

Проверка предсказаний стандартной модели на БАК

А.Б. Арбузов

Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова, ОИЯИ, Дубна

10 ноября 2011

Содержание доклада

- Статус стандартной модели (СМ)
- Проверка СМ на LEP и др.
- БАК: коллайдер
- БАК: основные задачи
- БАК: полученные результаты
- БАК: прецизионная проверка СМ
- БАК: что ждать?

Стандартная модель (I)

■ Физика = Эксперимент \oplus Теория

Стандартная модель (I)

- Физика = Эксперимент \oplus Теория
- Точная наука: и эксперименты, и теория

Стандартная модель (I)

- **Физика** = **Эксперимент** \oplus **Теория**
- **Точная наука:** и эксперименты, и теория
- **Новая физика** = **Эксперимент** \ominus **Теория**

Стандартная модель (I)

- **Физика** = **Эксперимент** \oplus **Теория**
- **Точная наука:** и эксперименты, и теория
- **Новая физика** = **Эксперимент** \ominus **Теория**
- **Физика высоких энергий** (\approx физика эл. частиц)

Стандартная модель (I)

- **Физика** = **Эксперимент** \oplus **Теория**
- **Точная наука:** и эксперименты, и теория
- **Новая физика** = **Эксперимент** \ominus **Теория**
- **Физика высоких энергий** (\approx физика эл. частиц)
- **Эксперименты:** ускорители + космические лучи

Стандартная модель (I)

- **Физика = Эксперимент \oplus Теория**
- **Точная наука:** и эксперименты, и теория
- **Новая физика = Эксперимент \ominus Теория**
- **Физика высоких энергий (\approx физика эл. частиц)**
- **Эксперименты:** ускорители + космические лучи
- **Теория — стандартная модель (физики эл. частиц)**

Стандартная модель (I)

- **Физика = Эксперимент \oplus Теория**
- **Точная наука:** и эксперименты, и теория
- **Новая физика = Эксперимент \ominus Теория**
- **Физика высоких энергий (\approx физика эл. частиц)**
- **Эксперименты:** ускорители + космические лучи
- **Теория — стандартная модель (физики эл. частиц)**
- **Методология науки:** хороша только та модель, которая **опровергнута** опытом

Стандартная модель (I)

- **Физика = Эксперимент \oplus Теория**
- **Точная наука:** и эксперименты, и теория
- **Новая физика = Эксперимент \ominus Теория**
- **Физика высоких энергий (\approx физика эл. частиц)**
- **Эксперименты:** ускорители + космические лучи
- **Теория — стандартная модель (физики эл. частиц)**
- **Методология науки:** хороша только та модель, которая **опровергнута** опытом
- **Основная проблема физики высоких энергий — неопределенность границ применимости СМ**

Стандартная модель (I)

- **Физика = Эксперимент \oplus Теория**
- **Точная наука:** и эксперименты, и теория
- **Новая физика = Эксперимент \ominus Теория**
- **Физика высоких энергий (\approx физика эл. частиц)**
- **Эксперименты:** ускорители + космические лучи
- **Теория — стандартная модель (физики эл. частиц)**
- **Методология науки:** хороша только та модель, которая **опровергнута** опытом
- **Основная проблема физики высоких энергий — неопределенность границ применимости СМ**
- **Их определение — основная задача Большого адронного коллайдера (БАК)**

Стандартная модель (II)

Основа **СМ** — принципы симметрии \Rightarrow
 $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$ и группа Пуанкаре

\oplus минимальность, перенормируемость, унитарность, ...

Статус: слишком хорошо описывает практически все
данные опыта

Но есть проблемы и внутренние, и внешние ...

Проверка СМ на LEP

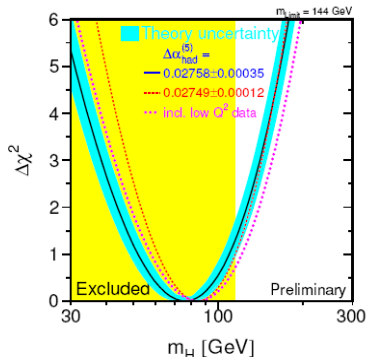


Fig. 24: $\Delta\chi^2 = \chi^2 - \chi_{\min}^2$ versus M_H , from the global fit to the electroweak data. The vertical band indicates the 95% exclusion limit from direct searches [29, 30].

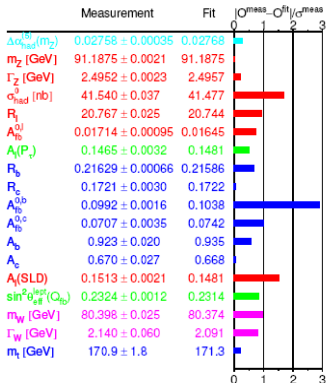


Fig. 25: Comparison between the measurements included in the combined analysis of the SM and the results from the global electroweak fit [29, 30]

Проблемы СМ

- Виды взаимодействий разные
- Объединение с гравитацией?
- Много параметров ...
- Конфанмент КХД
- **Бозон Хиггса**
- Бариогенезис
- Осцилляции нейтрино
- Аномальный магнитный момент мюона
- много еще ...

Проблемы СМ

- Виды взаимодействий разные
- Объединение с гравитацией?
- Много параметров ...
- Конфанмент КХД
- **Бозон Хиггса**
- Бариогенезис
- Осцилляции нейтрино
- Аномальный магнитный момент мюона
- много еще ...
- **Считаем, что СМ — эффективная теория, т. е. низкоэнергетическое приближение более общей модели**

Большой адронный коллайдер (БАК, LHC)

Столкновения протонов с протонами (или тяжелых ионов) при суммарной энергии пучков 7 Тэв (14 Тэв с 2014г.)

10 сентября 2008 г. — запуск БАК

19 сентября 2008 г. — авария

осень 2009 г. — отладка ускорителя (E & \mathcal{L})

март 2010 г. — начало работы при 3.5 Тэв на пучок

июнь 2011 г. — ATLAS и CMS набрали 1 фбн⁻¹

30 октября 2011 г. — набрано >6 фбн⁻¹

2012 г. — продолжение работы

2013 г. — остановка на ремонт

- Изучение свойств микромира

Задачи БАК

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы

Задачи БАК

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы
- Определение границ применимости СМ

Задачи БАК

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы
- Определение границ применимости СМ
- Уточнение параметров СМ

Задачи БАК

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы
- Определение границ применимости СМ
- Уточнение параметров СМ
- Бозон Хиггса

Задачи БАК

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы
- Определение границ применимости СМ
- Уточнение параметров СМ
- Бозон Хиггса
- Изучение кварк-глюонной материи

Задачи БАК

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы
- Определение границ применимости СМ
- Уточнение параметров СМ
- Бозон Хиггса
- Изучение кварк-глюонной материи
- Новая физика . . .

Задачи БАК

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы
- Определение границ применимости СМ
- Уточнение параметров СМ
- Бозон Хиггса
- Изучение кварк-глюонной материи
- Новая физика . . .
- Поиск проявлений суперсимметрии, etc.

- Изучение свойств микромира
- Попытка найти фундаментальные законы
- Определение границ применимости СМ
- Уточнение параметров СМ
- Бозон Хиггса
- Изучение кварк-глюонной материи
- Новая физика . . .
- Поиск проявлений суперсимметрии, etc.
- Моделирование ранней Вселенной (???)

Два сценария: СМ или НФ

Прецизионные предсказания СМ нужны в **ОБОИХ** случаях

БАК — машина для открытий

НО прецизионная физика на **БАК** возможна

Tevatron (passed away 30 Sept. 2011) измерил M_W и Γ_W
точнее, чем LEP!

ATLAS, CMS, LHCb, ALICE, Totem, LHCf: (супер)детекторы

Задачи по проверке СМ:

Поиск бозона Хиггса (см. фит данных LEP)

Изучение свойств Z - и W -бозонов

Процессы типа Дрелла-Яна

Изучение свойств топ-кварка

Физика B -мезонов, матрица ККМ

Свойства тау-лептона

Пертурбативная КХД

...

Результаты БАК (I)

Уже более сотни научных статей с результатами БАК

Большая часть - CM

Другие темы: SUSY, Exotics, Perf., Top, Higgs, B-physics, etc.

Основные новые результаты:

не видят бозон Хиггса

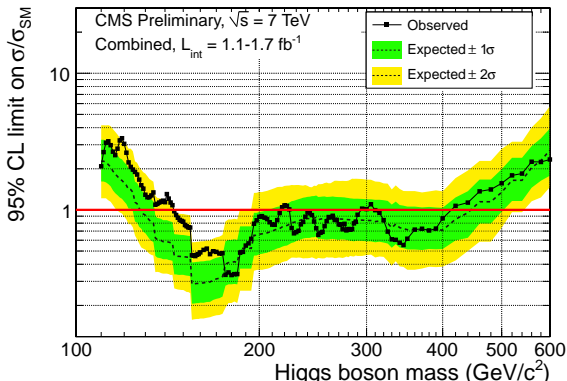
не видят эффекты суперсимметрии

Результаты БАК: бозон Хиггса

закрит очень широкий диапазон возможных значений массы M_H

На конец августа 2011 г. осталось: (95% C.L.):

114.4 — 145 ГэВ, **288 — 296 ГэВ,** $M_H > 464$ ГэВ



закрит широкий диапазон возможных значений параметров MSSM

SUSY: много новых частиц — пока не видят

SUSY: новые взаимодействия должны влиять на обычные частности, в частности, на распады B -мезонов ... — пока не видят

см. выступление А.В. Беднякова

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику
- Обработка данных требует времени ...

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику
- Обработка данных требует времени ...
- Бозон Хиггса откроют через ...

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику
- Обработка данных требует времени ...
- Бозон Хиггса откроют через ...
- НОВАЯ ФИЗИКА !!!

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику
- Обработка данных требует времени ...
- Бозон Хиггса откроют через ...
- **НОВАЯ ФИЗИКА !!!**
- **ИЛИ** новая физика ???

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику
- Обработка данных требует времени ...
- Бозон Хиггса откроют через ...
- **НОВАЯ ФИЗИКА !!!**
- **ИЛИ** новая физика ???
- БАК — лицо физики высоких энергий на годы вперед

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику
- Обработка данных требует времени ...
- Бозон Хиггса откроют через ...
- **НОВАЯ ФИЗИКА !!!**
- **ИЛИ** новая физика ???
- БАК — лицо физики высоких энергий на годы вперед
- БАК повлияет на все области физики

Что ждать?

- БАК быстро (!) набирает статистику
- Обработка данных требует времени ...
- Бозон Хиггса откроют через ...
- **НОВАЯ ФИЗИКА !!!**
- **ИЛИ** новая физика ???
- БАК — лицо физики высоких энергий на годы вперед
- БАК повлияет на все области физики
- БАК — заметное явление нашей цивилизации

Что ждать?

- **БАК** быстро (!) набирает статистику
- **Обработка** данных требует времени ...
- **Бозон Хиггса** откроют через ...
- **НОВАЯ ФИЗИКА !!!**
- **ИЛИ** новая физика ???
- **БАК** — лицо физики высоких энергий на годы вперед
- **БАК** повлияет на все области физики
- **БАК** — заметное явление нашей цивилизации

Спасибо за внимание!