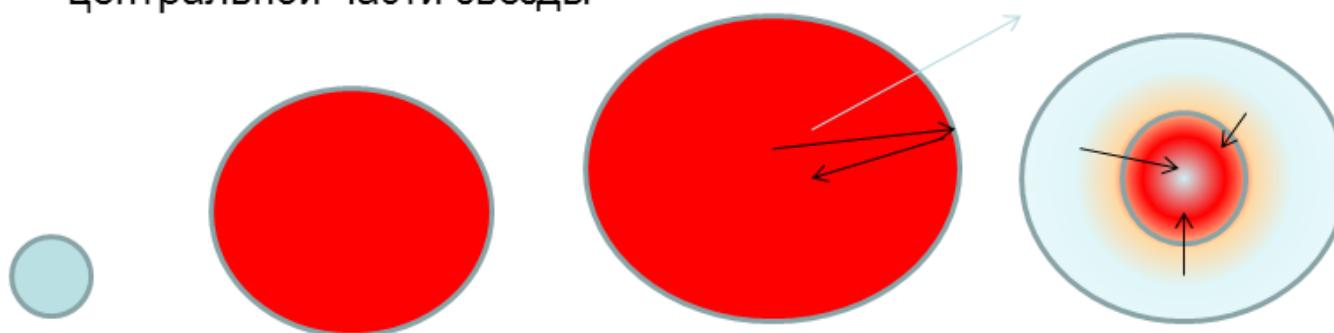
1. Долгая жизнь звезды



$$t \propto \frac{1}{G_F^2}$$

2. Вынос тяжелых элементов из взорвавшейся звезды

Поток нейтрино обеспечивает эффективное охлаждение
центральной части звезды

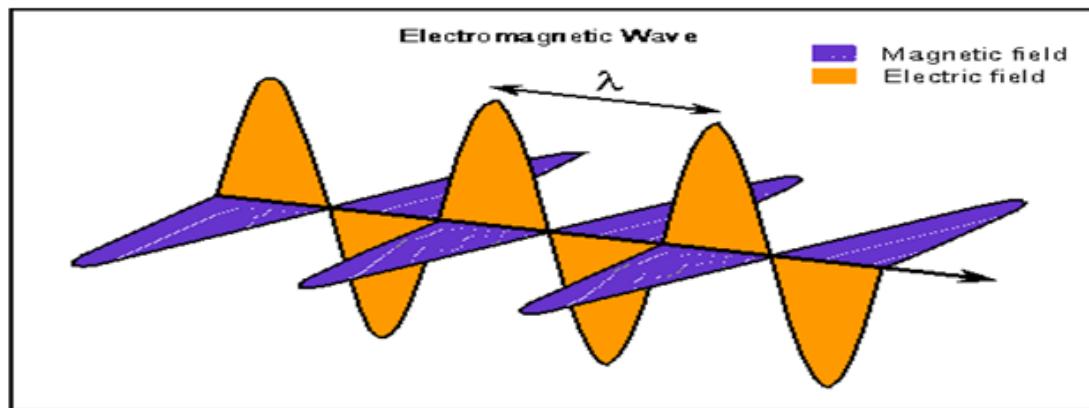


Осцилляции нейтрино

$$\nu_1(t) = \cos\theta \nu_e(t) + \sin\theta \nu_\mu(t),$$

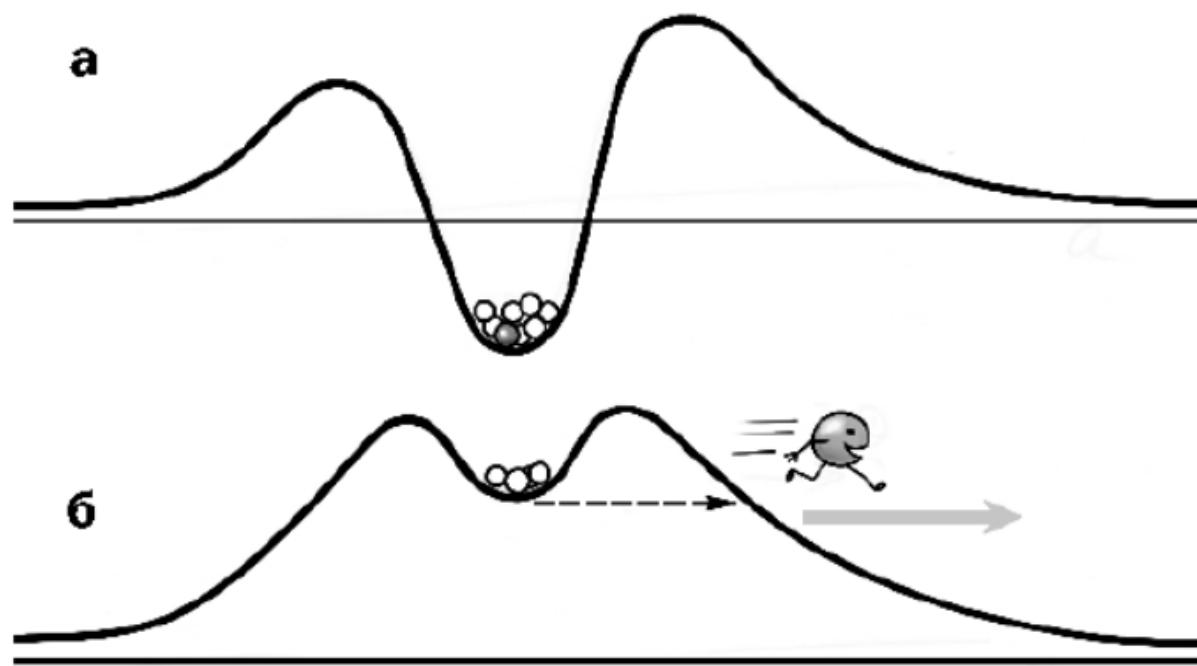
$$\nu_2(t) = -\sin\theta \nu_e(t) + \cos\theta \nu_\mu(t).$$

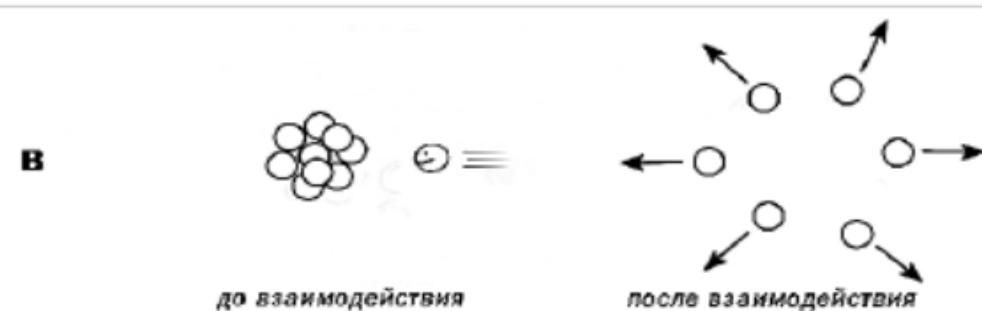
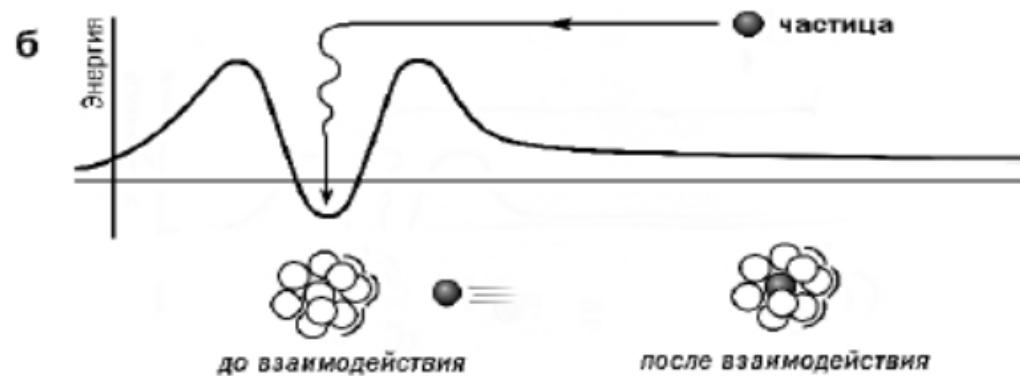
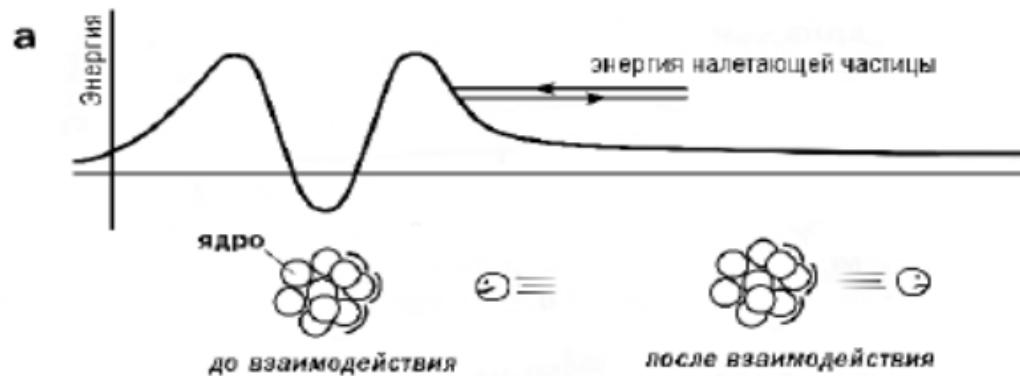
Аналогия – электромагнитное поле



Современное состояние – определение остальных углов смешивания

Сильные взаимодействия. Энергия связи

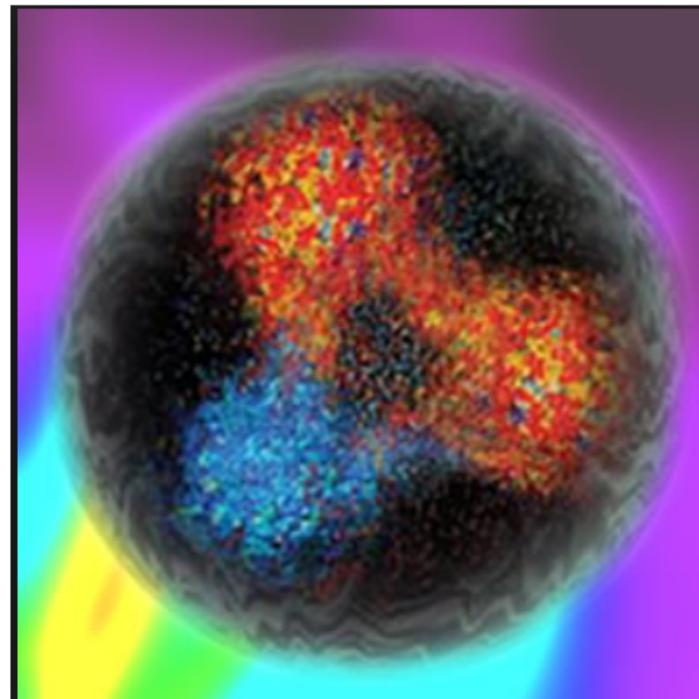
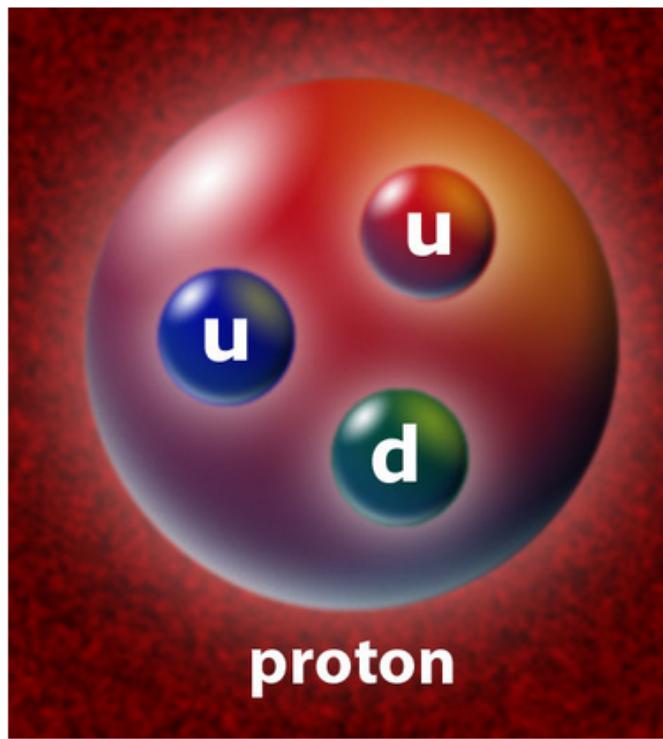




Сильное взаимодействие

Кварки, глюоны, невылетание

Кварк-глюонная материя

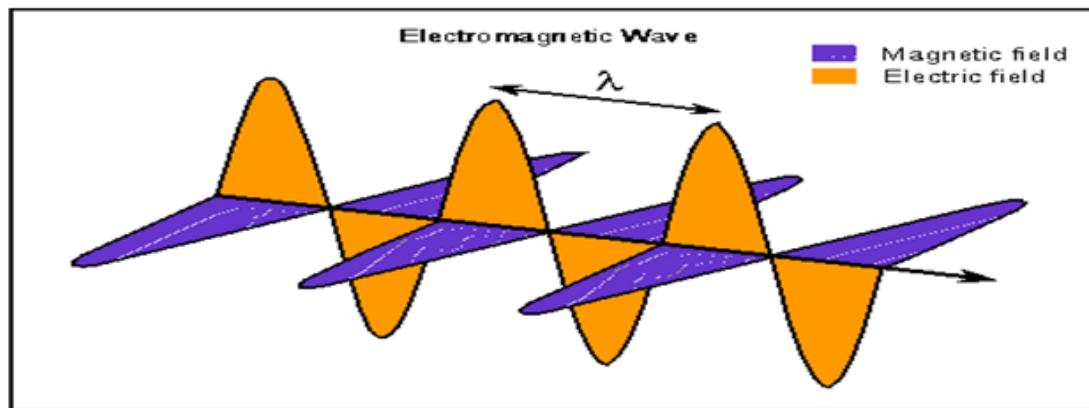


Осцилляции нейтрино

$$\nu_1(t) = \cos\theta \nu_e(t) + \sin\theta \nu_\mu(t),$$

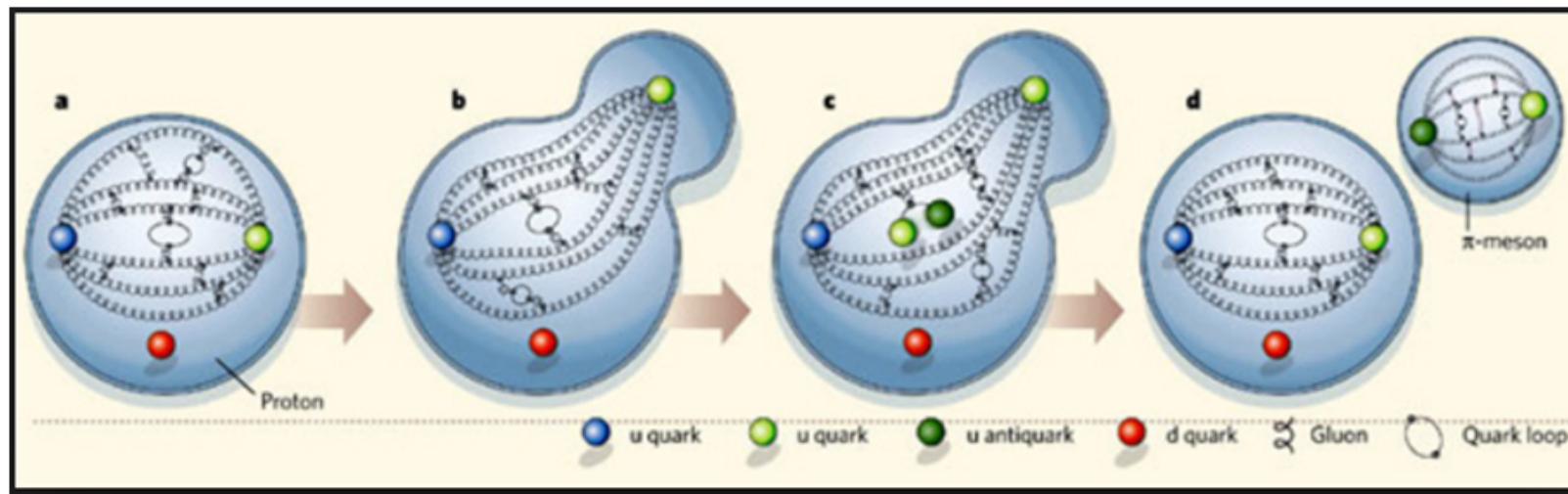
$$\nu_2(t) = -\sin\theta \nu_e(t) + \cos\theta \nu_\mu(t).$$

Аналогия – электромагнитное поле

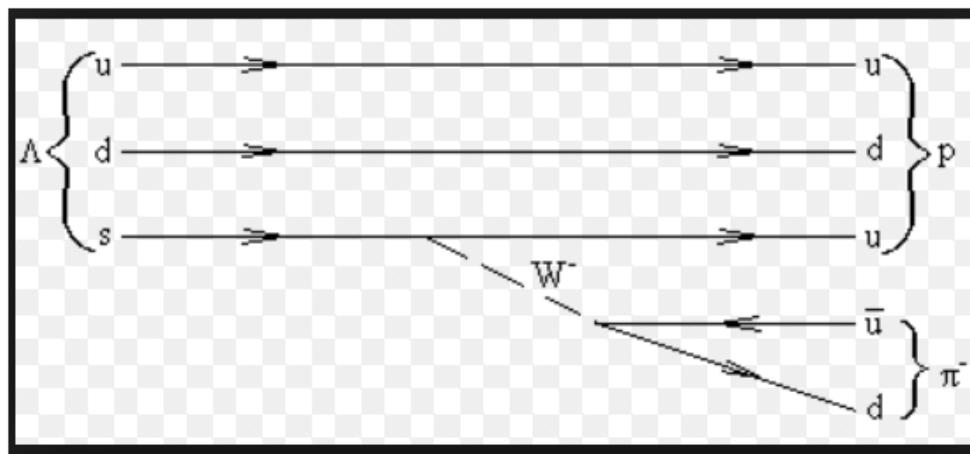
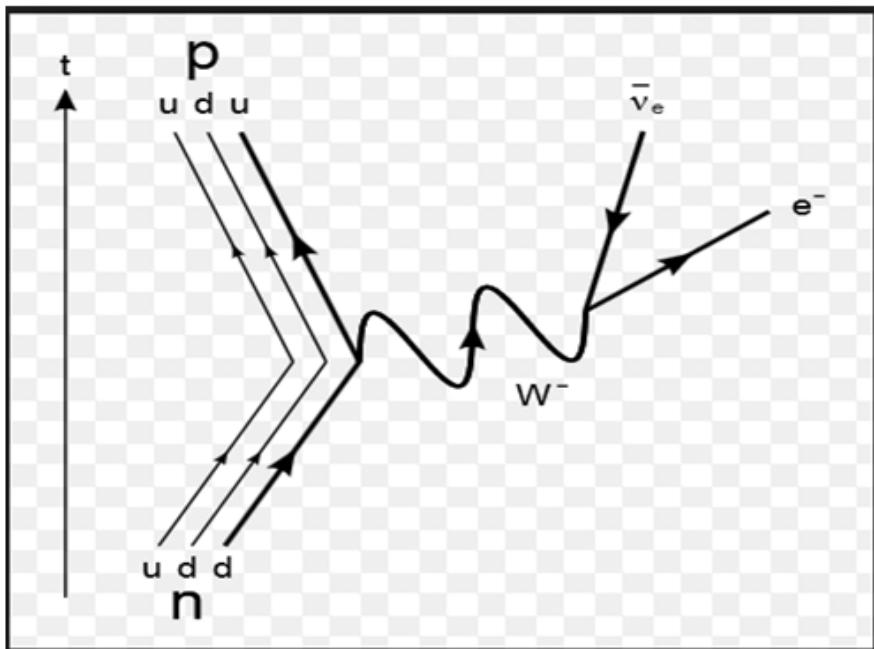


Современное состояние – определение остальных углов смешивания

Невылетание夸克ов, адронизация



Слабое взаимодействие夸克ов и лептонов



Статус современного коллайдерного эксперимента

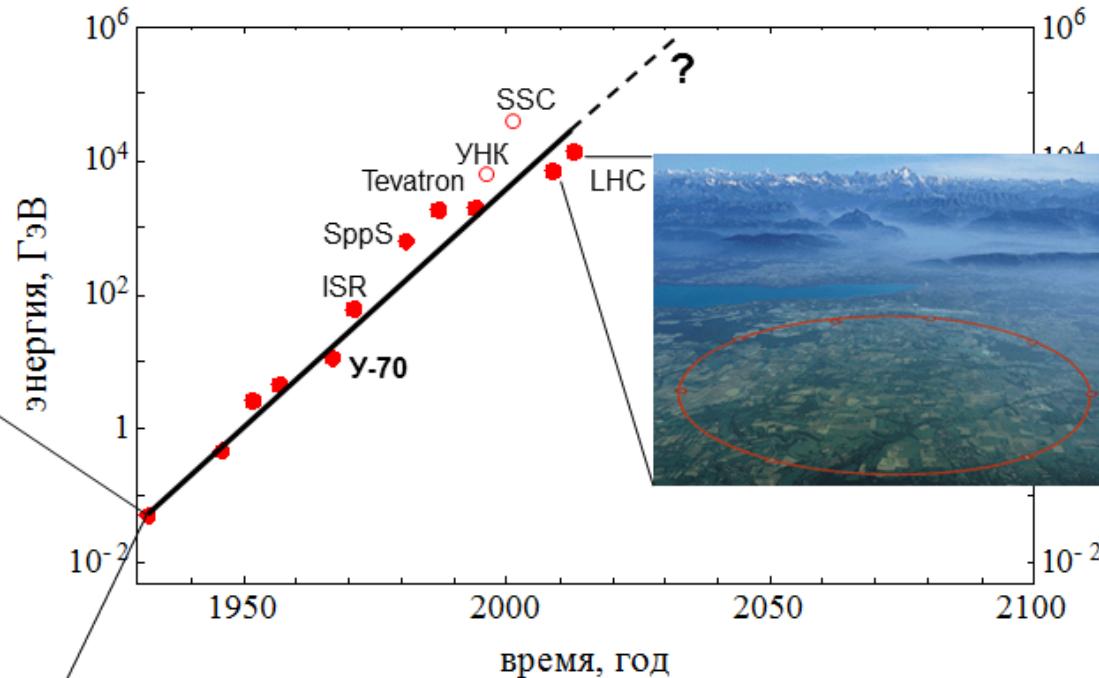
Рост энергии ускорителей

e^+e^-

VEPP-2000 (1x1 ГэВ)
VEPP-4M (6x6 ГэВ)
CESR-C (6x6 ГэВ)
БЕРС-II (1.89x1.89 ГэВ)
ДАФНЕ (0.7x0.7 ГэВ)
KEKB (8x3.5 ГэВ)
ILC (250x250 ГэВ →
500x500 ГэВ)-?
LEP (104.5x104.5 ГэВ)

LHC (pp: 3.5x3.5 ТэВ
→ 7x7 ТэВ, PbPb:
1.38x1.38 ТэВ/N →
2.76x2.76 ТэВ/N)
RHIC (pp: 0.25x0.25
ТэВ, AuAu: 0.1x0.1
ТэВ/N, CuCu: 0.1x0.1
ТэВ/N)
Tevatron (p-anti{p} –
0.9x0.9 ТэВ)

pp, AA



Ernest Lawrence's first cyclotron (1931)

Коллайдерные эксперименты: основные направления исследований

Проверка Стандартной Модели

- Механизм Хиггса – поиск
- Исследование свойств W и Z бозонов, бозона Хиггса
- Сильные взаимодействия – феноменологические модели, решеточные вычисления
- Изучение кварк-глюонной материи
- Изучение процессов рождения и распада тяжёлых кварков.
- Изучение процесса адронизации кварков

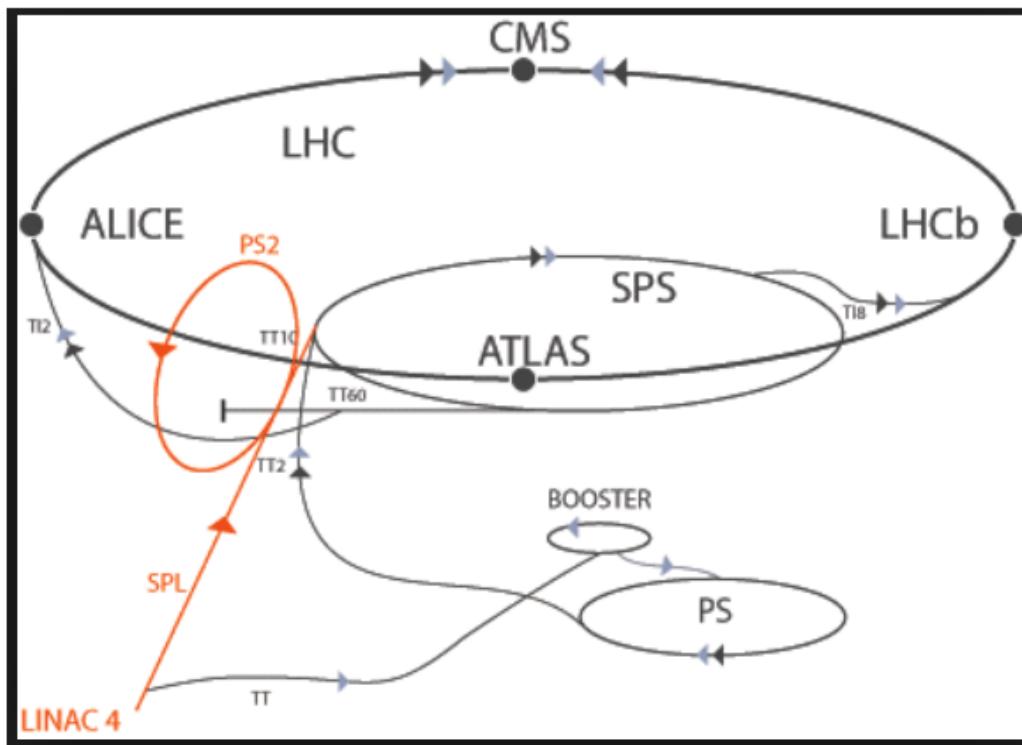
Явления, не описываемые Стандартной Моделью

Поиск объяснений:

- 1) Барионная асимметрия.
- 2) Природа темной материи.
- 3) Проблема массы нейтрино.

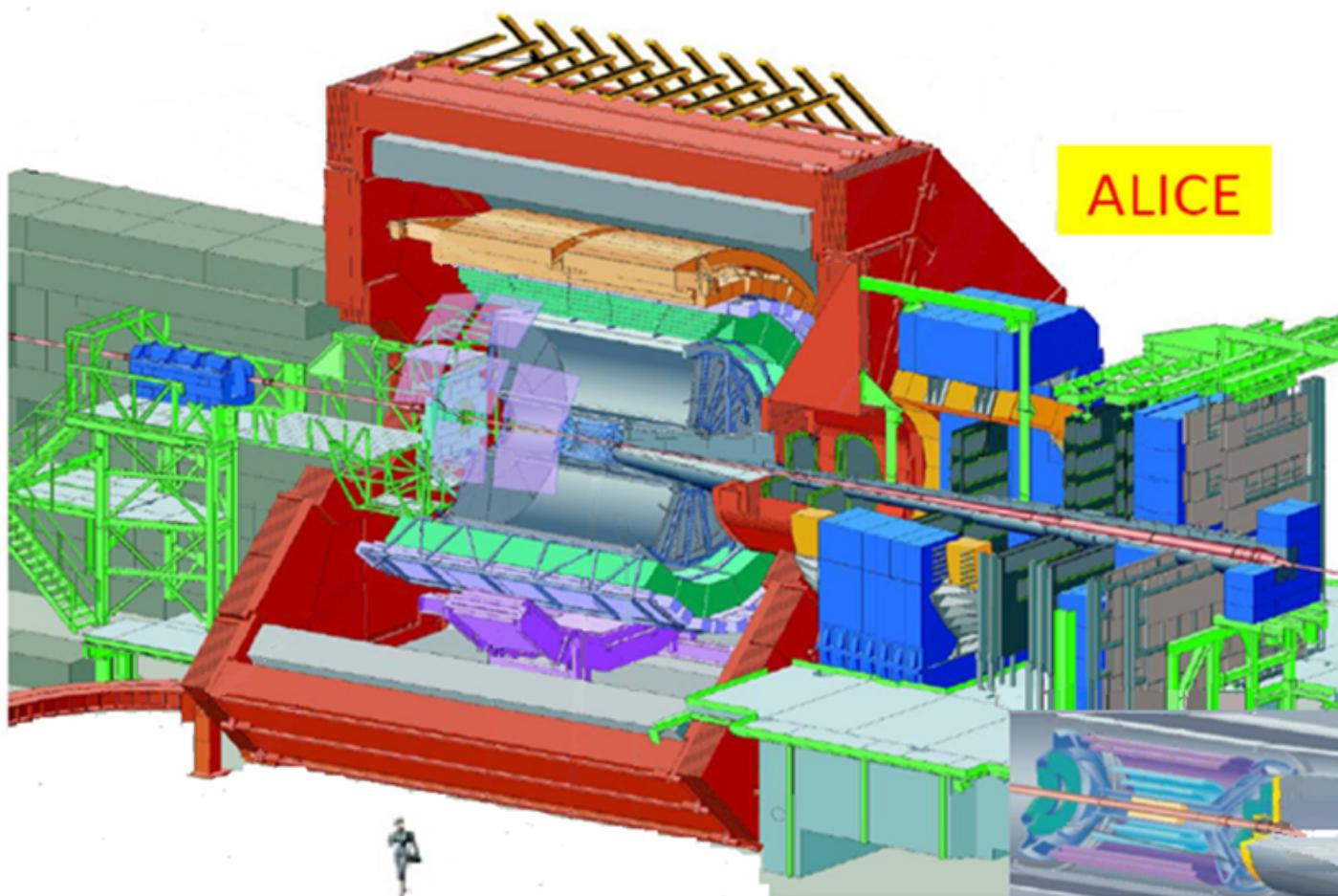
Проверка гипотез:

- Суперсимметрия
- Модели с большим количеством пространственных измерений
- Теория суперструн
- Теории с сильной гравитацией на масштабе энергий порядка 1 ТэВ.
Легкие черные дыры



Фундаментальные проблемы: кварк-глюонная материя, свойства адронов и ядер

Эксперимент ALICE на LHC

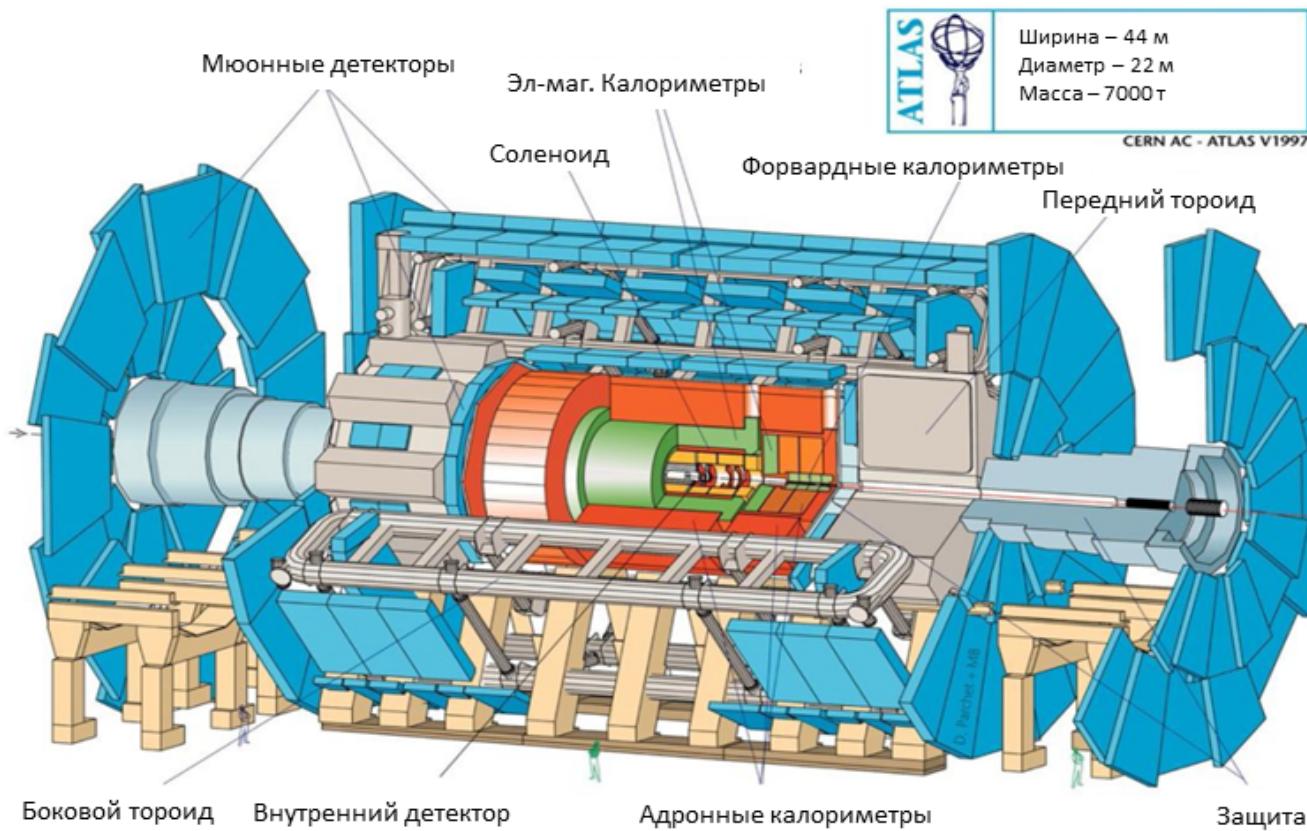


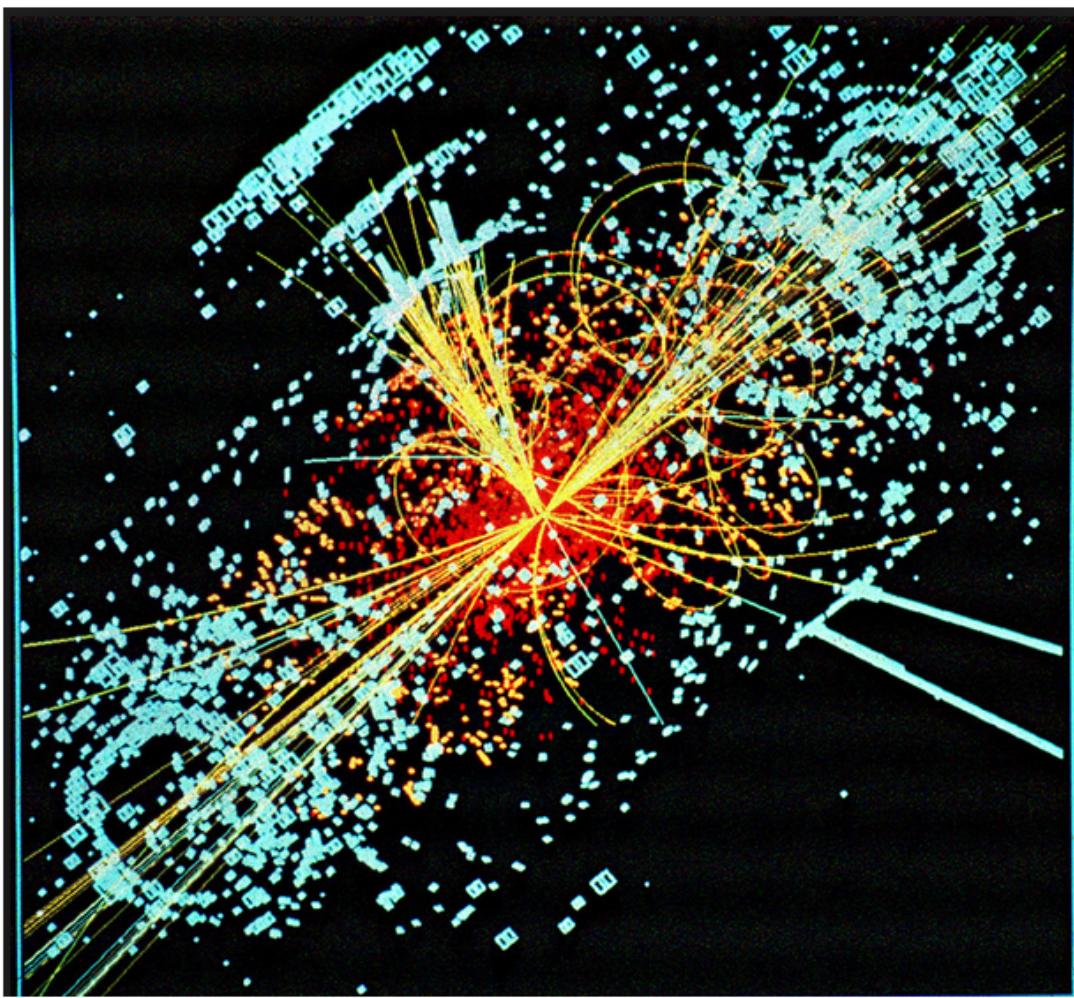
Эксперимент ATLAS на LHC

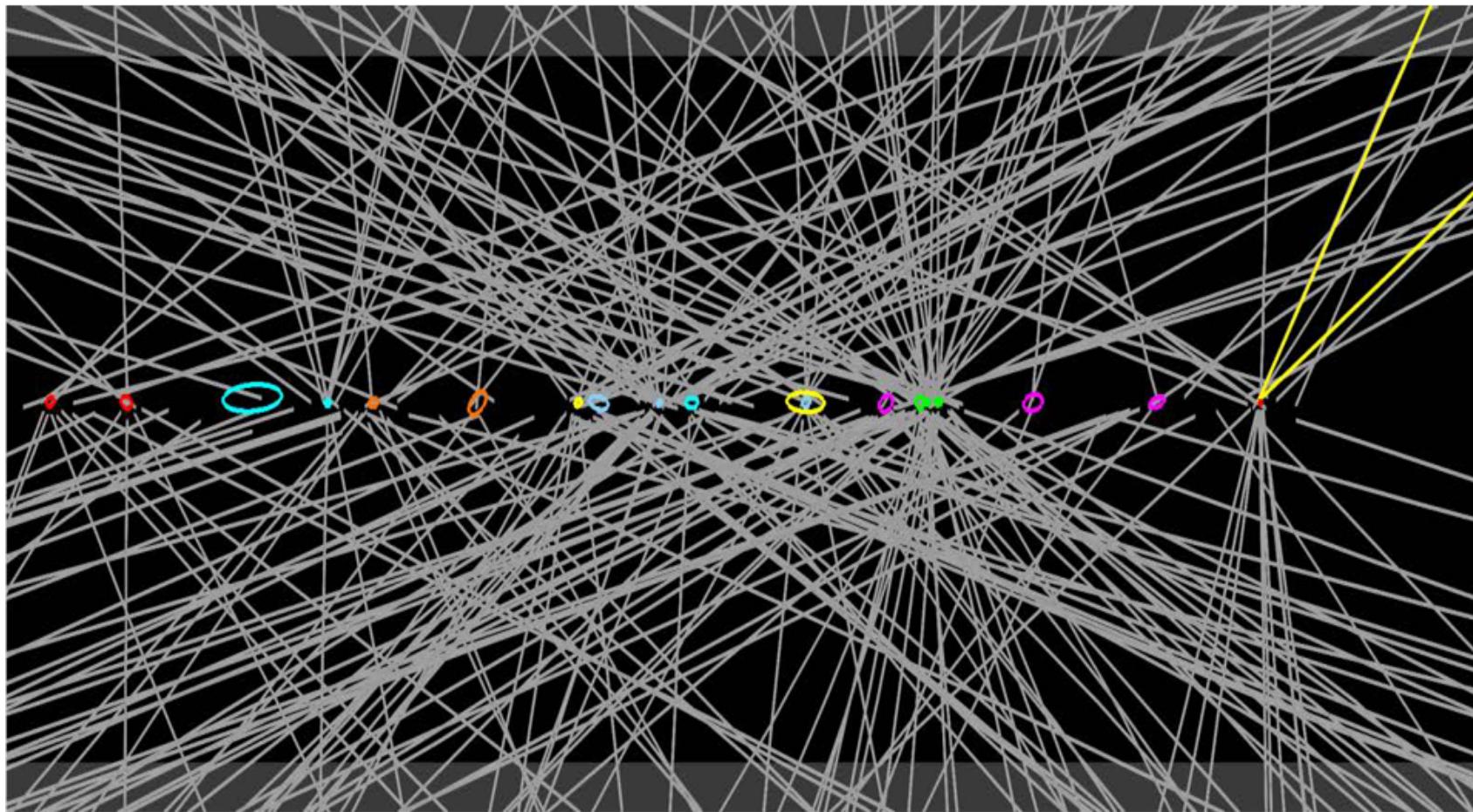


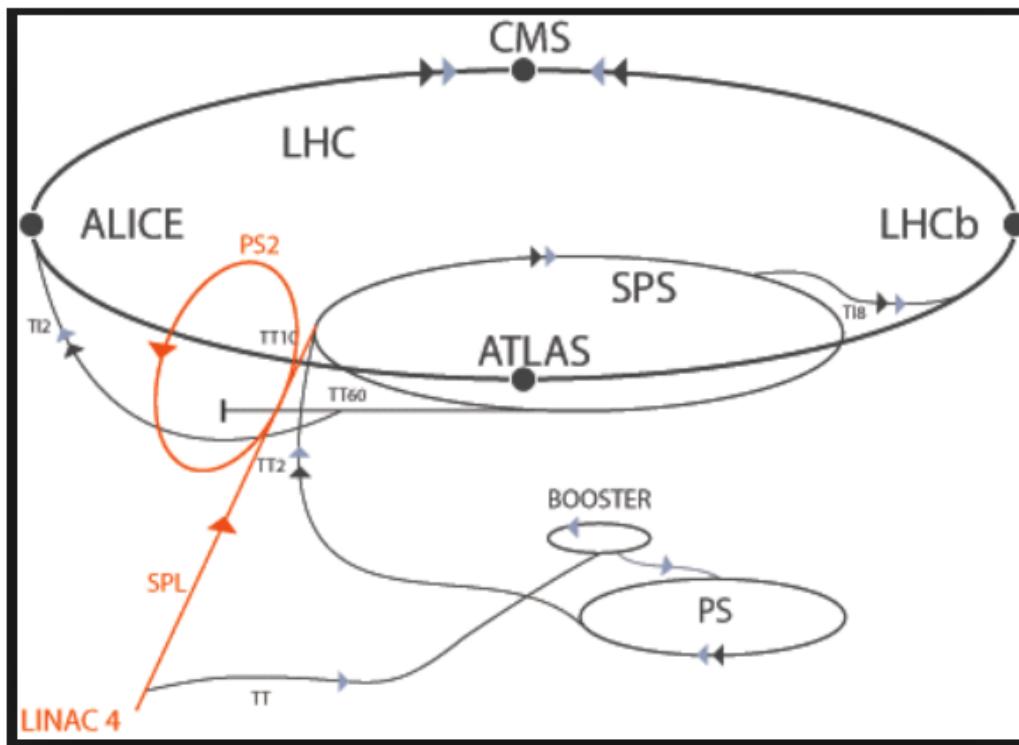
Фундаментальные проблемы: поиск бозона Хиггса, суперсимметрии, темной материи, дополнительных измерений

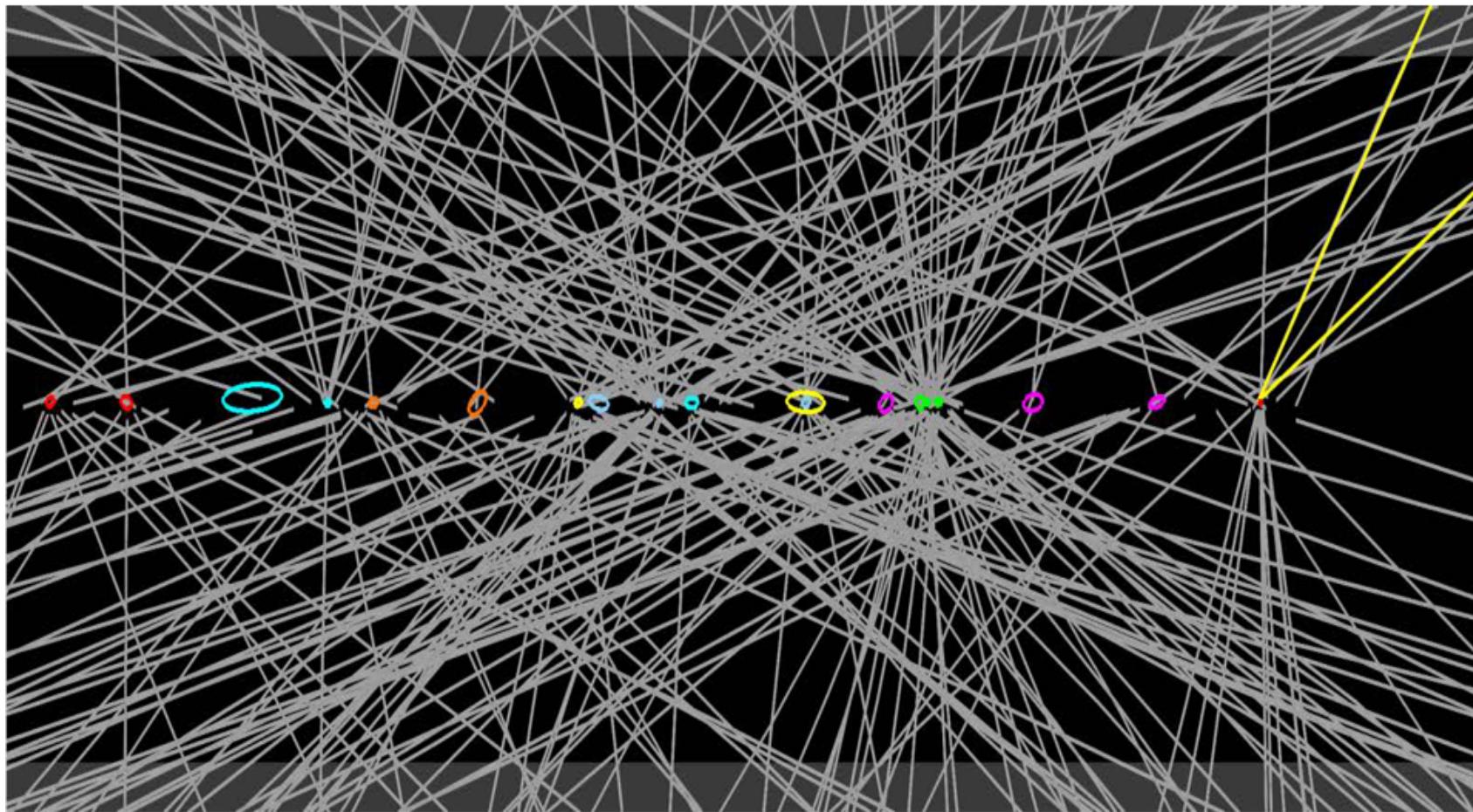
От России участвуют ФИАН, ИТЭФ, ИЯФ, НИЯУ МИФИ, ИФВЭ, МГУ, ПИЯФ, ОИЯИ



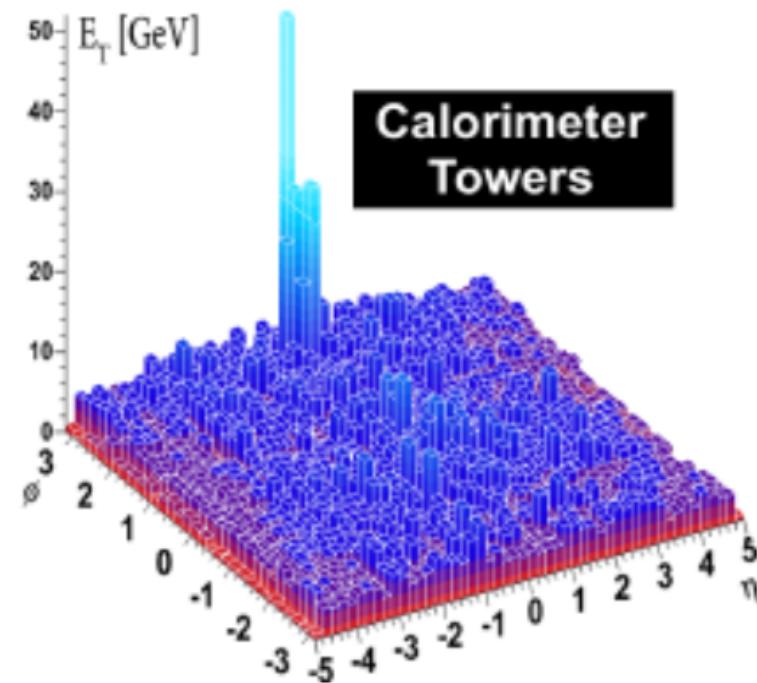
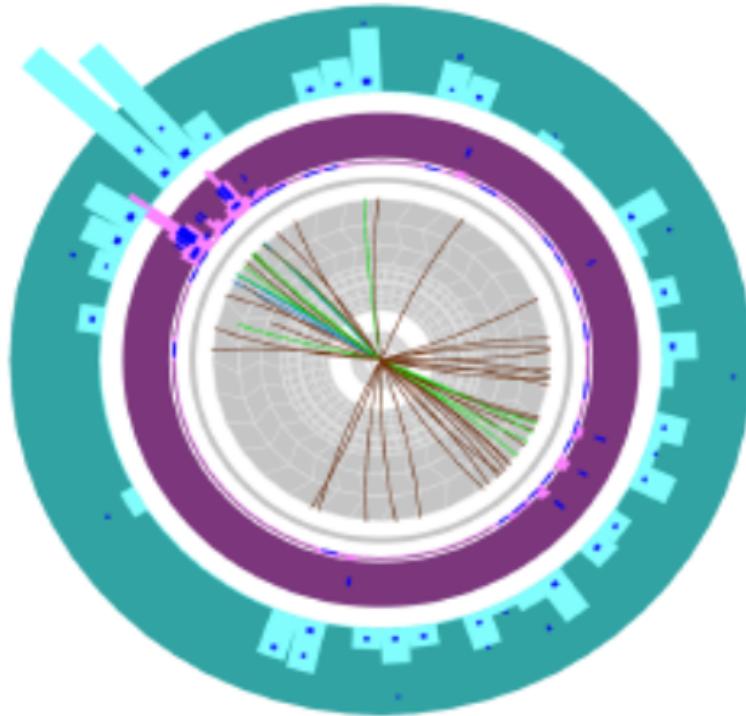








Проверка КХД (Поиск КГП)



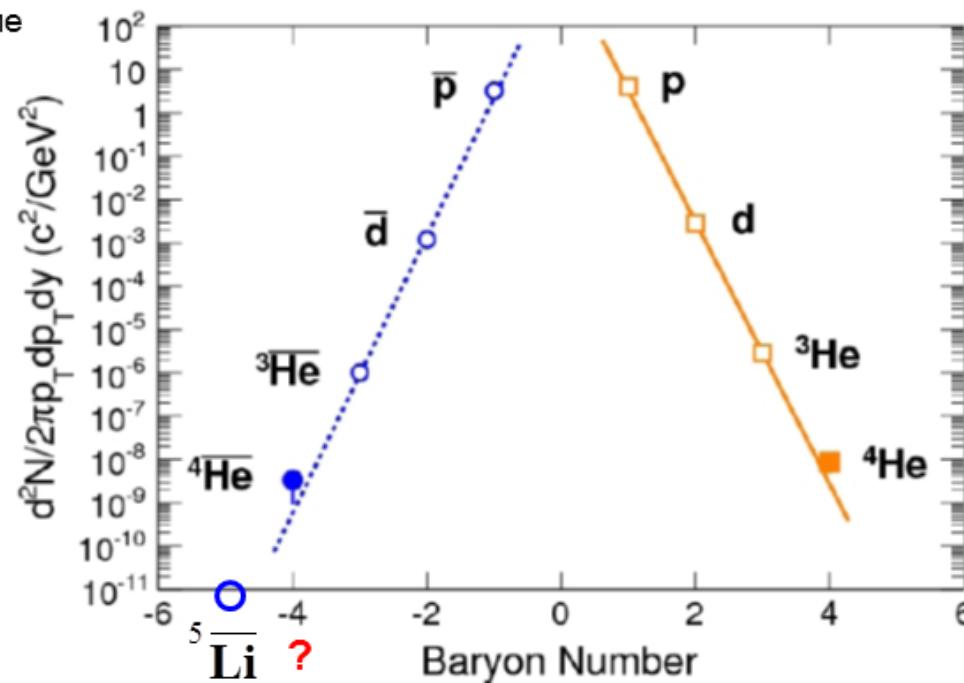
Струя с одной стороны и рассеянный
вылет частиц с другой

Рождение антиядер на ускорителе

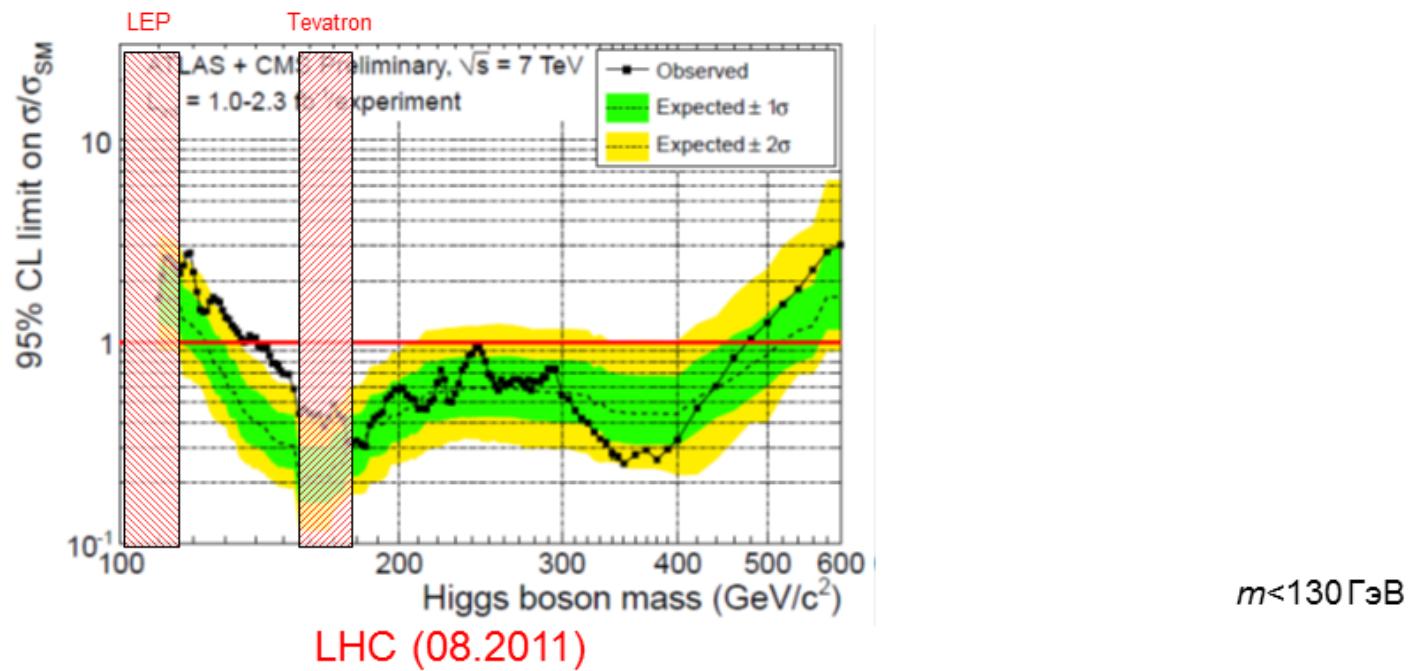
Следствием образования КГП также является рождение ядер и антиядер примерно в равных количествах.

Антипротон -1955 год на ускорителе
протонов в Беркли

Антидейтрон - 1965,
Брукхейвен;
Антигелий-3 - 1970, Серпухов,
Антитритий - 1973, Серпухов,

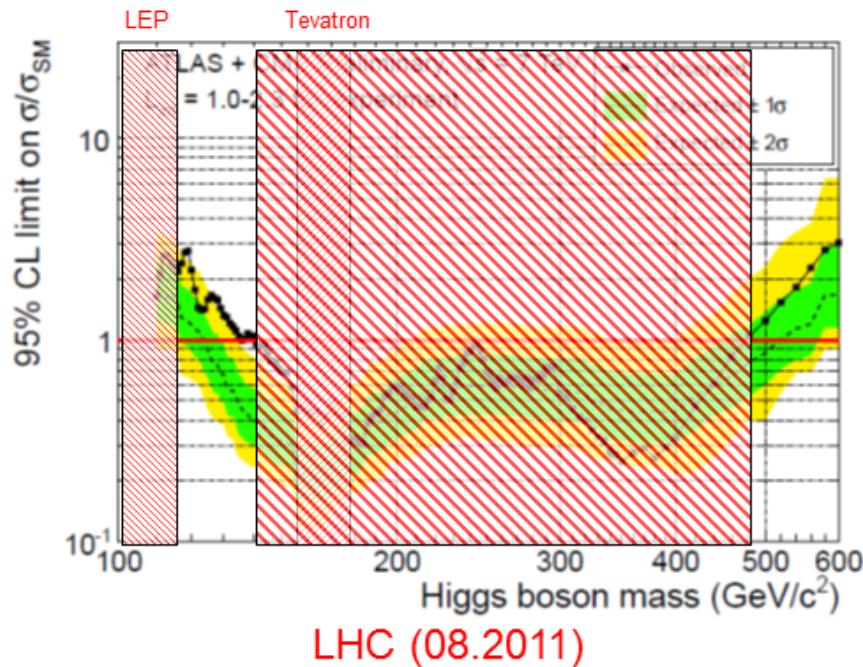


Поиск бозона Хиггса

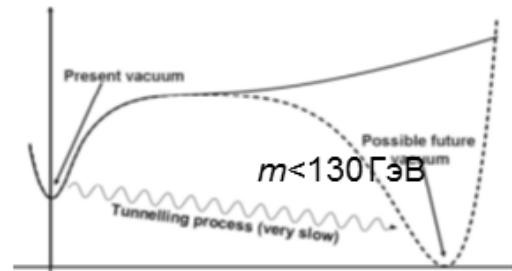


ATLAS, CMS

Поиск бозона Хиггса



На 08.2011 LHC исключил
интервал: 141-476



$\Rightarrow m \sim 120$ ГэВ \Rightarrow нестабильность вакуума при $\Lambda > \sim 10^8$ ГэВ \Rightarrow НОВАЯ ФИЗИКА!

$\Rightarrow m > 470$ ГэВ константа самодействия поля Хиггса ~ 1 и надо учитывать весь ряд теории возмущений

ATLAS, CMS

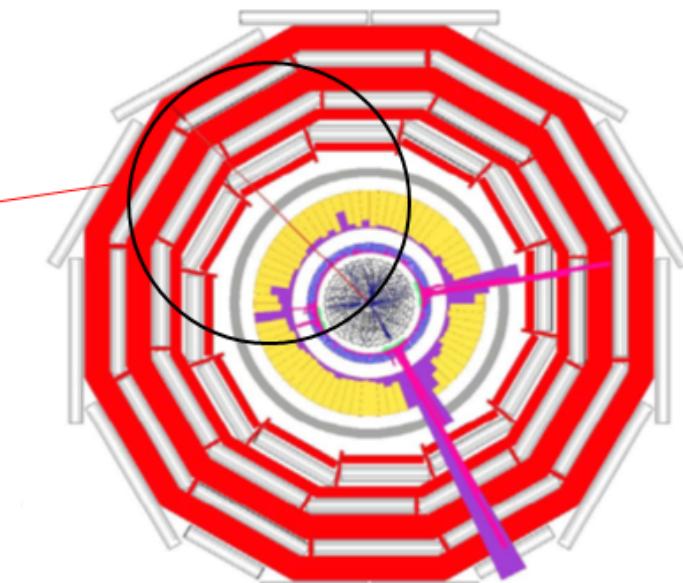
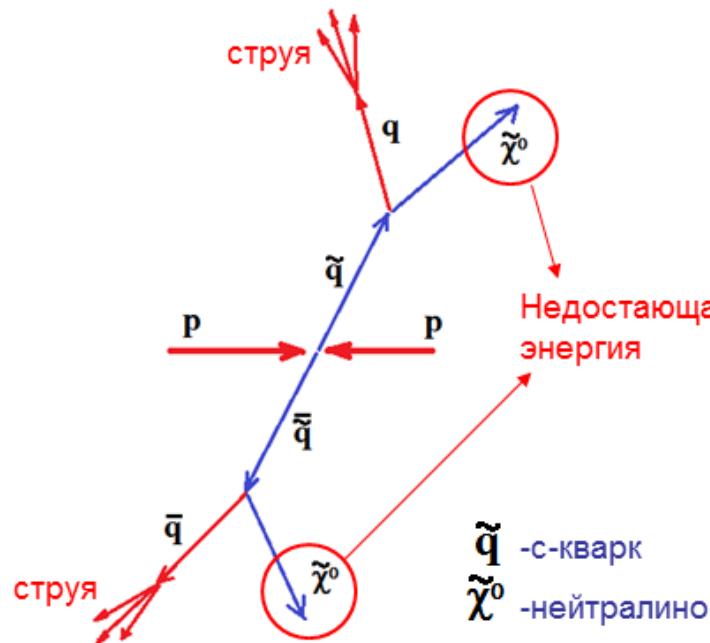
Поиск суперсимметрии

– одно из решений проблемы темной материи

Суперсимметричные частицы – претенденты на роль скрытой массы

Имитация события рождения

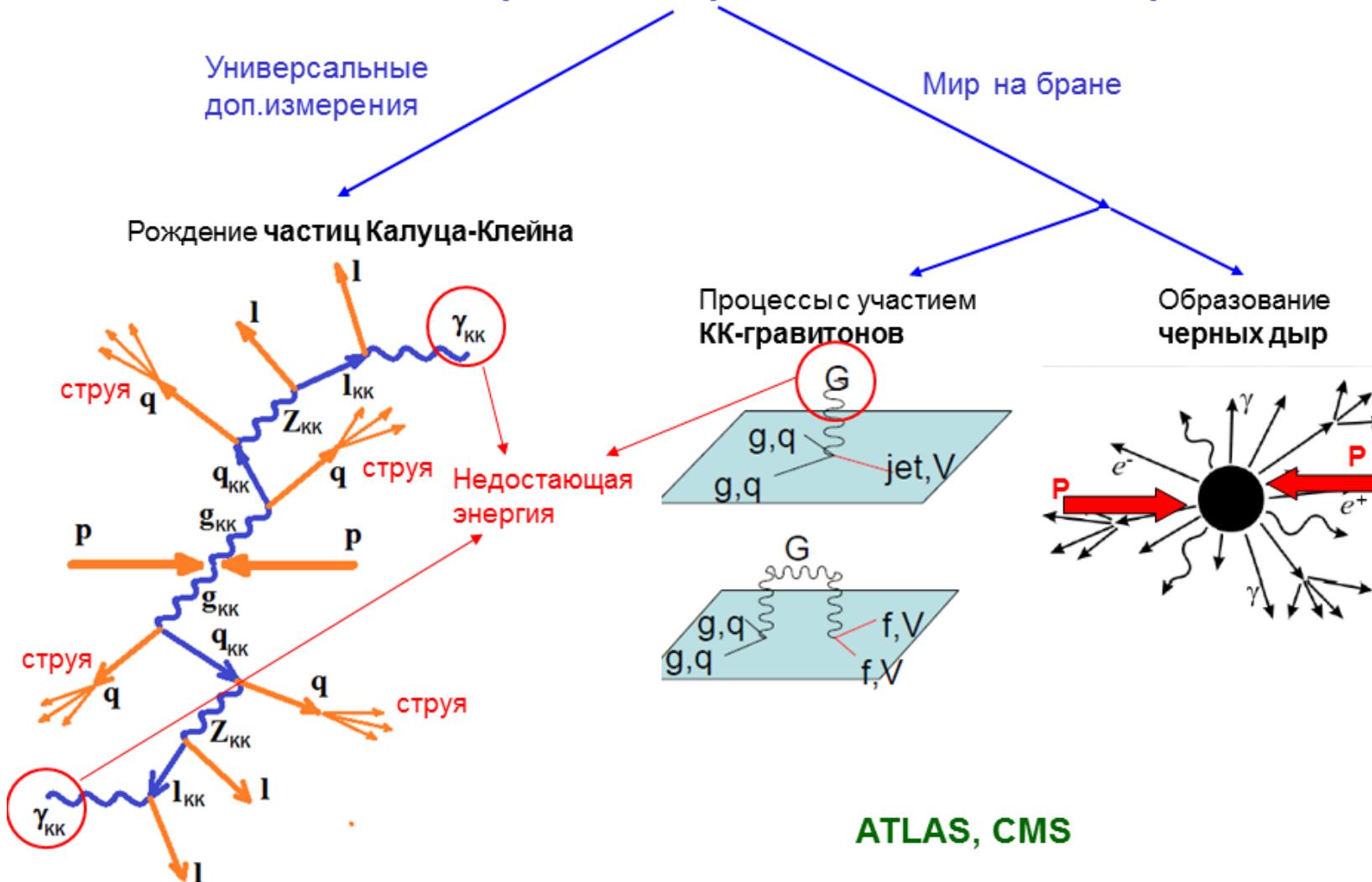
$p\bar{p} \rightarrow 2 \text{ c-кварка} \rightarrow 2 \text{ кварк (струи)} + 2 \text{ нейтралино (потерянная энергия)}$



ATLAS, CMS

Поиск дополнительных измерений (1)

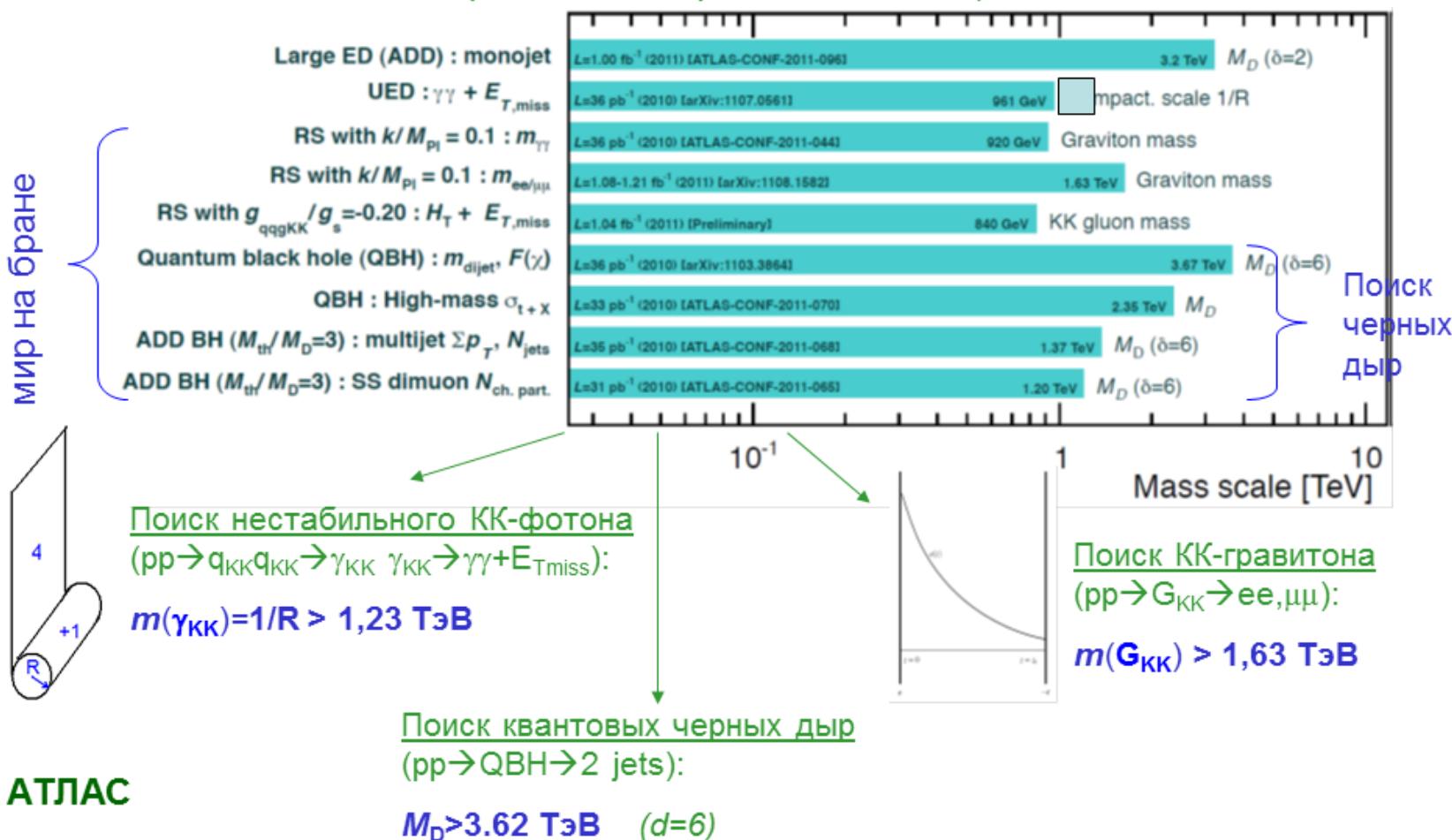
– одно из решений проблемы темной материи



Поиск дополнительных измерений (2)

результаты

ограничения на D-мерную массу Планка (M_D), массы КК-частиц (КК-гравитон, КК-фотон, КК-глюон)



Перспективы коллайдеров

Насколько далеко мы можем продвинуться по энергетической шкале?

