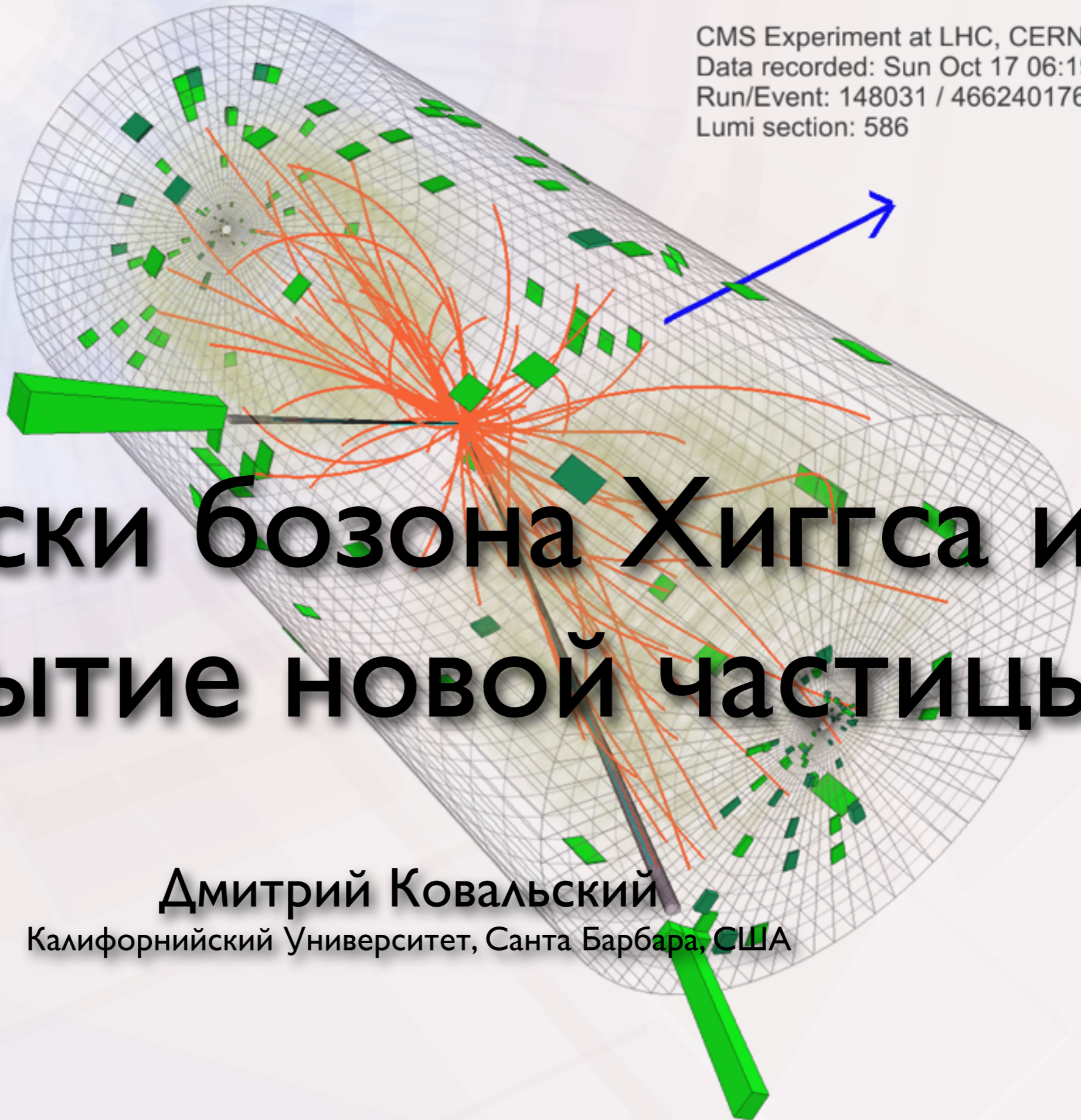


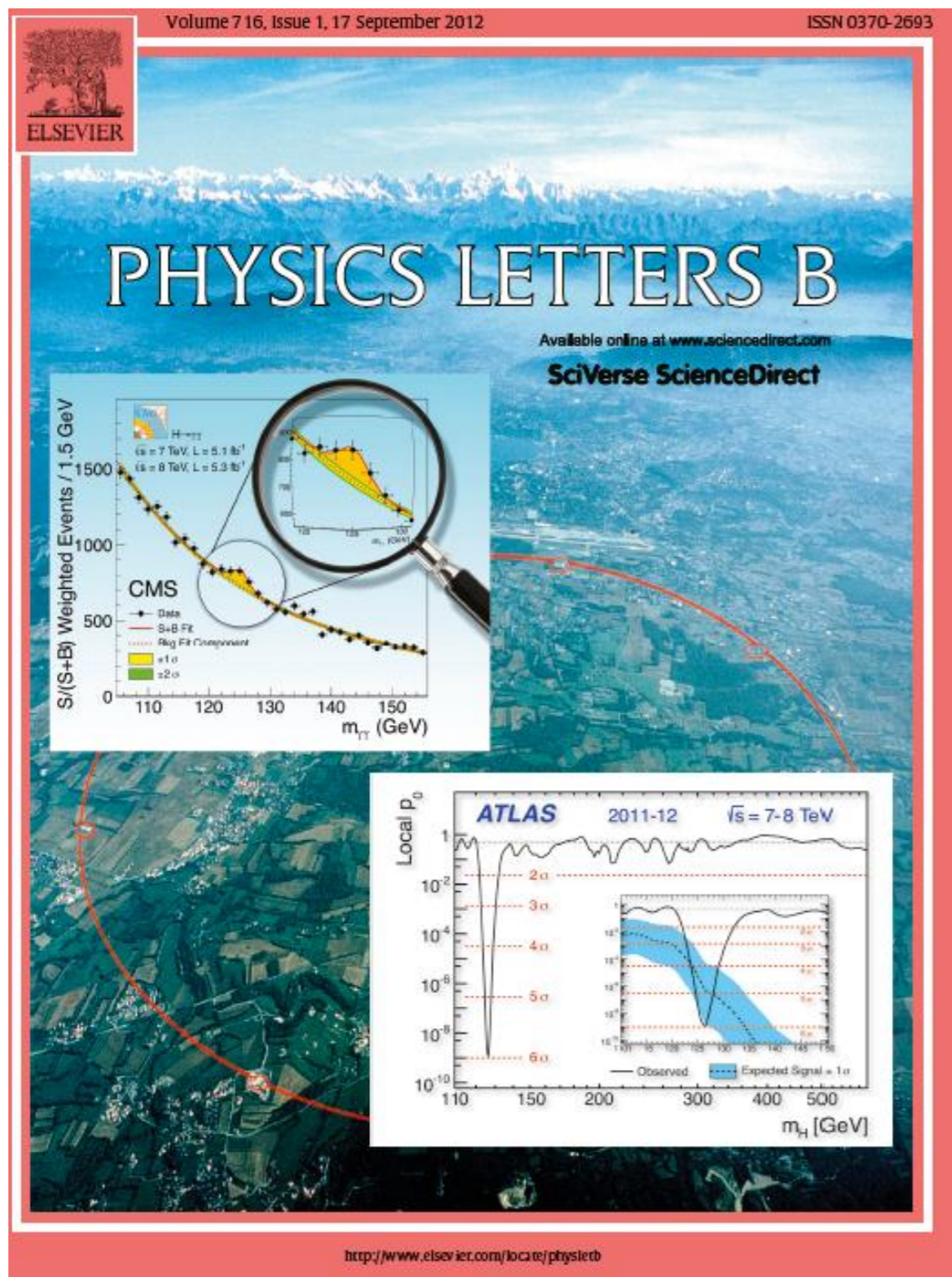


CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Sun Oct 17 06:19:04 2010
Run/Event: 148031 / 466240176
Lumi section: 586



Поиски бозона Хиггса и открытие новой частицы

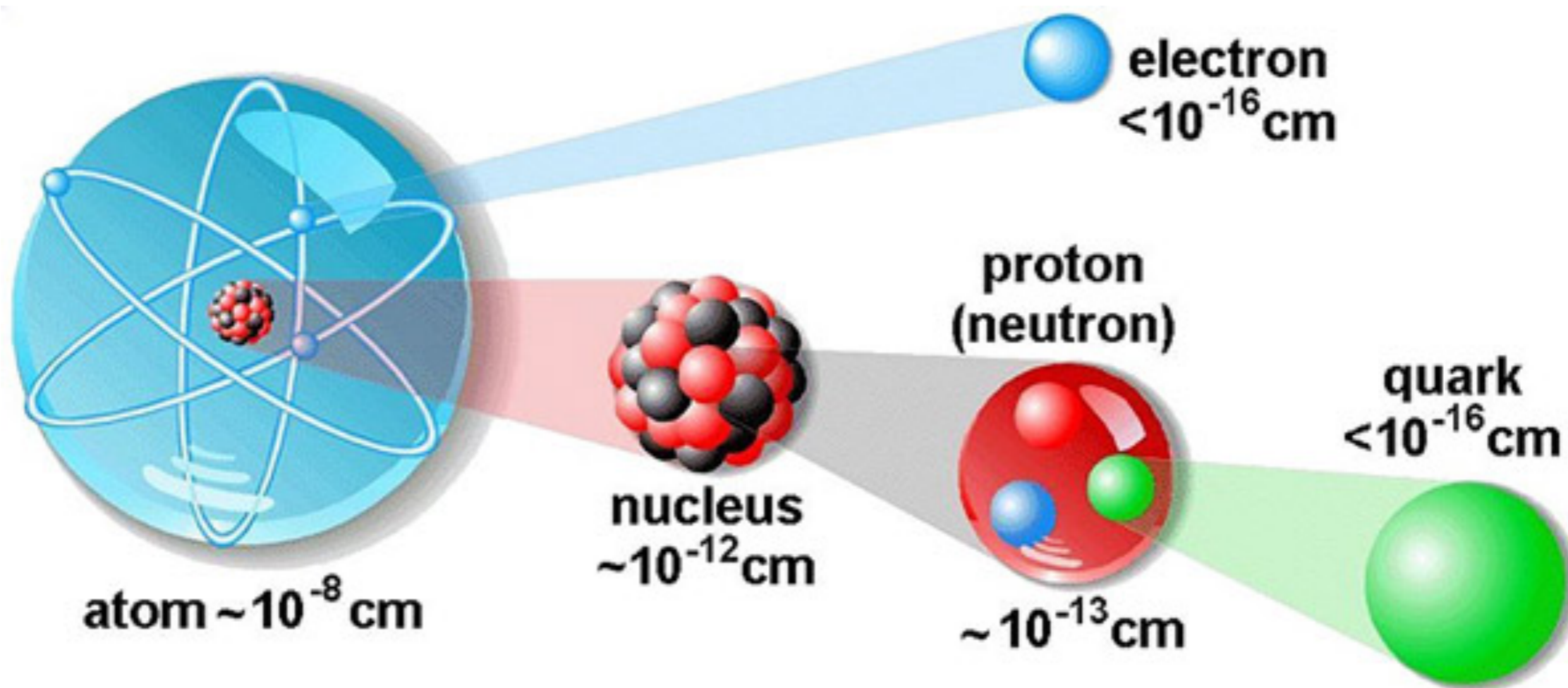
Дмитрий Ковальский
Калифорнийский Университет, Санта Барбара, США



- ▶ 4 Июля 2012 - открыта новая частица
- ▶ Что это за частица?
- ▶ Что такое Хиггс бозон?
- ▶ Какое это все имеет значение?

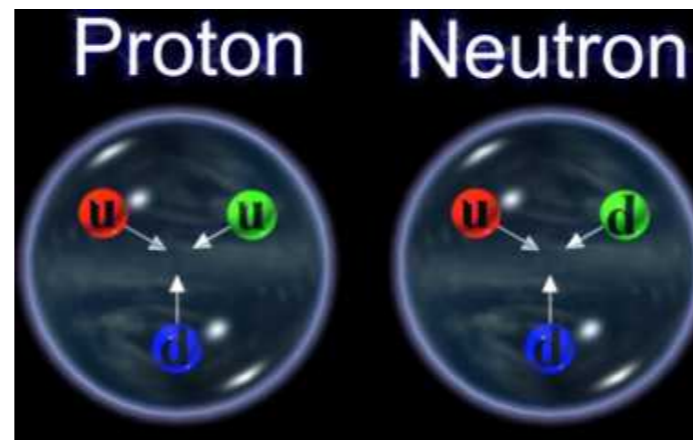
**Что мы знаем об
устройстве мира**

Строение Атома

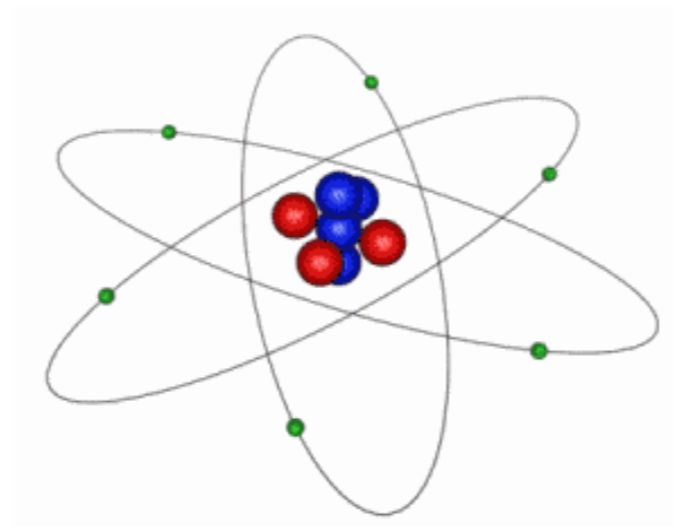


Элементарные Частицы

- ▶ Окружающий нас мир построен из:
 - ▶ двух типов кварков (up и down) - ядро



- ▶ электронов - атомы



Три поколения частиц

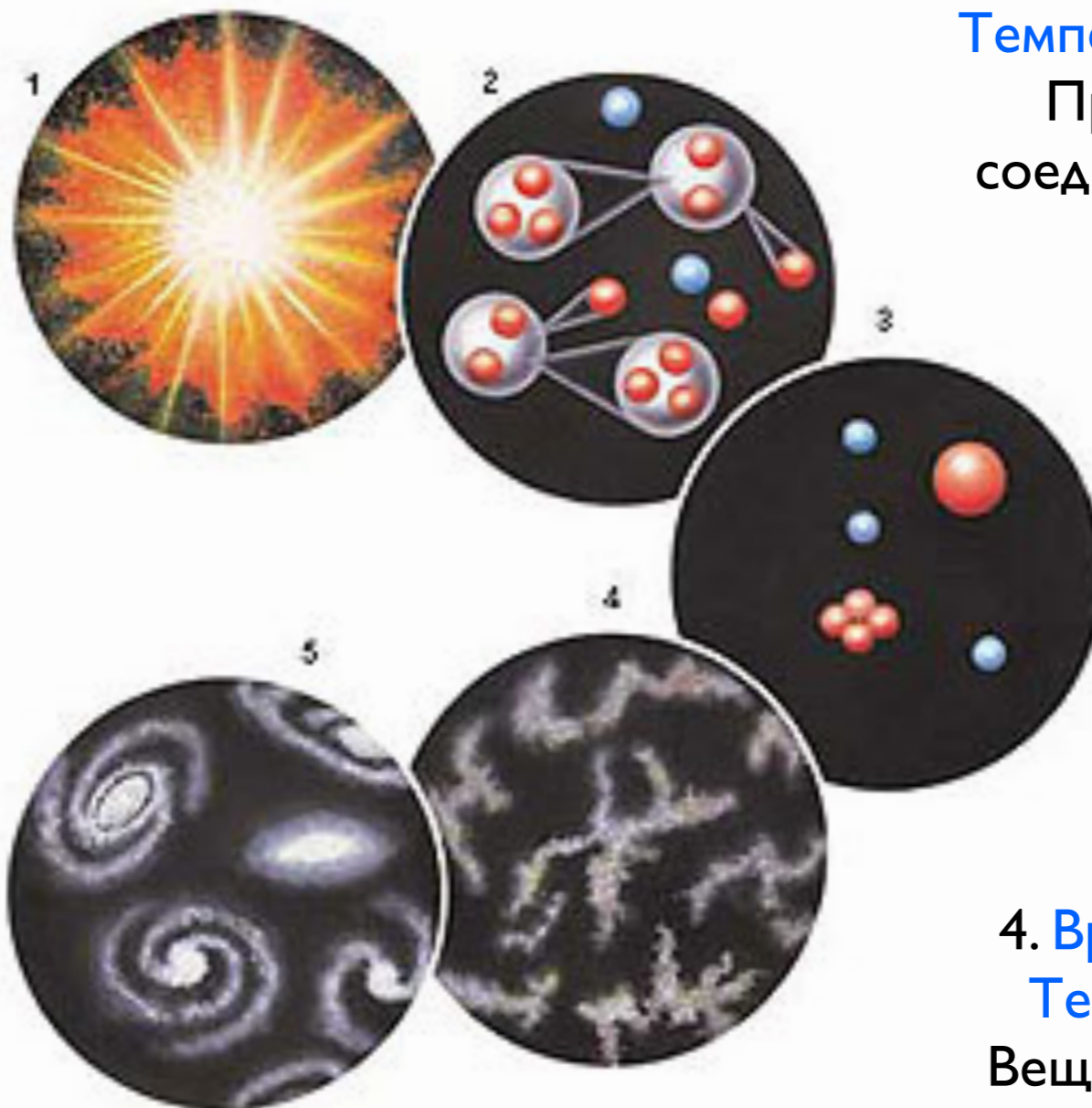


- ▶ Науче известны три поколения частиц
- ▶ Частицы из старших поколений очень тяжелые и нестабильные
- ▶ Они существовали в первые секунды жизни вселенной

Краткая История Мира

1. Время: 0

Вещество и материя рождаются в большом взрыве



2. Время: 60 секунд

Температура: 1 миллиард °C.
Протоны и нейтроны соединяются и формируют ядра.

3. Время: 300 000 лет Температура: 3000 °C.

Электроны и ядра соединяются и образуют атомы водорода и гелия

4. Время: 1 миллиард лет Температура: -250 °C.

Вещество скапливается и формируются прото-галактики

5. Время: 10 миллиардов лет Температура: -270 °C. Солнце и планеты

Взаимодействие Частиц

Переносчик взаимодействия: **фотон**

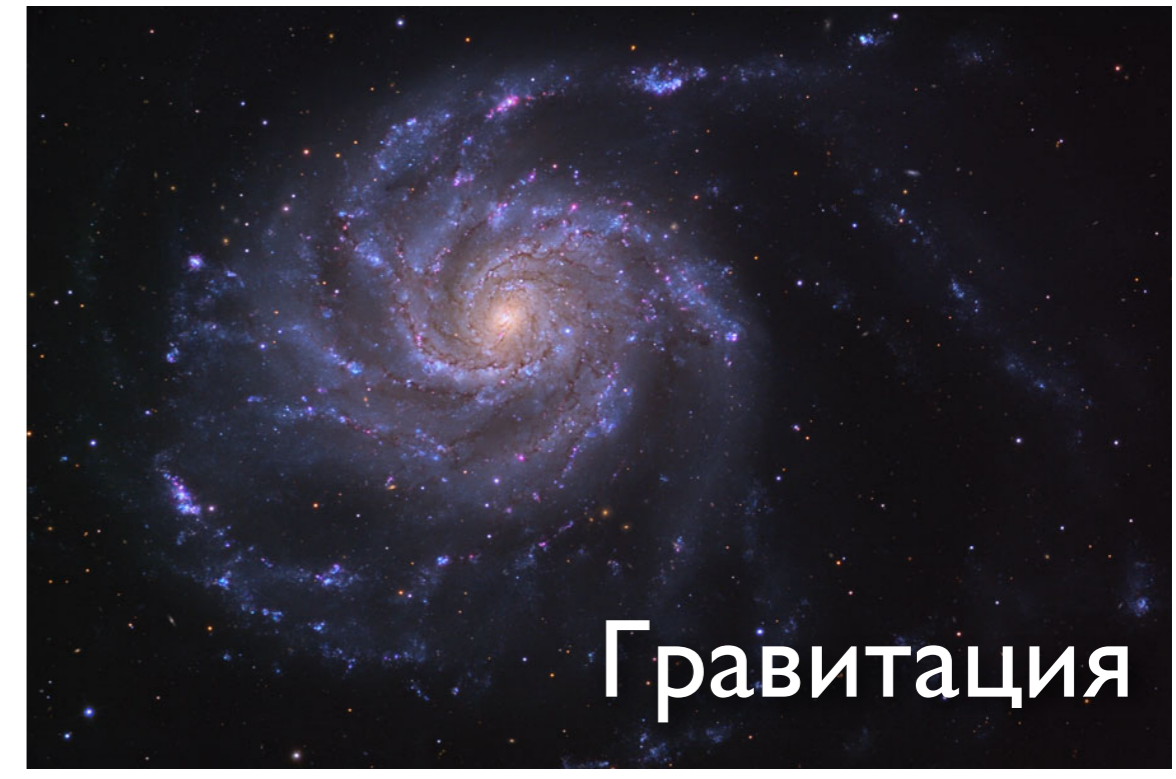
Электромагнетизм

Слабое взаимодействие

Переносчик взаимодействия: **W/Z**

Сильное взаимодействие

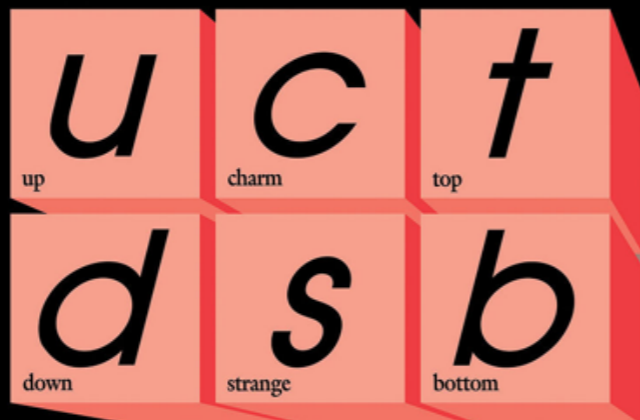
Переносчик взаимодействия: **глюон**



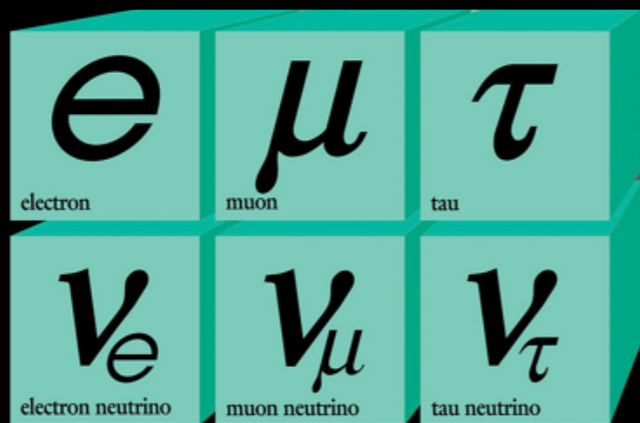
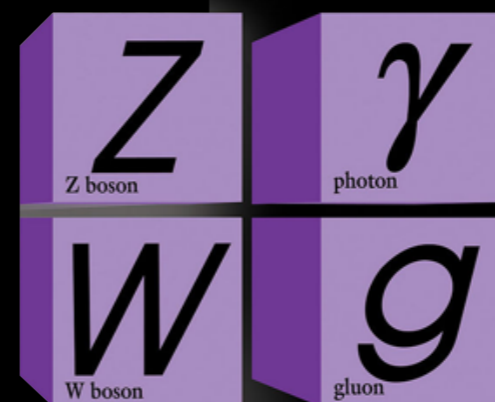
Гравитация

Стандартная Модель

Кварки

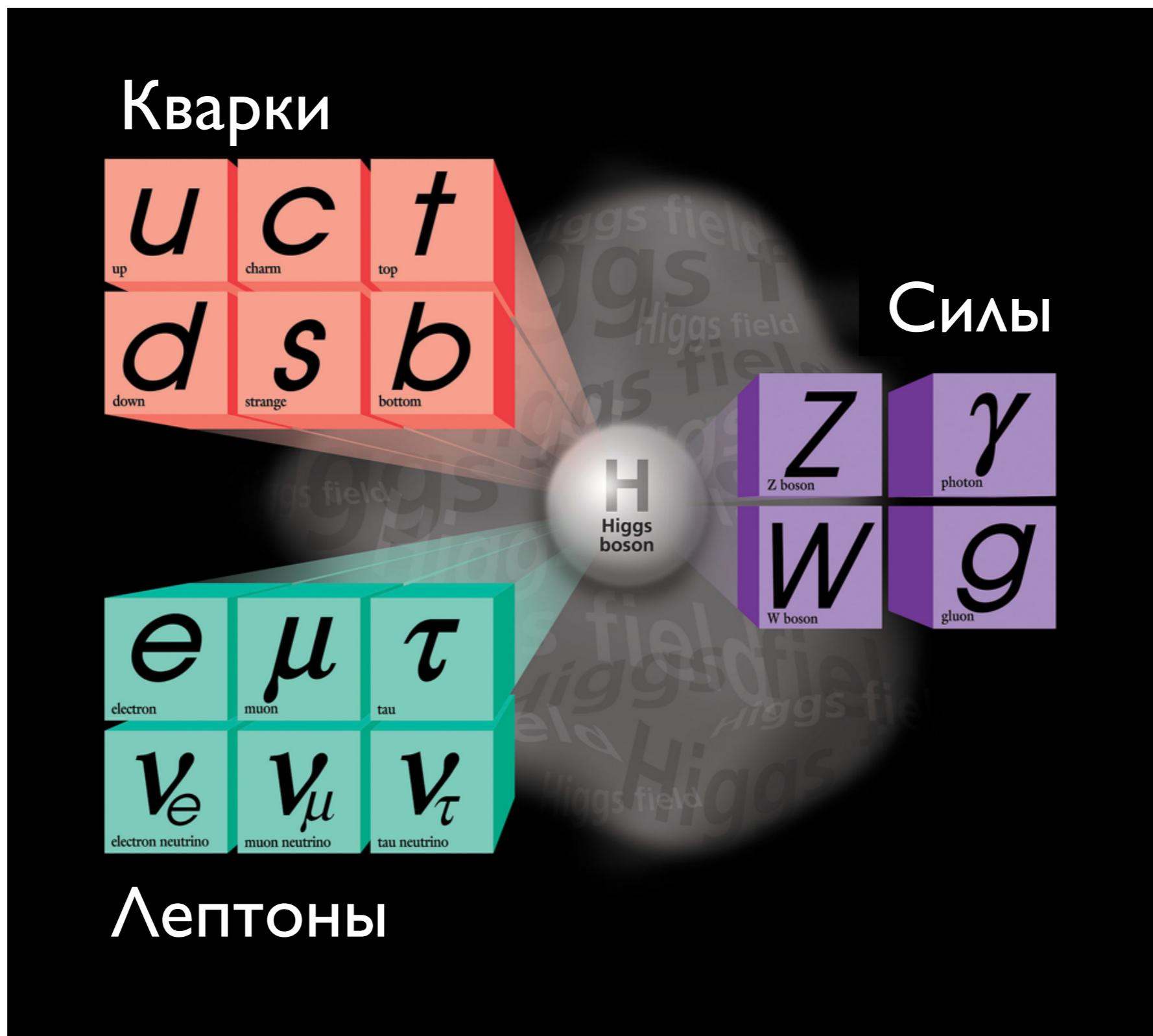


Силы

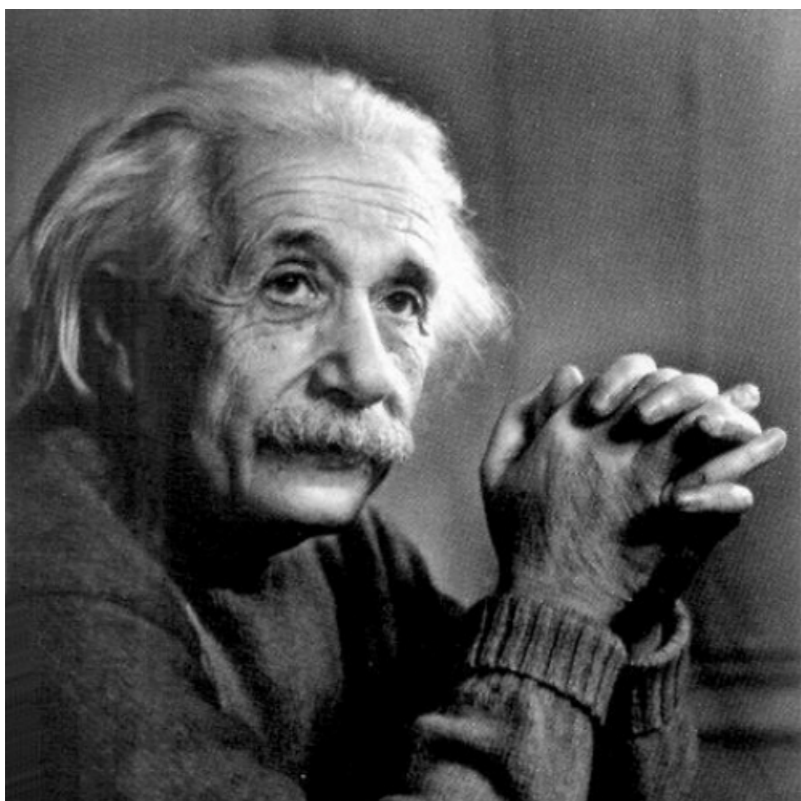


Лептоны

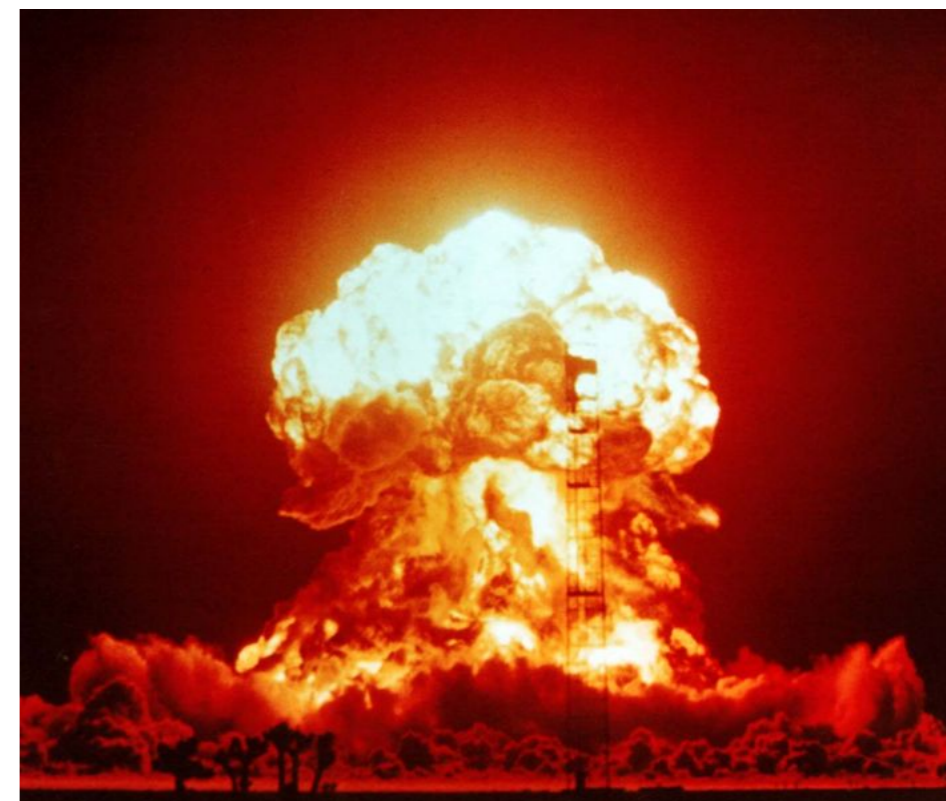
Стандартная Модель



**Что такое Хиггс
бозон и какова его
роль?**

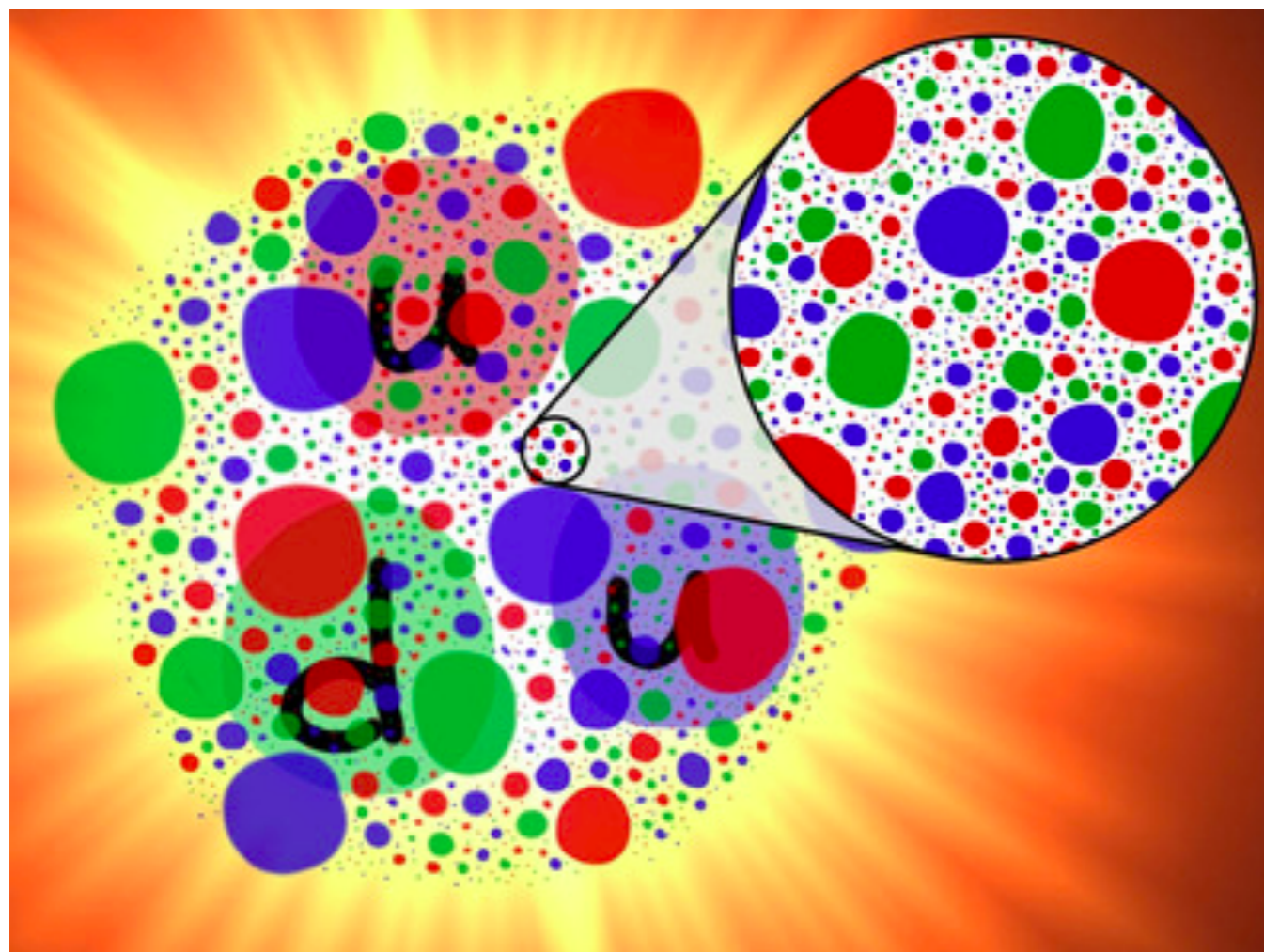


$$E=mc^2$$



- ▶ Масса и энергия очень тесно связаны
- ▶ В физике частиц принято считать $c^2=1$
- ▶ Масса и энергия измеряются в одних единицах:
 - ▶ электрон-вольт (эВ)

Масса Вещества



- ▶ Масса Протона: 938 МэВ
- ▶ Масса кварков:
 - ▶ Up: 2.4 МэВ
 - ▶ Down: 4.8 МэВ
- ▶ Энергия связи: $938 - 2 \cdot 2.4 - 4.8 \approx 928$ МэВ
- ▶ 99% массы протона

Масса элементарных частиц лишь малая доля массы вещества с которым мы сталкиваемся в жизни



Механизм Хиггса



- ▶ Сильное взаимодействие дает массу окружающему нас миру
- ▶ протоны и нейтроны - основа ядер химических элементов
- ▶ Хиггс механизм дает массу элементарным частицам
- ▶ кваркам, лептонам (электронам) и тяжелым бозонам (переносчикам взаимодействий)

**Механизм Хиггса -
эффективная масса**

Механизм Хиггса в действии



Вечеринка политической партии -
каждый общается с соседом

Механизм Хиггса в действии



Заходит знаменитость и хочет
пересечь комнату

Механизм Хиггса в действии



Масса желающих пообщаться
замедляет знаменитость - у нее
ПОЯВИЛАСЬ МАССА

Частица Хиггса

Частица Хиггса



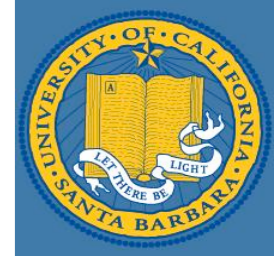
Слух рассказан в углу комнаты

Частица Хиггса

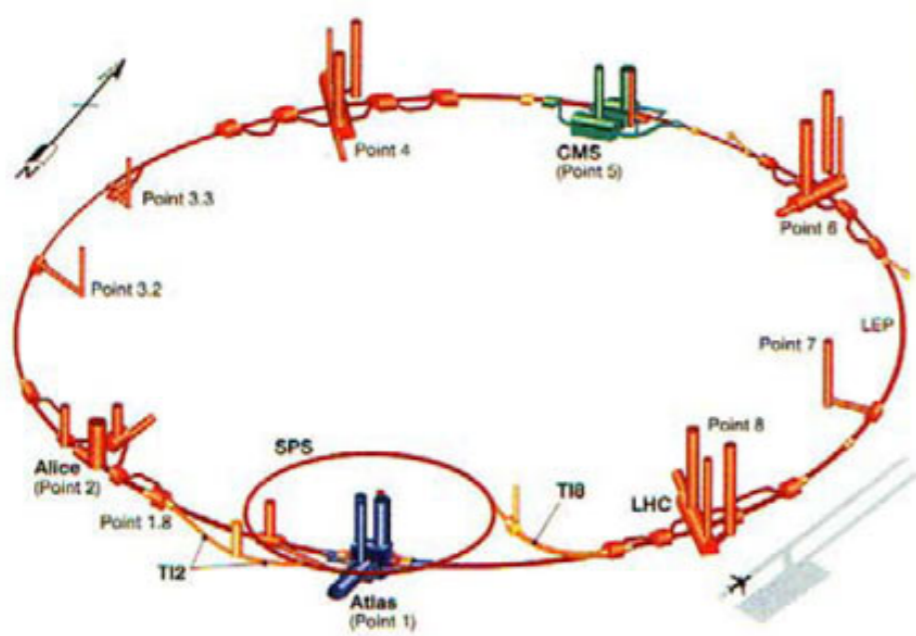


Слух распространяется формируя
новую “частицу”

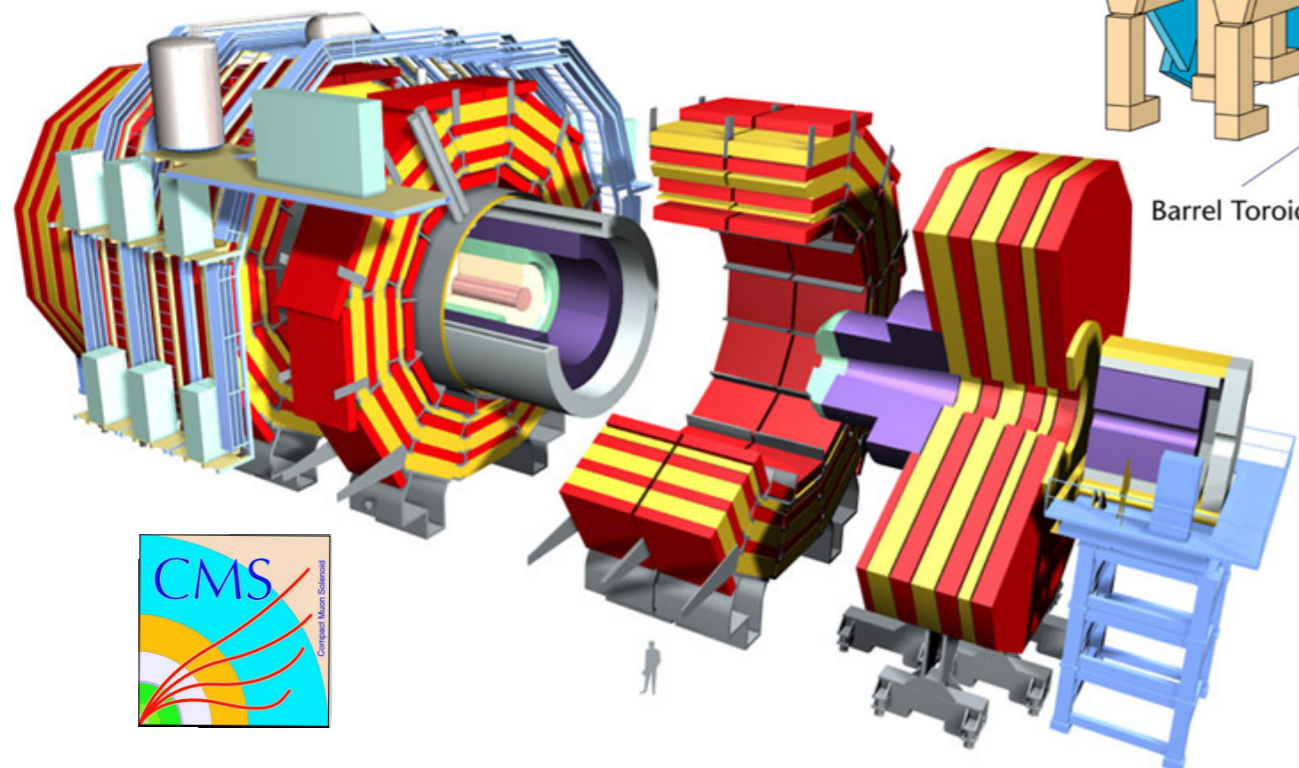
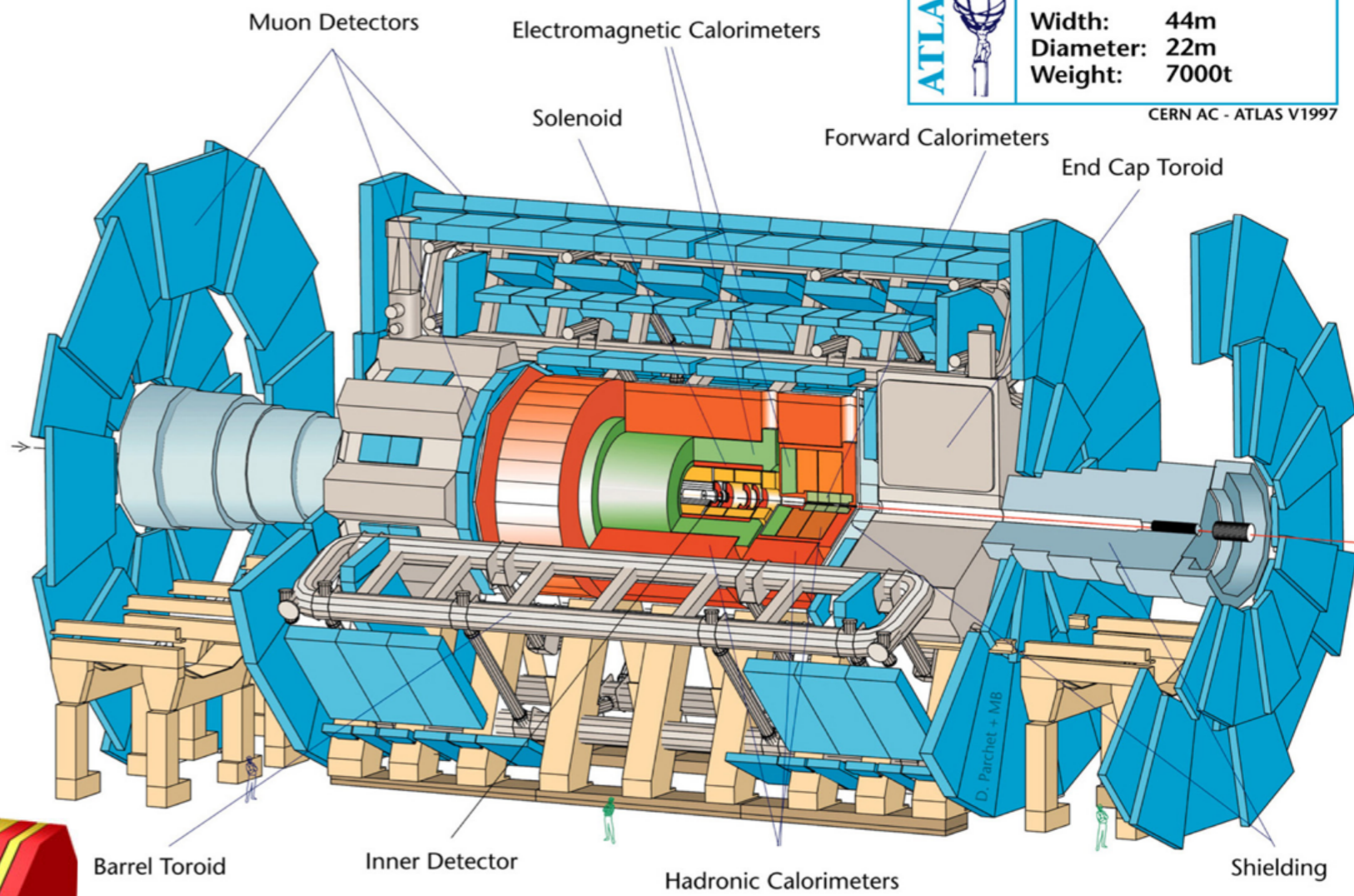
**Как обнаружить
Хиггс?**



Два детектора



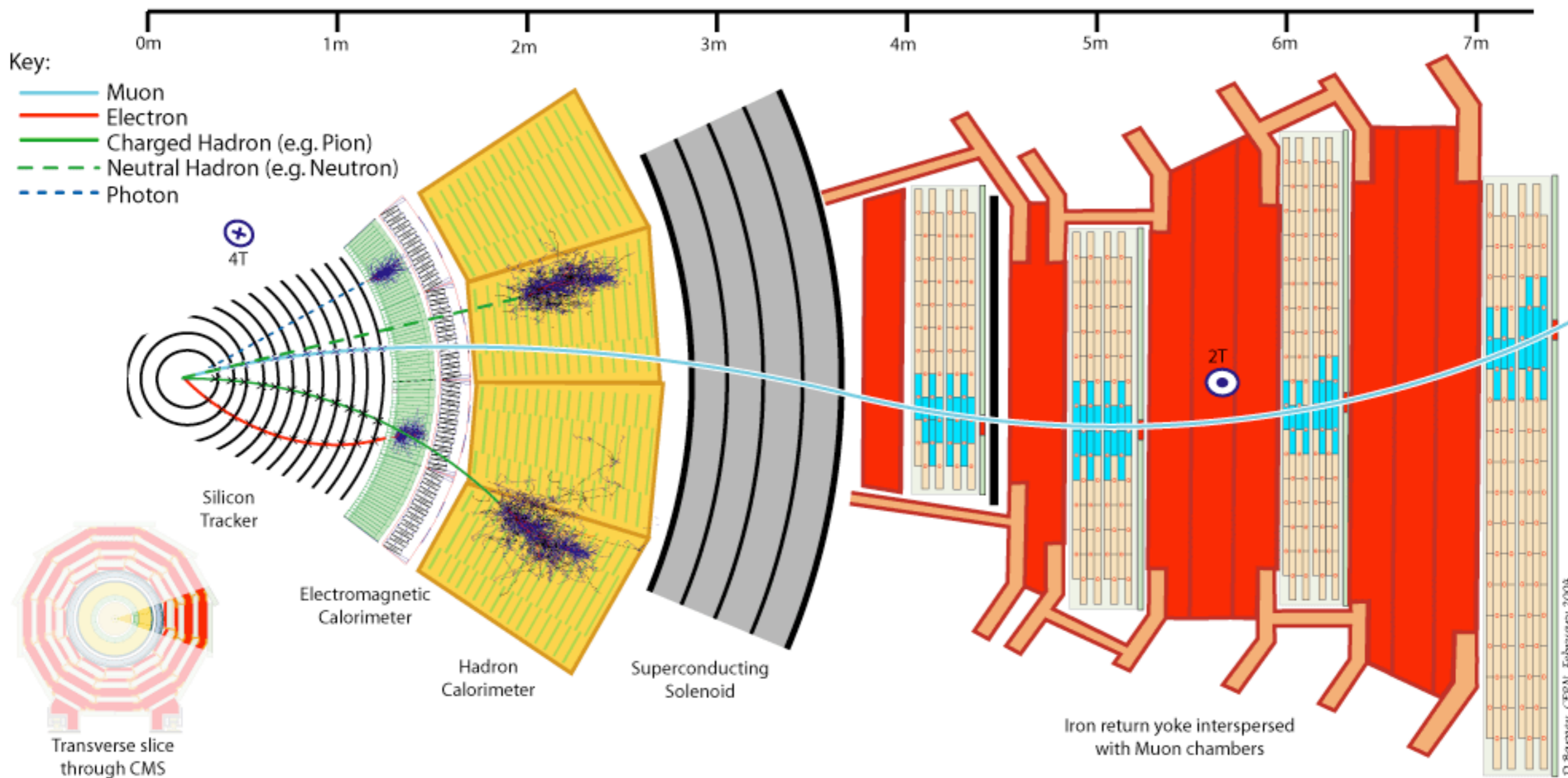
	Detector characteristics	
	Width:	44m
	Diameter:	22m
	Weight:	7000t
<small>CERN AC - ATLAS V1997</small>		



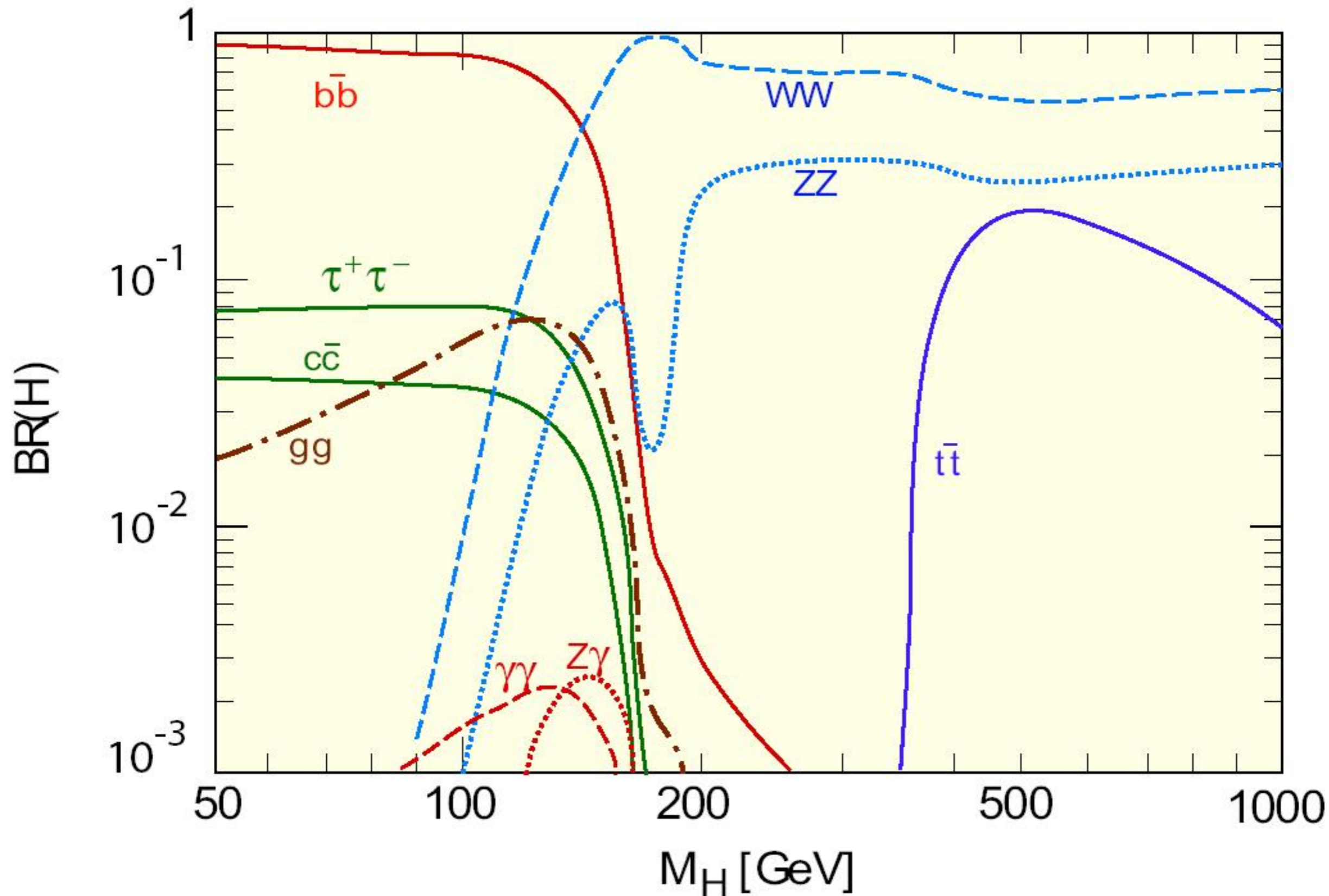
Два детектора - два независимых результата

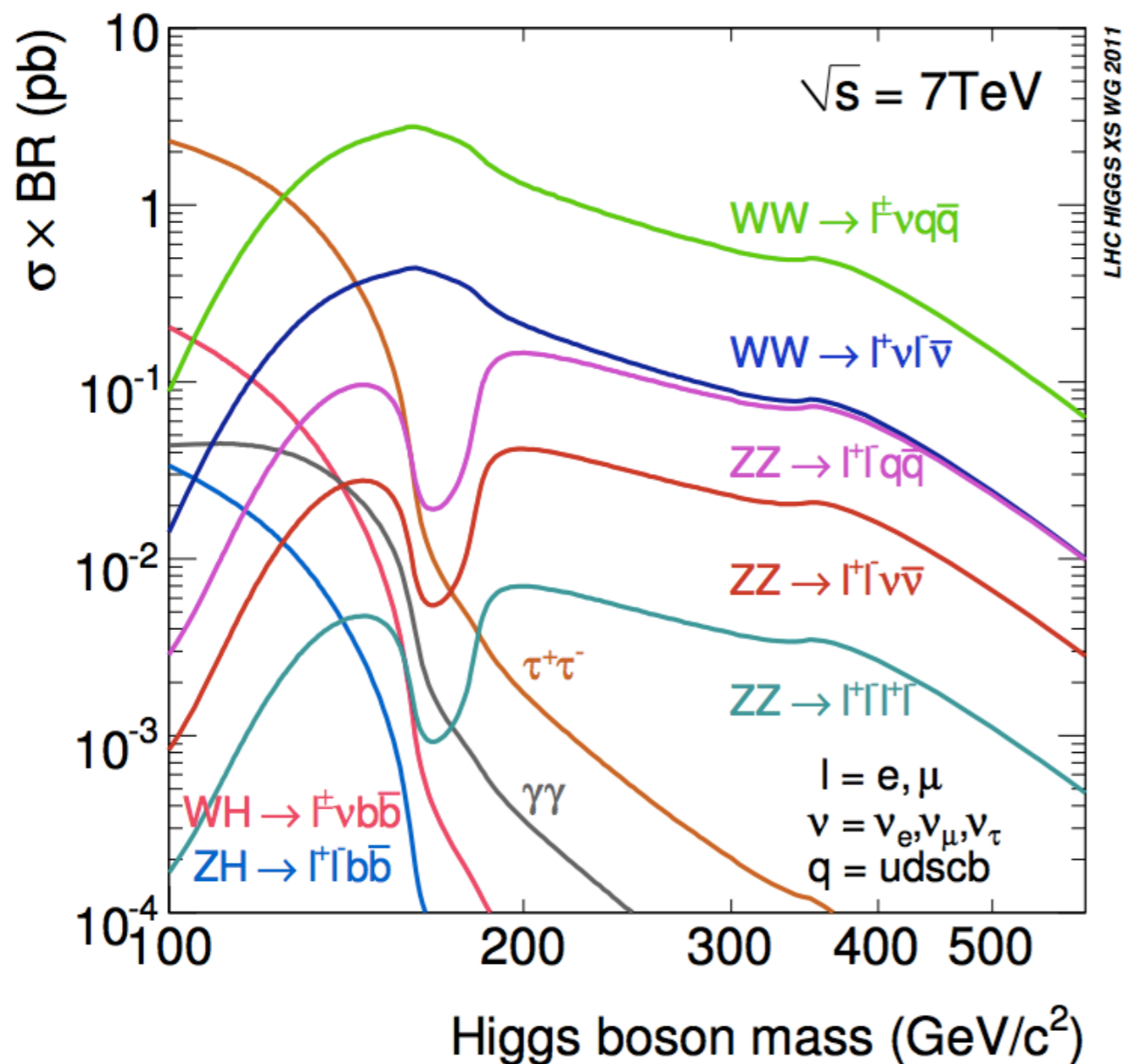


Как работает детектор



Каналы Распада

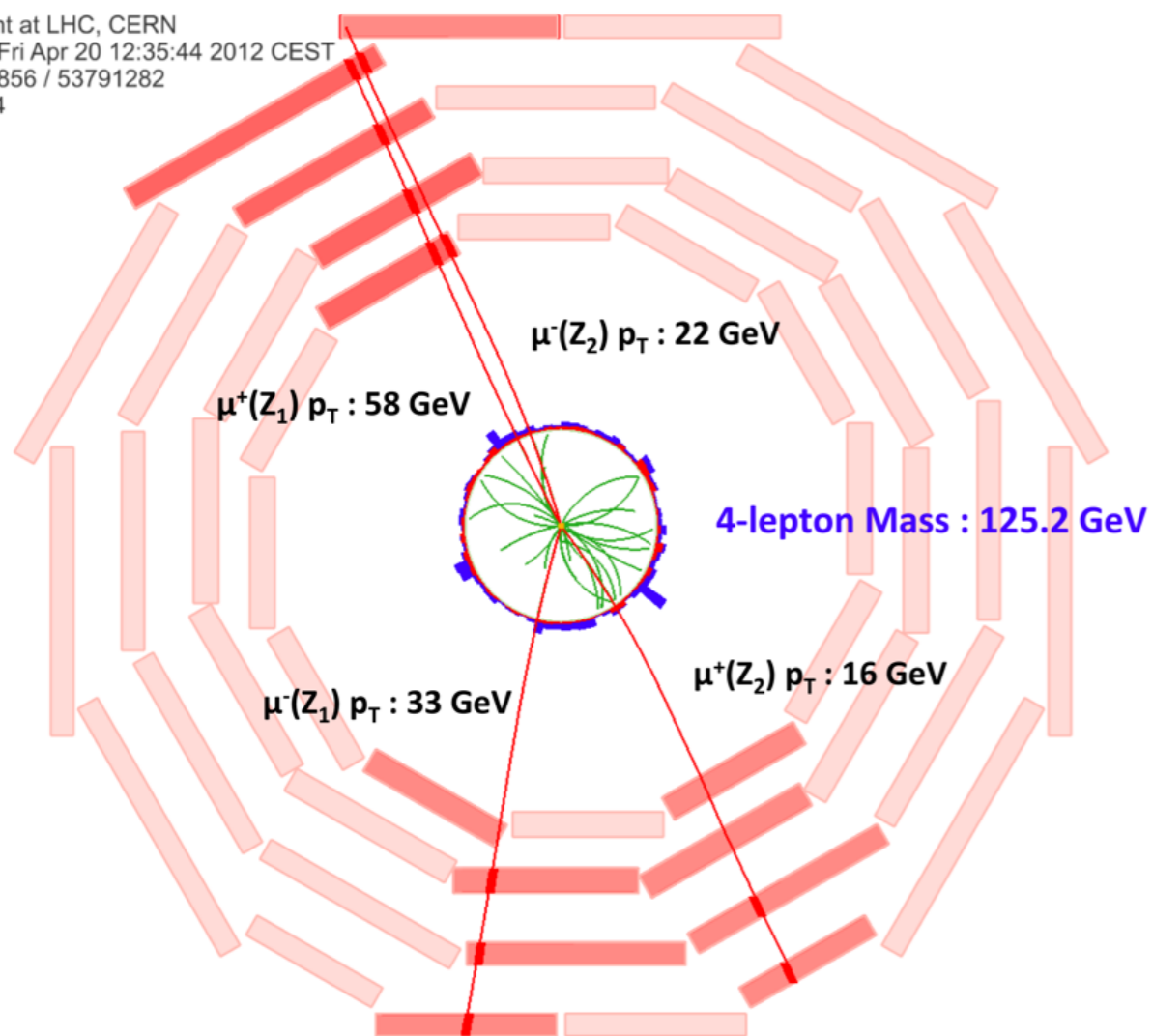




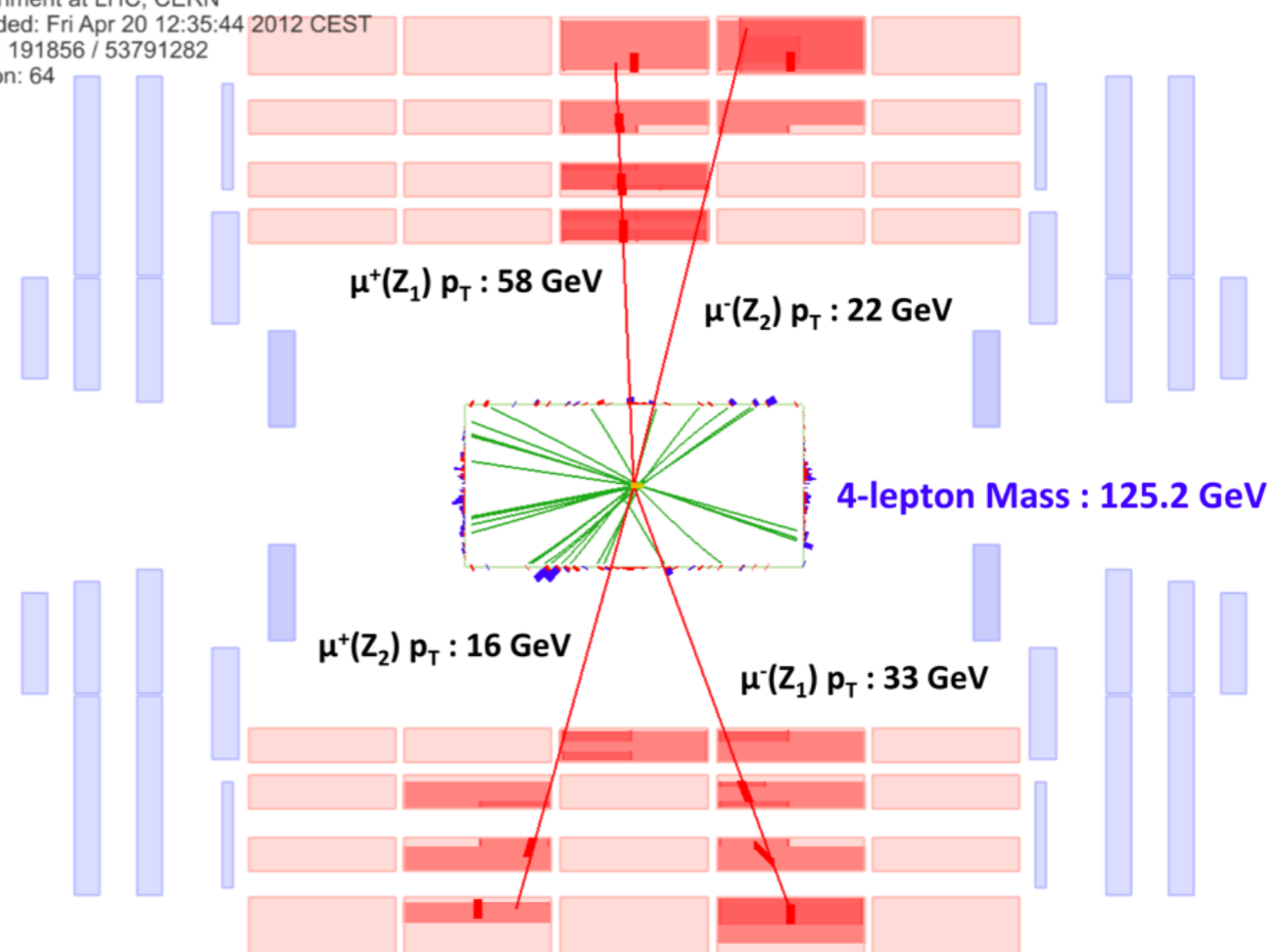
- ▶ Пять основных каналов:
- ▶ Higgs $\rightarrow ZZ \rightarrow 4 \ell$
- ▶ Higgs $\rightarrow \gamma\gamma$
- ▶ Higgs $\rightarrow WW \rightarrow 2 \ell 2 \nu$
- ▶ Higgs $\rightarrow \tau\tau$
- ▶ Higgs $\rightarrow bb$

Higgs \rightarrow ZZ \rightarrow 4 ℓ

Experiment at LHC, CERN
 Data recorded: Fri Apr 20 12:35:44 2012 CEST
 Run/Event: 191856 / 53791282
 Lumi section: 64

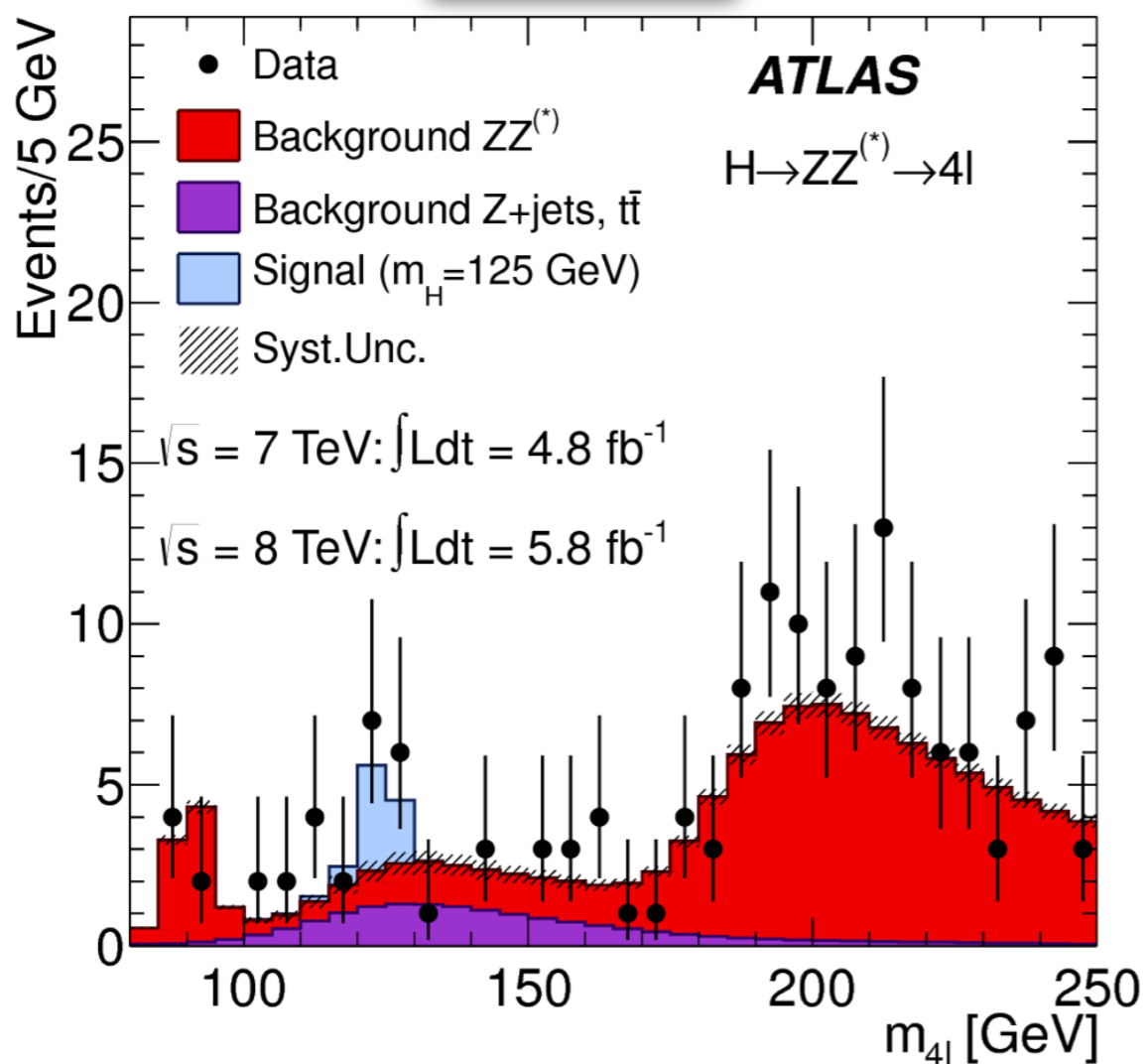


CMS Experiment at LHC, CERN
 Data recorded: Fri Apr 20 12:35:44 2012 CEST
 Run/Event: 191856 / 53791282
 Lumi section: 64

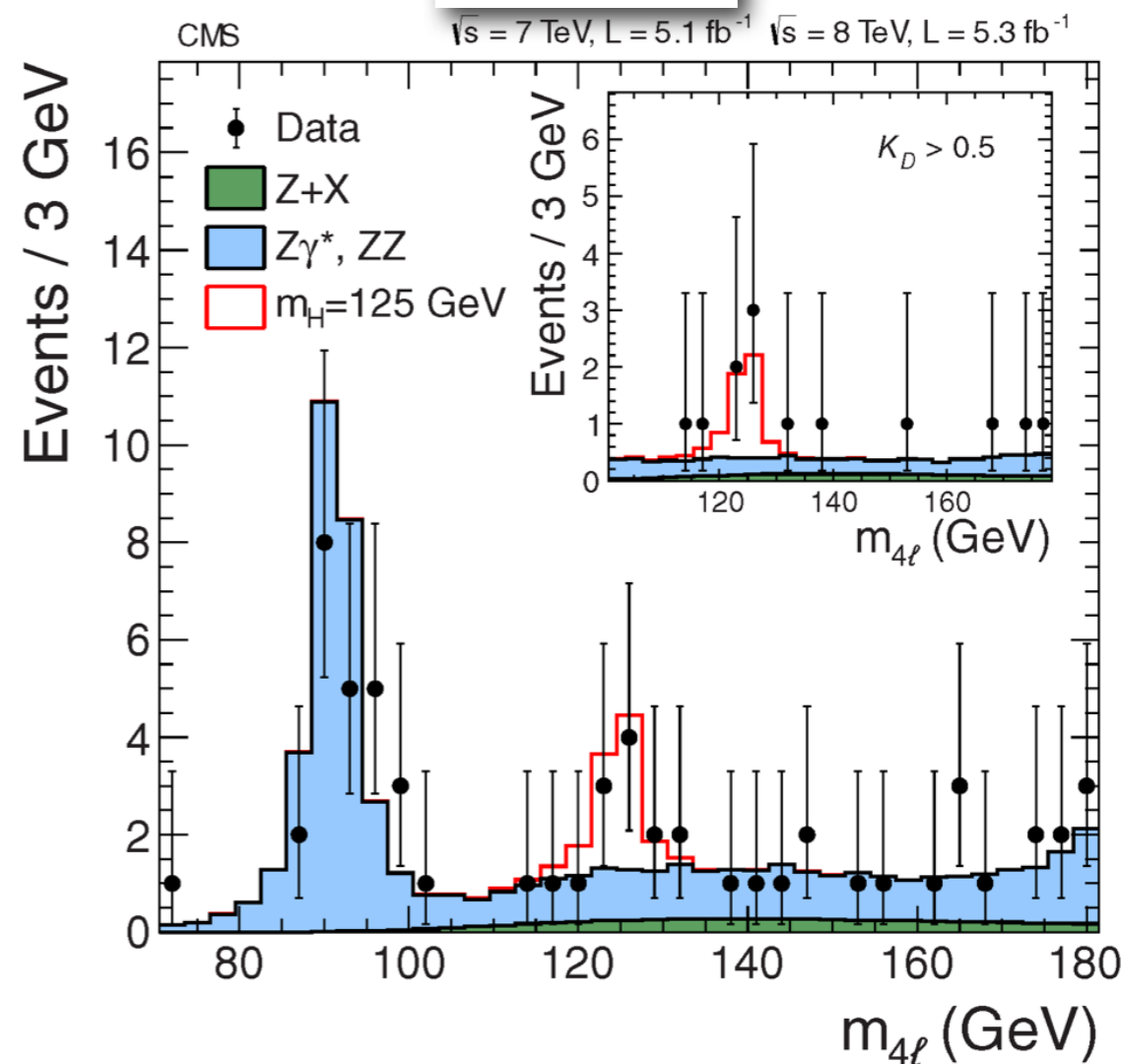


Результаты Higgs $\rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell$

ATLAS

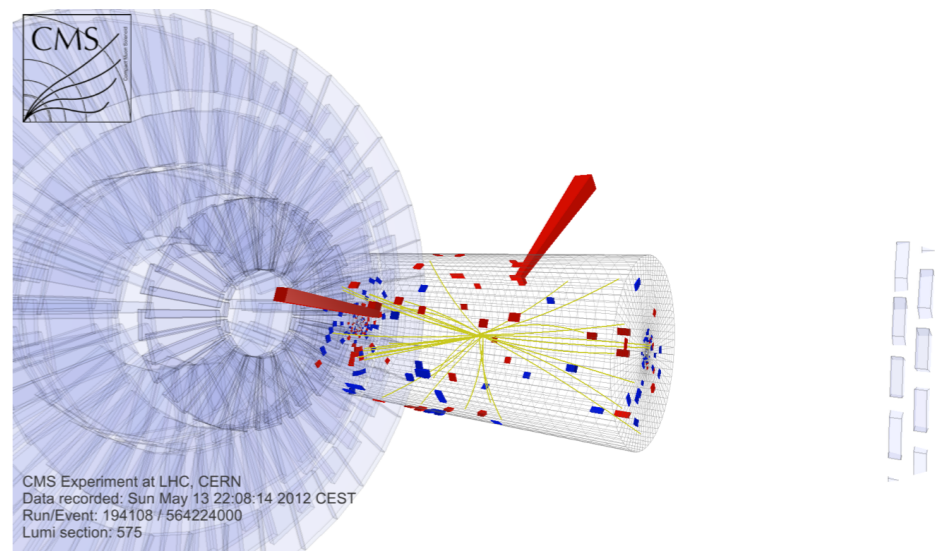
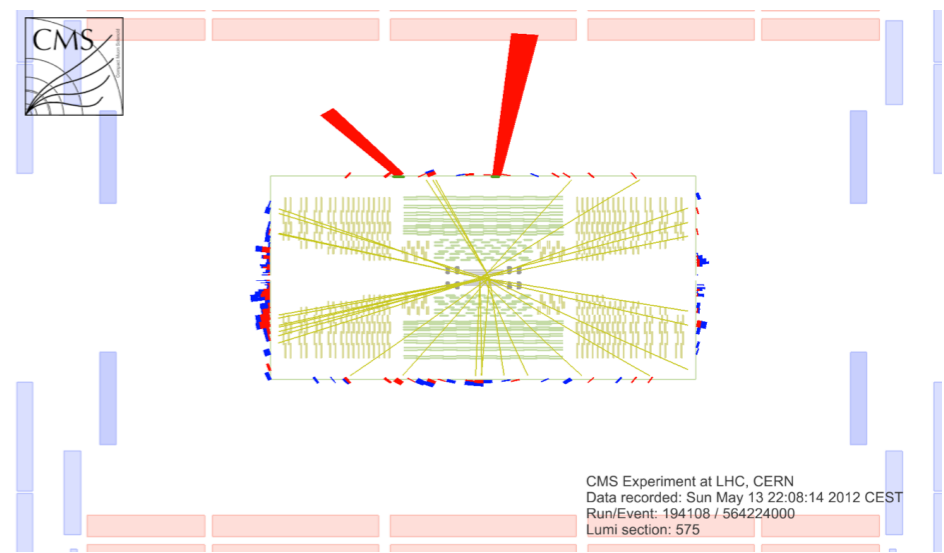
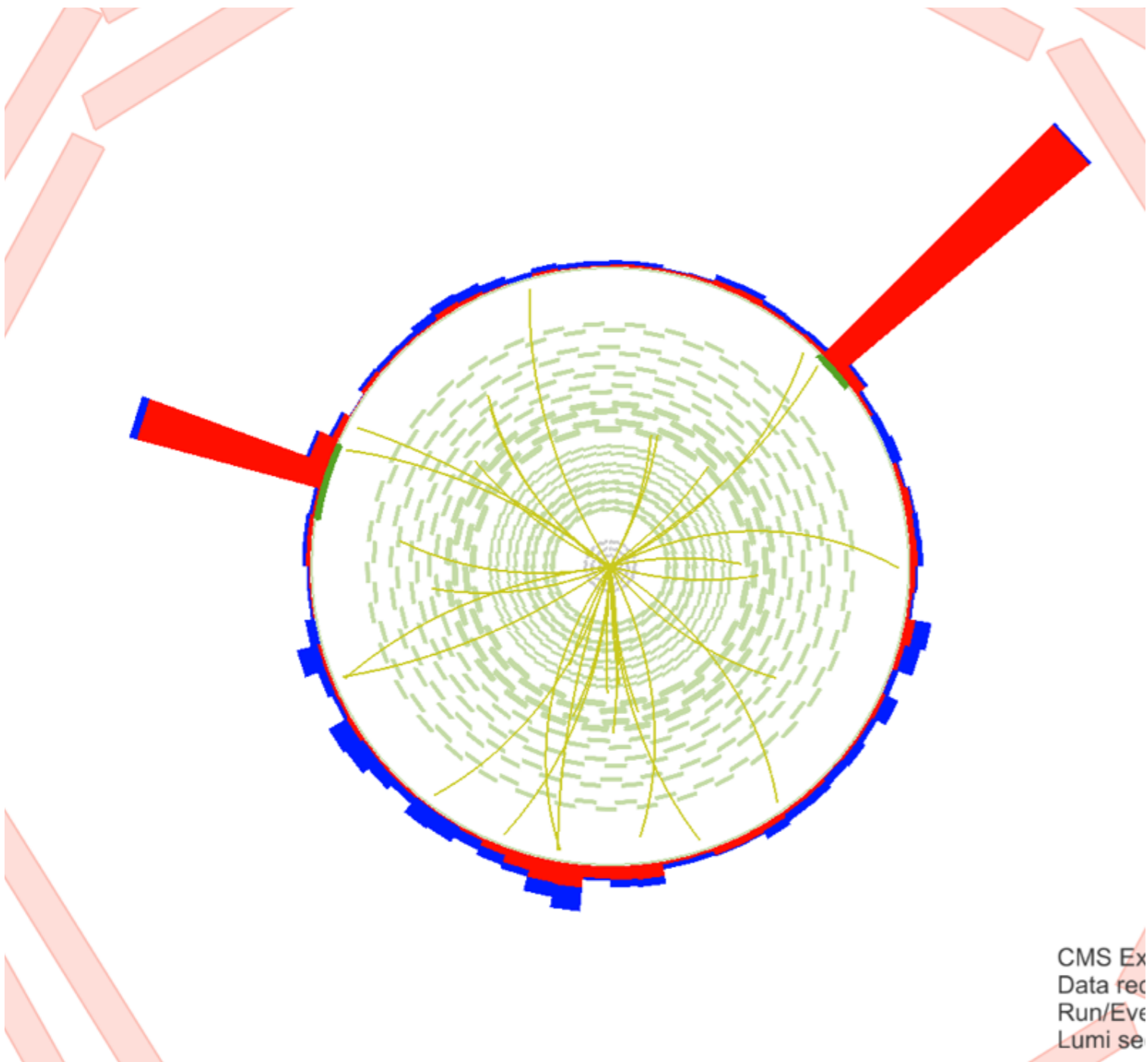


CMS



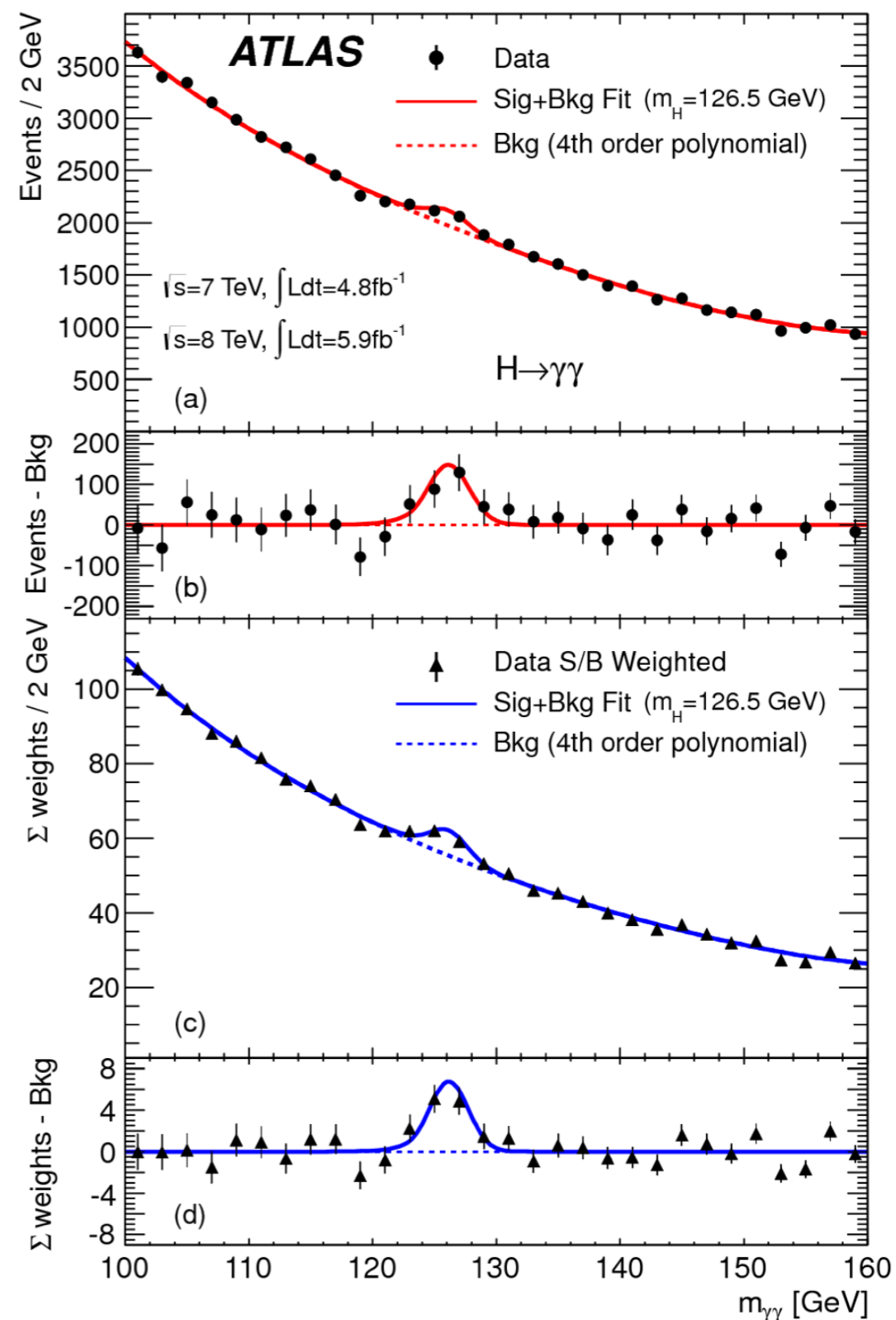
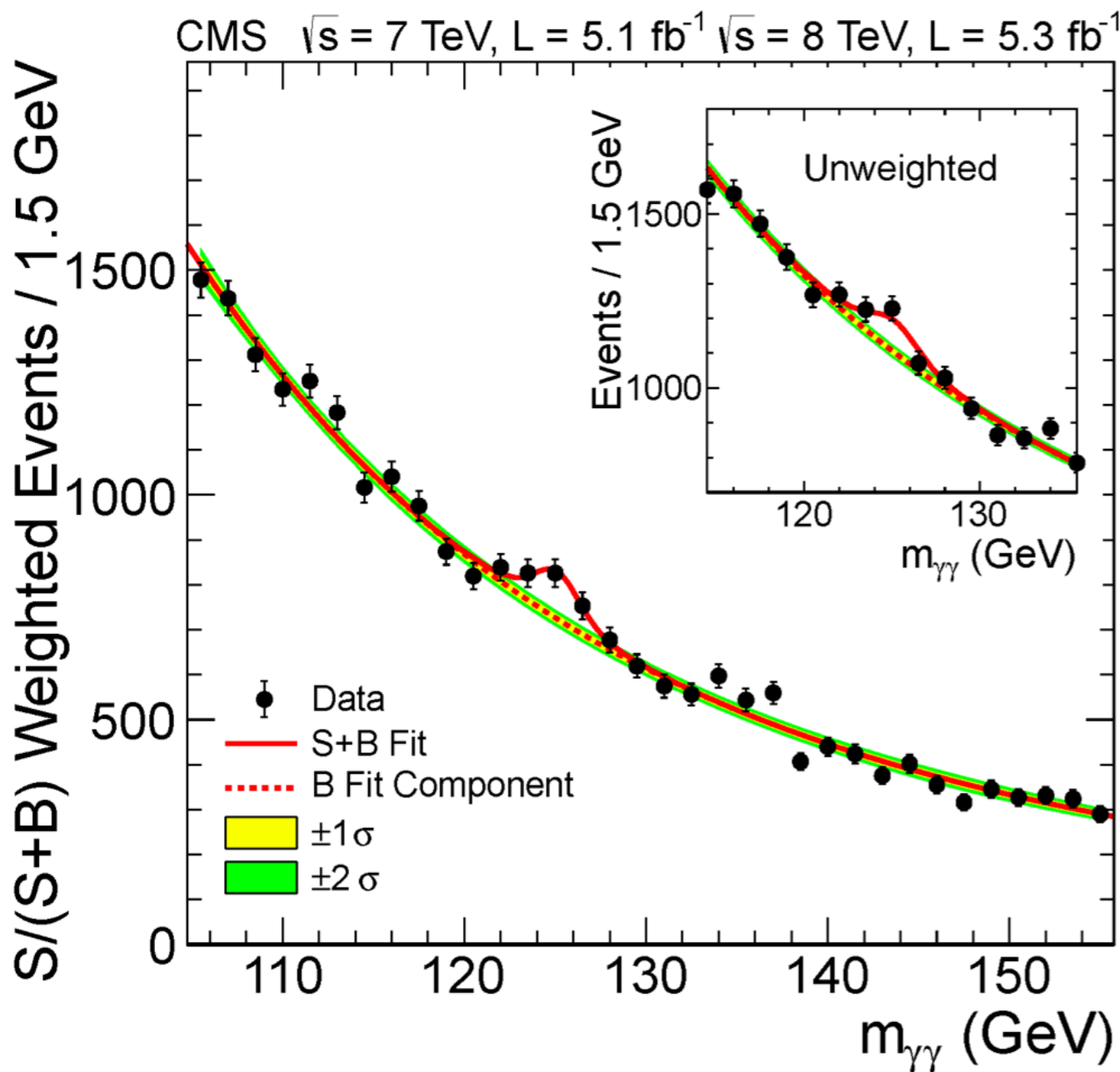
- Канал: 4-лептона (электроны и мюоны)
- Мало событий - сложно оценить фоны

Higgs $\rightarrow \gamma\gamma$



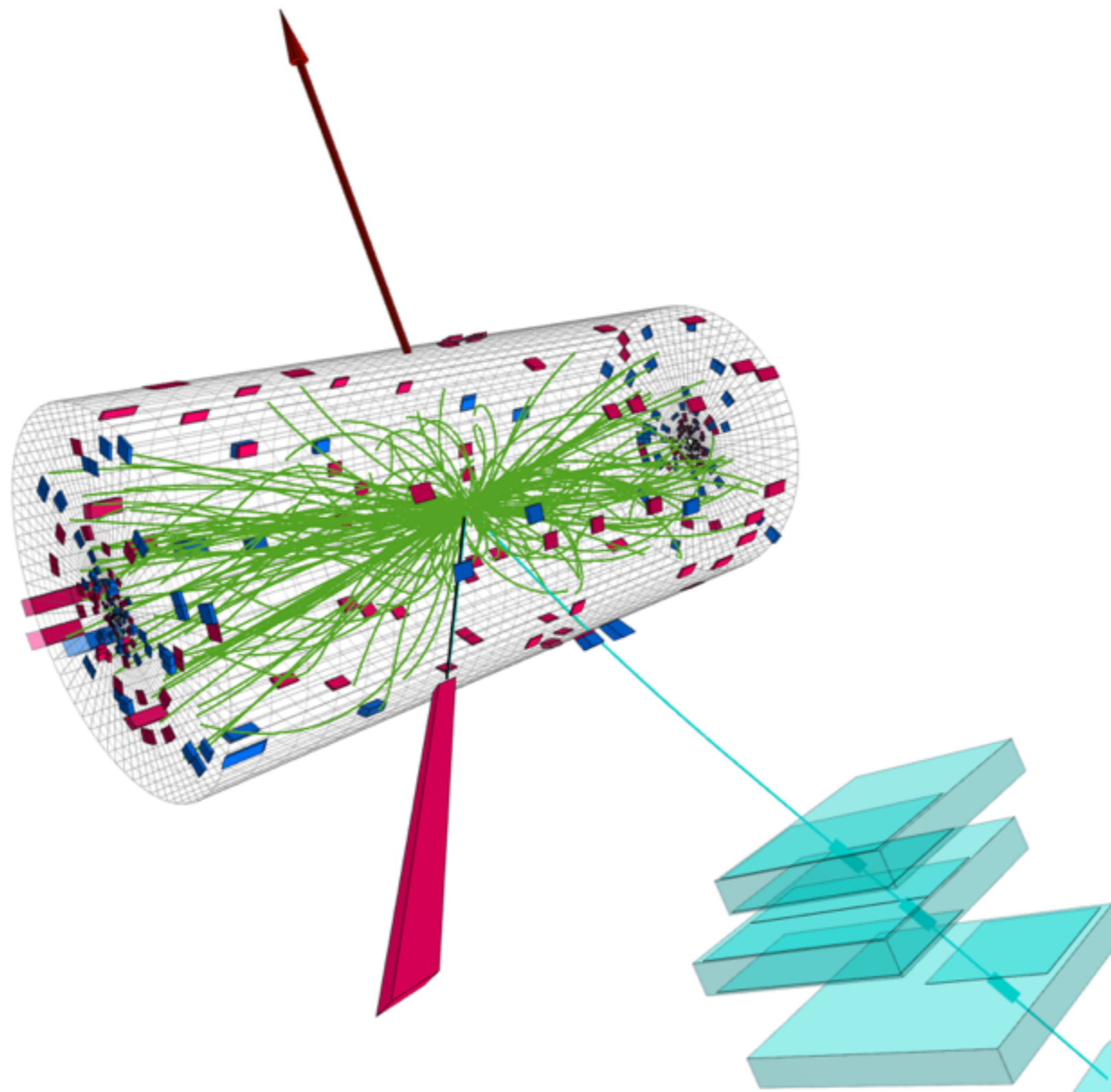
CMS Ex
Data rec
Run/Eve
Lumi se

Результаты Higgs $\rightarrow \gamma\gamma$

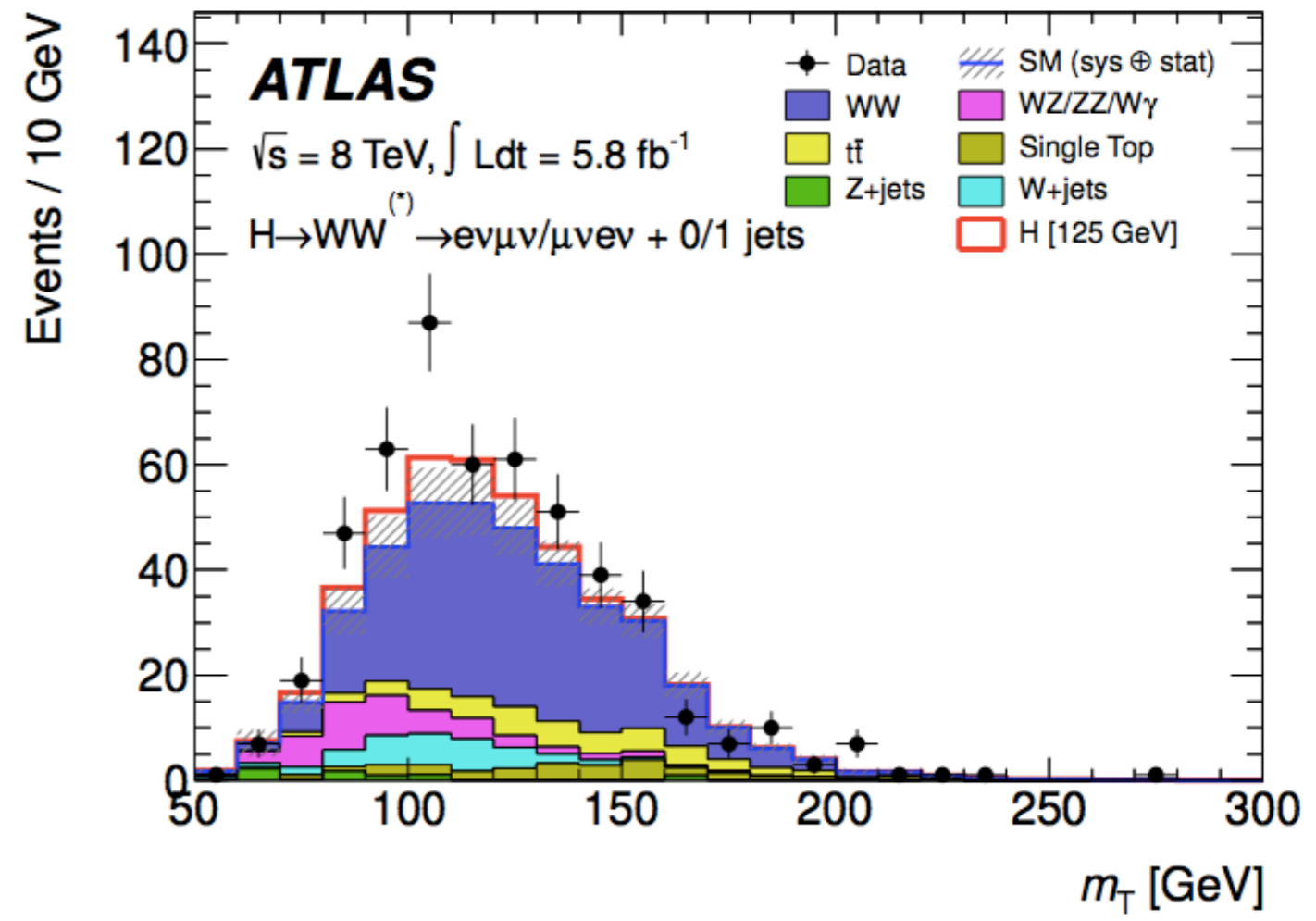
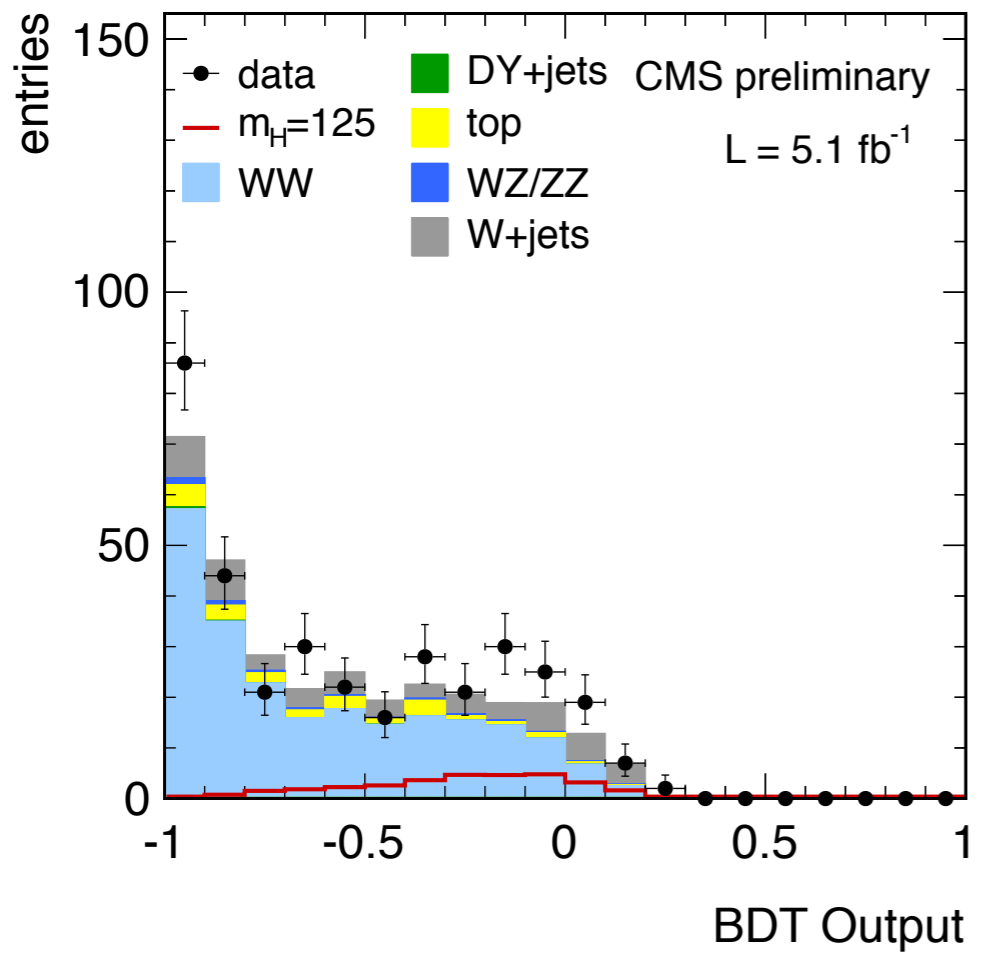


- ▶ Масса двух фотонов должна иметь пик если Хиггс существует
- ▶ Чем уже пик - тем лучше чувствительность

Higgs \rightarrow $WW \rightarrow 2 \ell 2 \nu$



Результаты Higgs \rightarrow WW \rightarrow 2 ℓ 2 ν

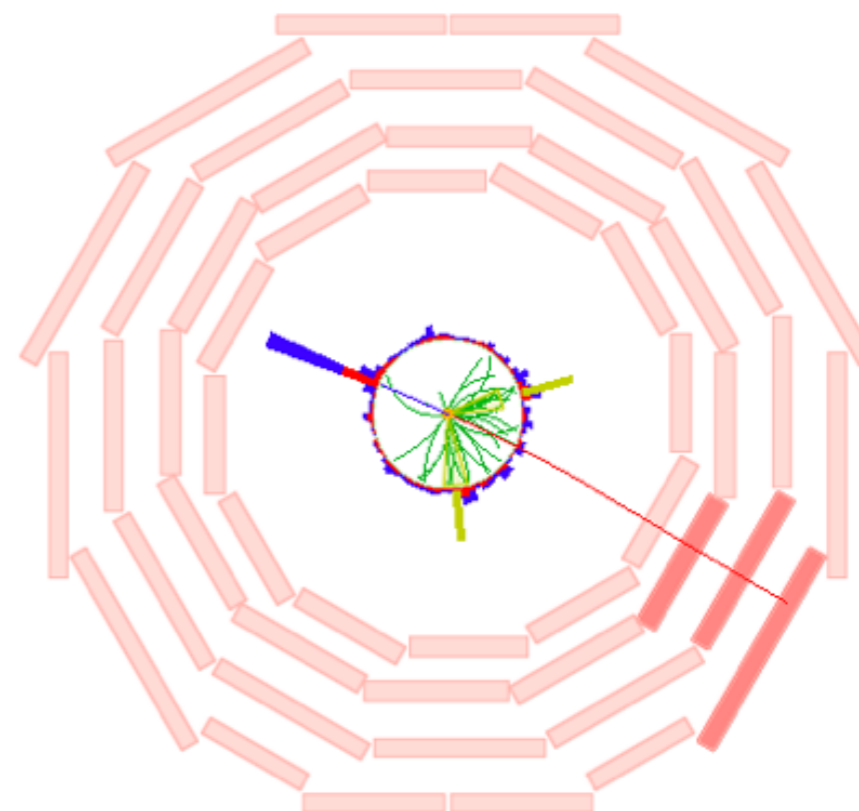
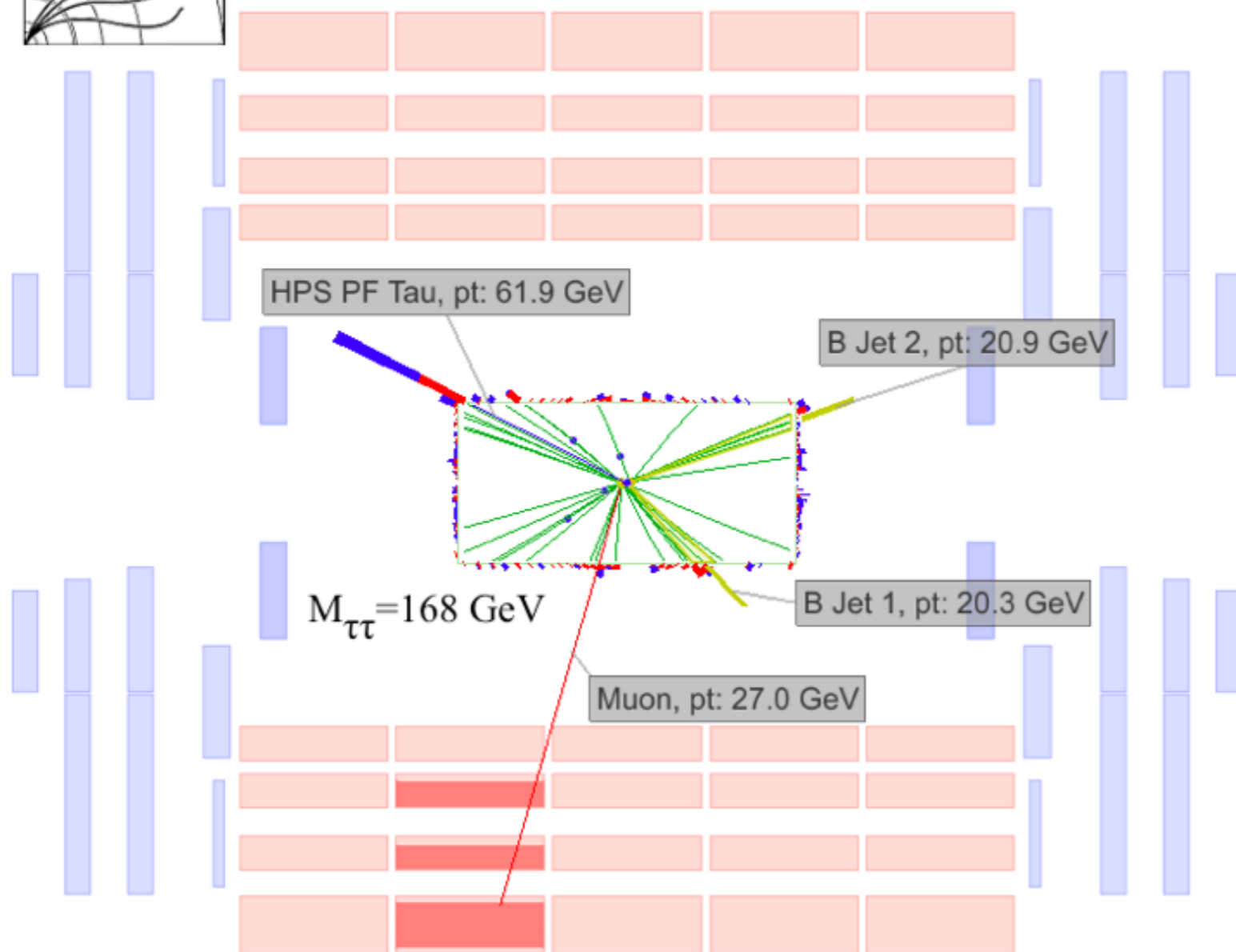


- Пик нельзя реконструировать из-за нейтрино
- Все фоны нужно точно измерять
- Много событий - один из самых чувствительных каналов

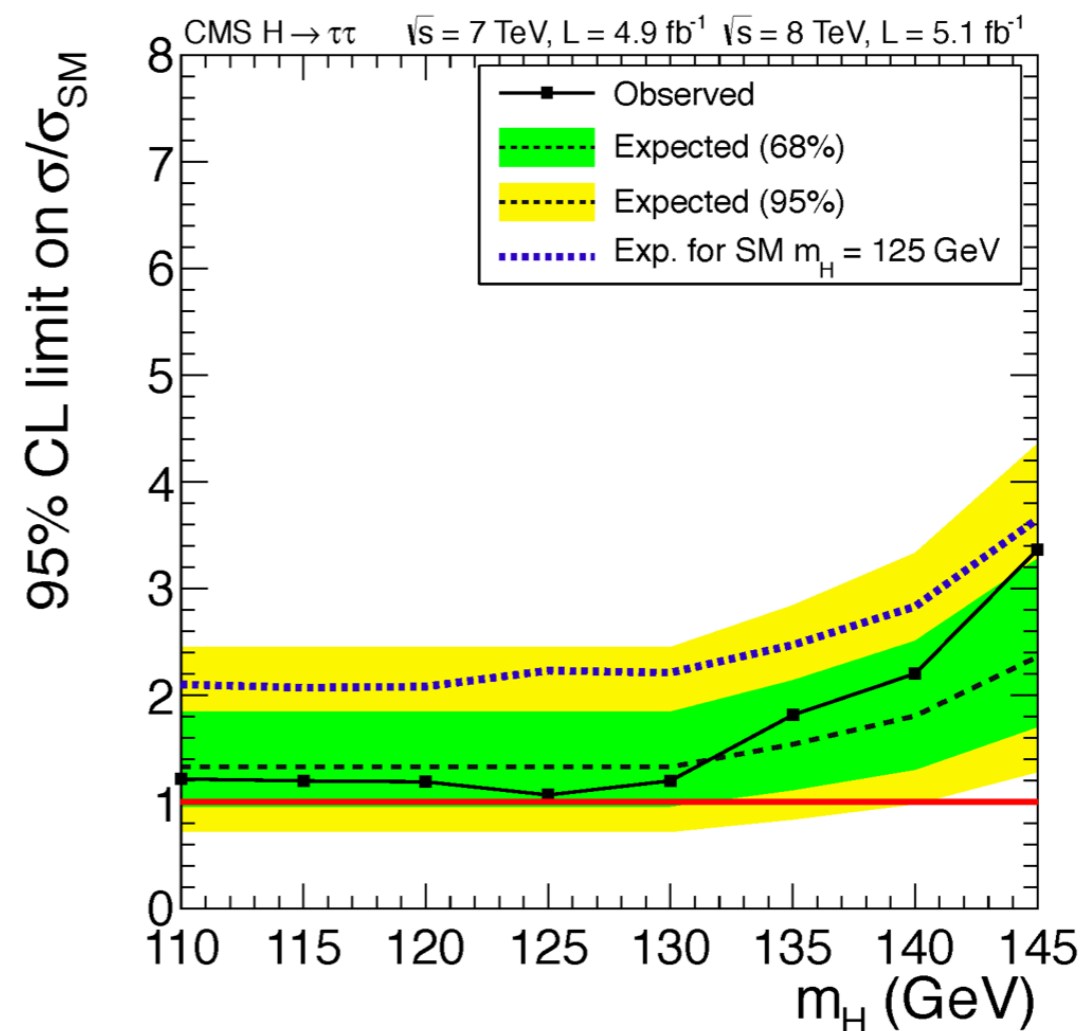
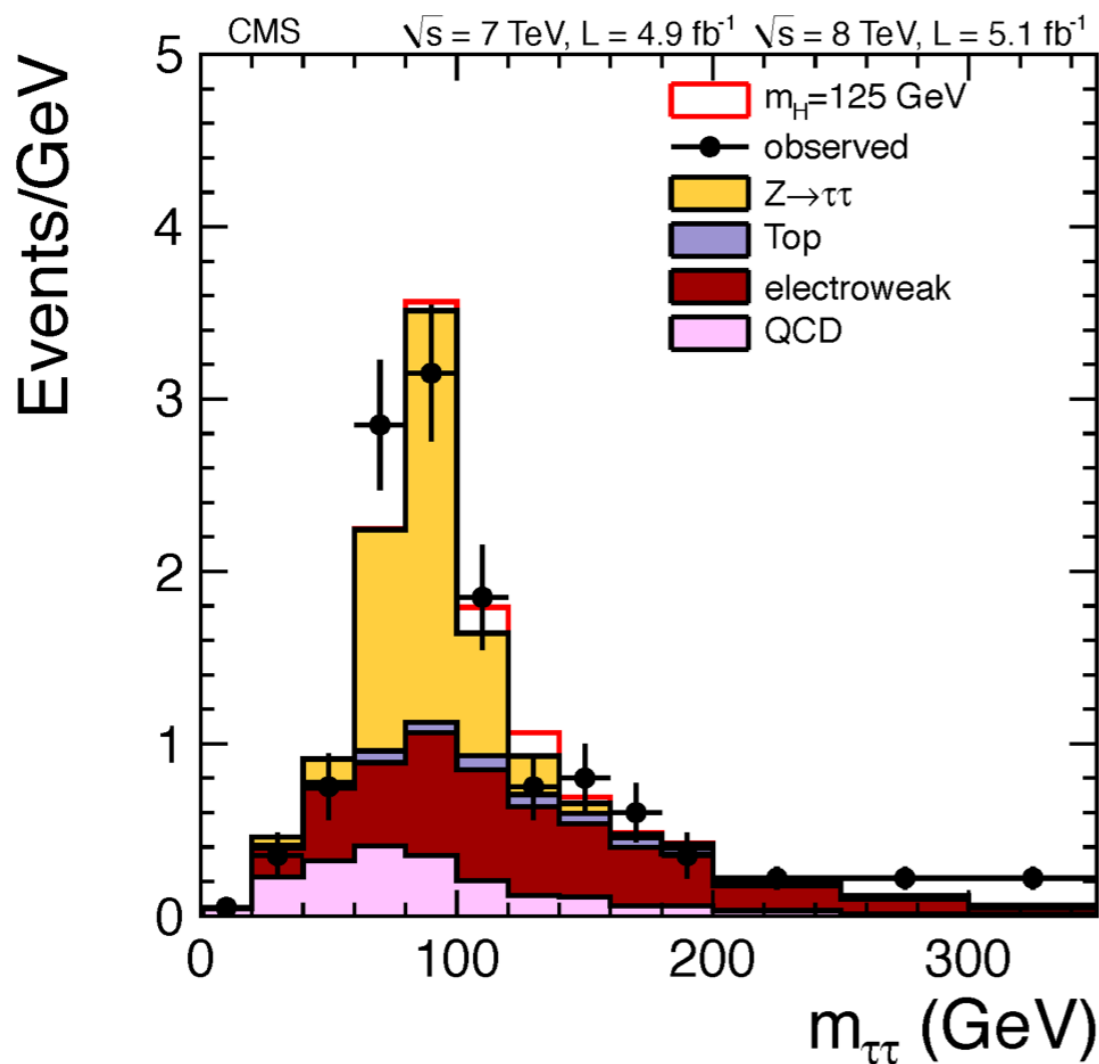
Higgs \rightarrow $\tau\tau$



CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Mon Oct 3 03:07:23 2011 CEST
Run/Event: 177730 / 2113660794



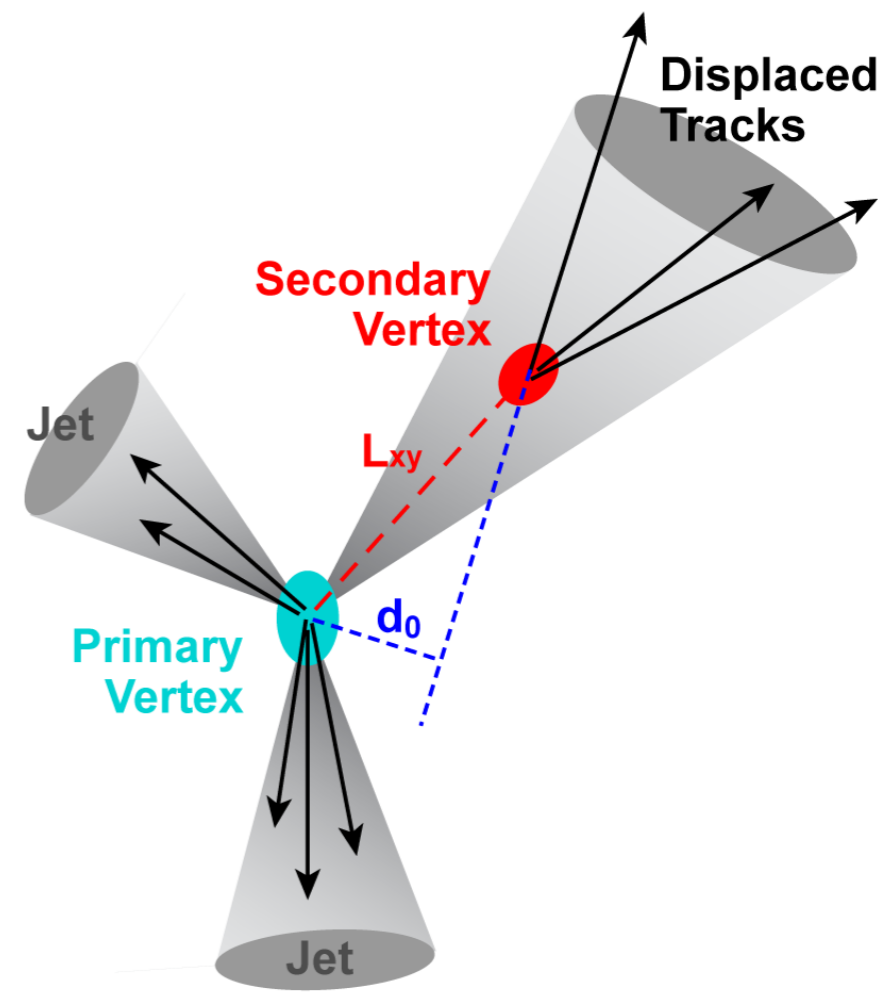
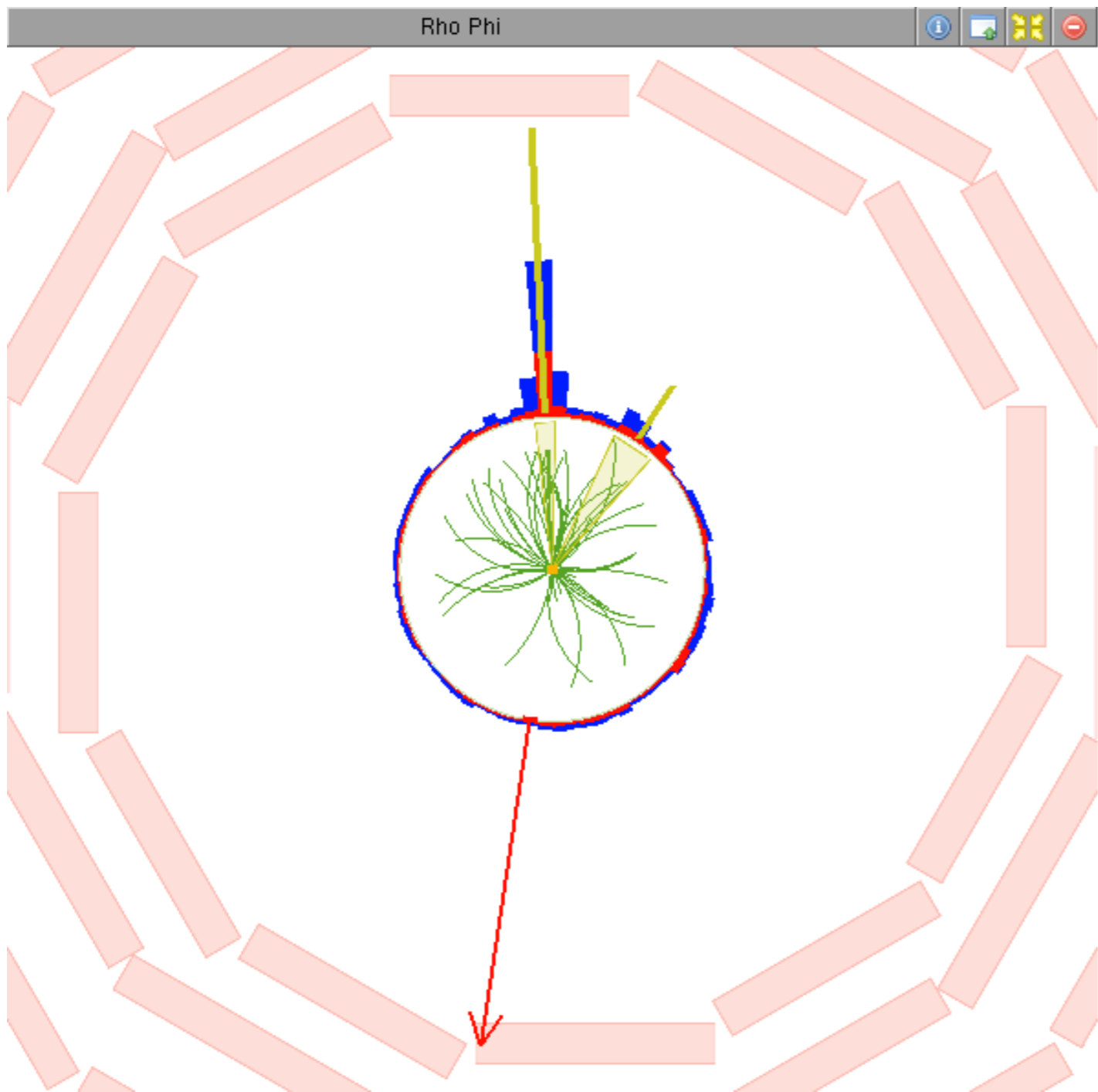
Результаты Higgs $\rightarrow \tau\tau$



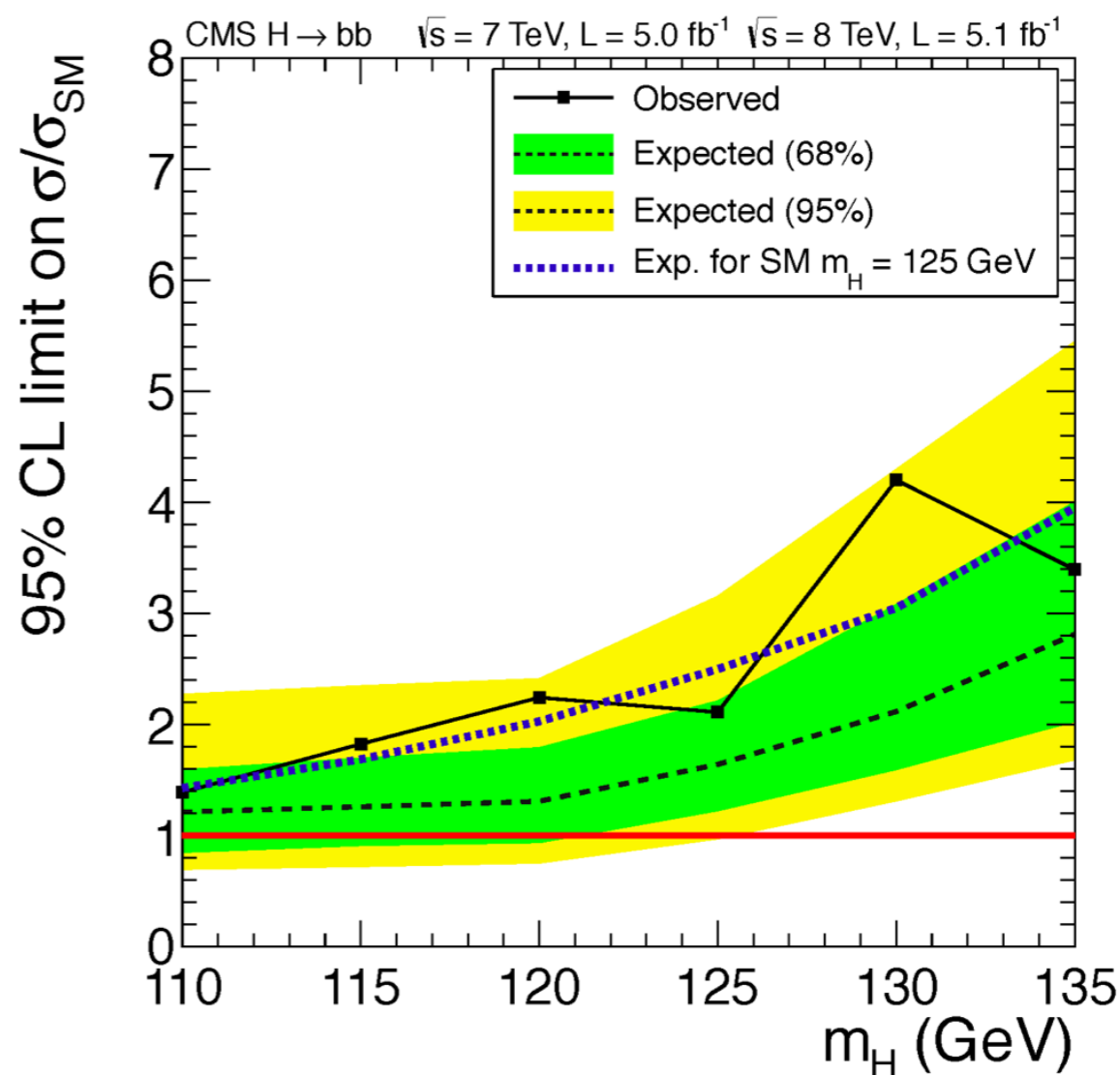
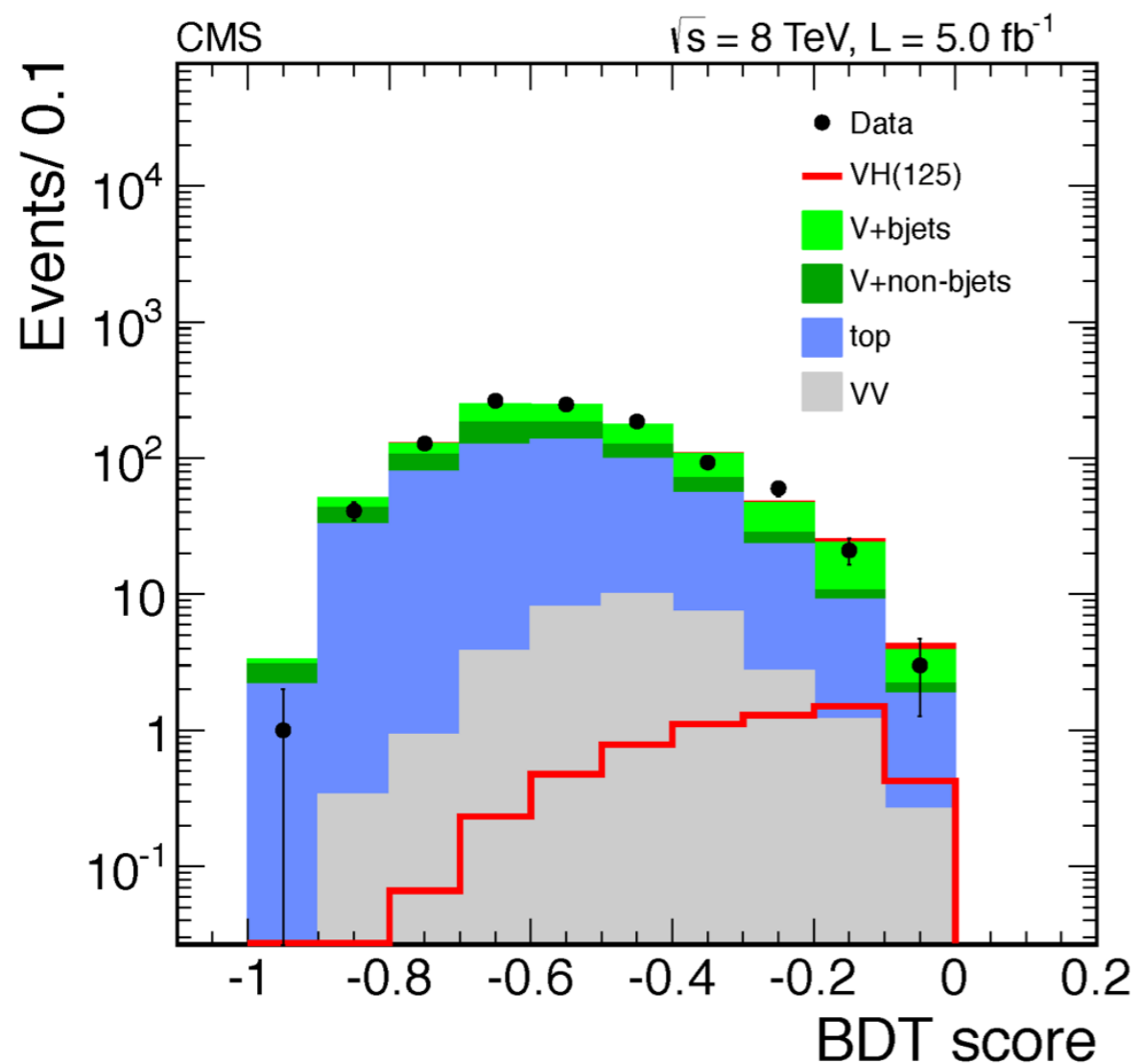
- ▶ Тау лептон - электрон из третьего поколения
- ▶ Сложные фоны
- ▶ Первый канал из чувствительных где мы пока не видим новой частицы

Higgs \rightarrow $b\bar{b}$

$Z(\nu\bar{\nu})H(b\bar{b})$ candidate

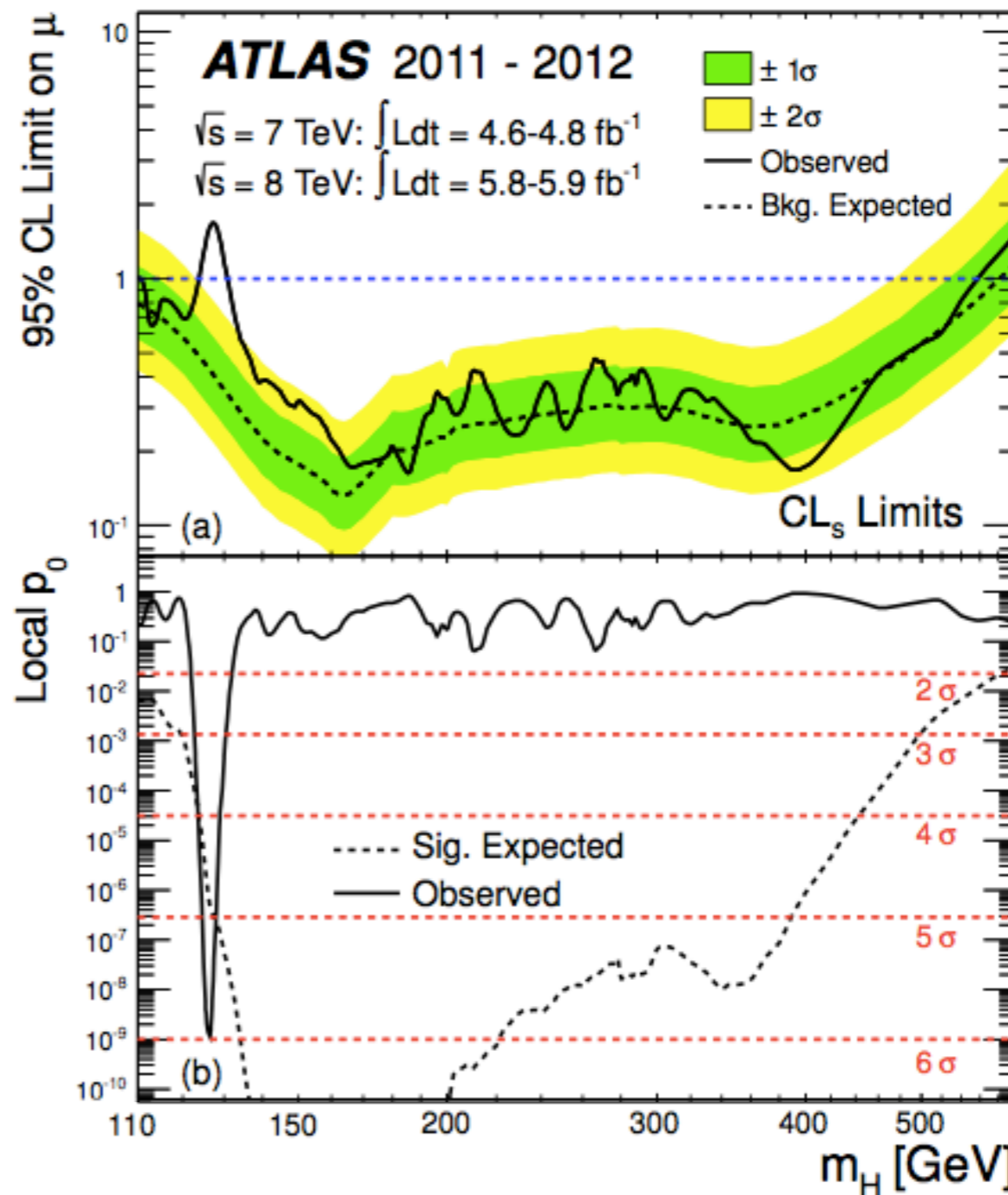
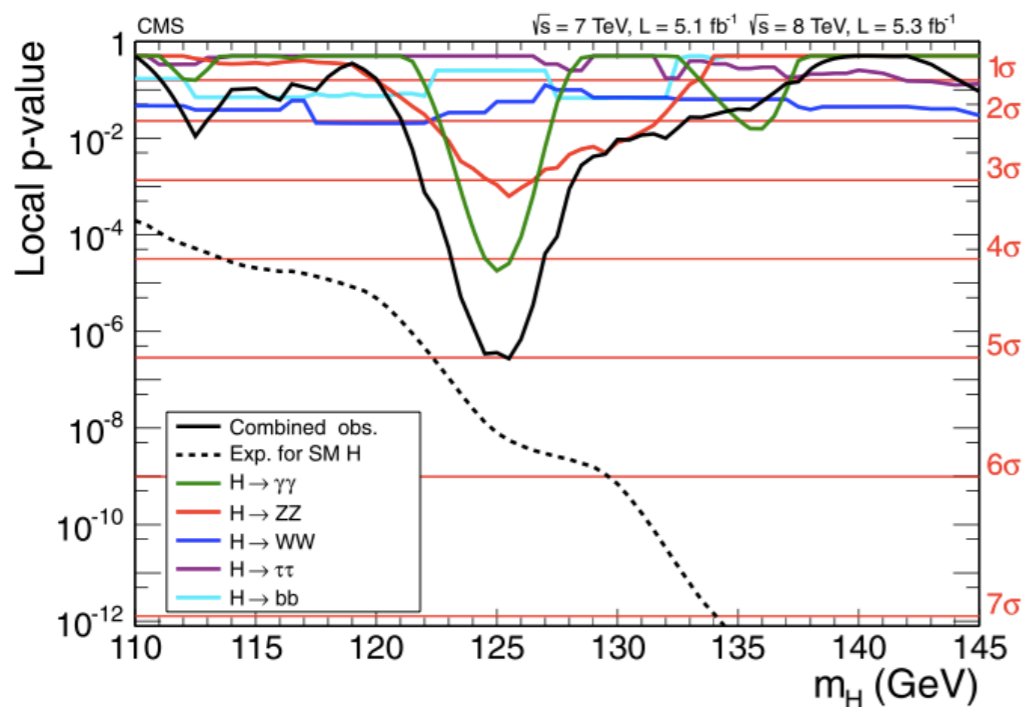
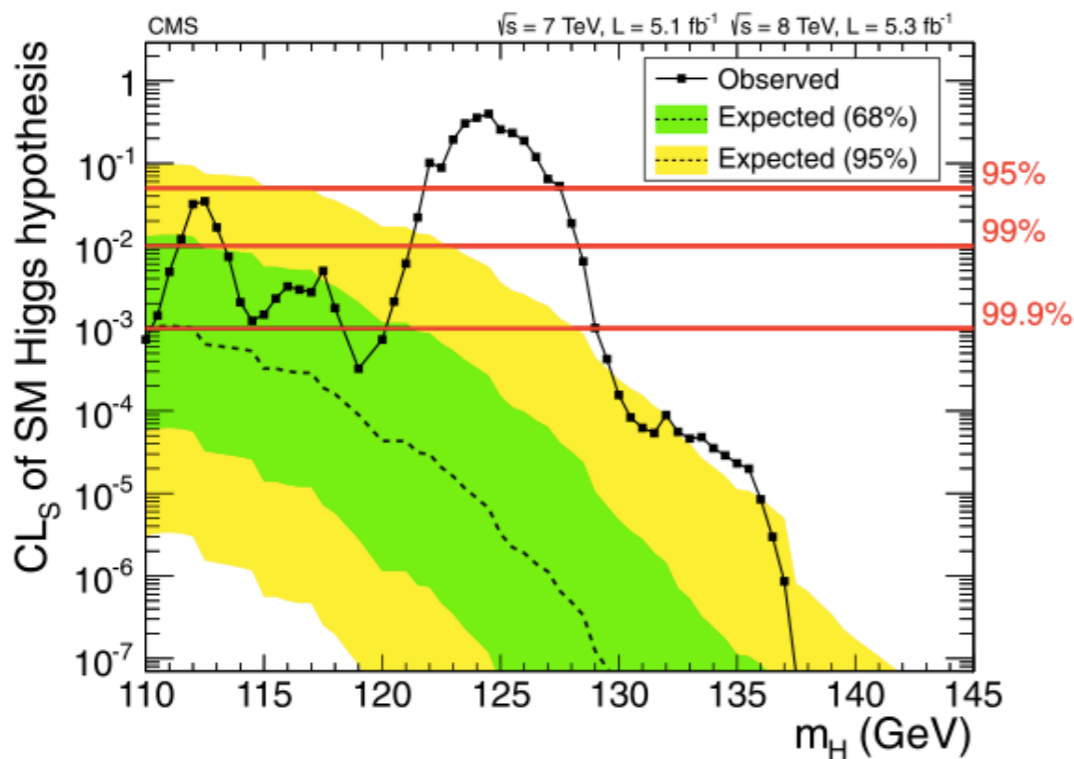


Результаты Higgs \rightarrow bb



- ▶ Самый сложный и мало чувствительный канал
- ▶ Данные согласуются с существованием новой частицы
- ▶ Эксперименты на Теватроне видят что-то в этом канале

Итоговый Результат



Что же мы обнаружили?

- ▶ 4 июля 2012 была открыта новая частица
- ▶ Все текущие измерения хорошо согласуются с гипотезой что мы открыли Хиггс бозон
- ▶ Вероятнее всего это он и есть, но какой сложно сказать:
 - ▶ Это может быть Хиггс Стандартной модели
 - ▶ Это может быть что-то совсем новое
- ▶ Потребуется годы, что бы изучить эту частицу во всех деталях и сделать окончательный вывод