

**Возможность получения
высокой статистики в
образовании резонансных
состояний из четырех
лептонах есть !?**

**Выдающийся успех
адронного
коллайдера ЦЕРНа.
Декабрь 2012 г
(Обнаружение Бозона
Хиггса)**

What an amazing year. "Higgs to gamma-gamma", "Higgs to four leptons" - these two decay channels of the particle which we all have discovered, have become household phrases in the year 2012! For our subject of particle physics this is great and I am happy that even my neighbours are now interested in the LHC and its experiments.

Поговорим за АТЛАС.

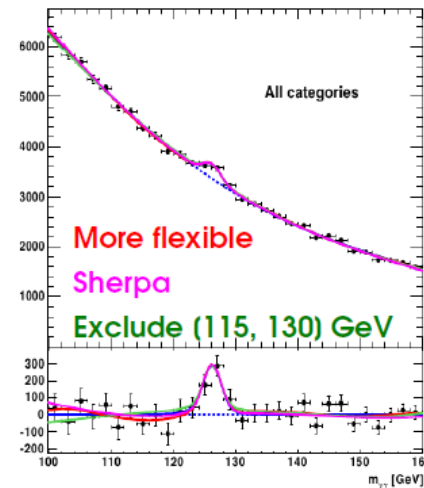
Действительно, ~600 событий Хиггс Бозона с распадов $H \rightarrow 2\gamma$

Background modeling

Check effect of background modeling:

→ use alternative fit functions, fitted to data or MC, to measure the mass in data

→ Also check expected effect by generating toys with alternative functions, refitting with nominal. **Max effect ~ 100 MeV**



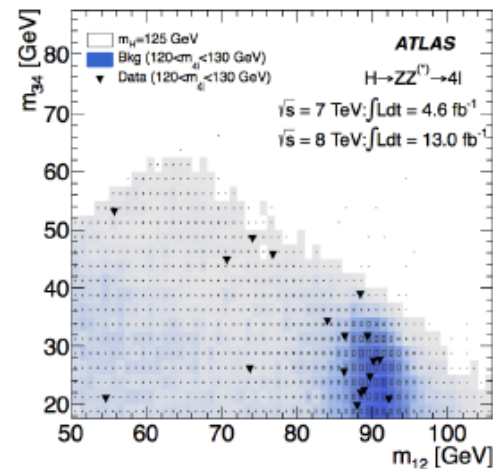
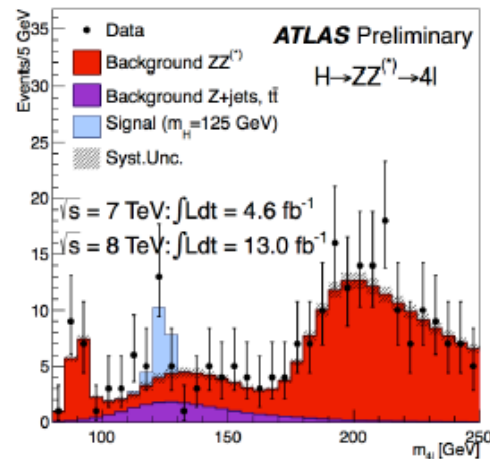
| | Mass (GeV) | Shift (MeV) |
|--|-------------------|-------------|
| Nominal model (Bernstein4/exp(poly2)/exp) | 126.59 ± 0.61 | - |
| Less flexible (Bernstein2/Bernstein2/exp) | 126.62 ± 0.66 | +30 |
| More flexible (Bern5/Bern5/exp) | 126.49 ± 0.64 | -100 |
| Shapes from Sherpa MC | 126.61 ± 0.66 | +23 |
| Shapes fitted excluding $115 < m_{\gamma\gamma} < 130$ GeV | 126.58 ± 0.66 | -6 |

Assign additional 0.1% systematic

Совсем не ладно с измерением массы Хиггс бозона с распадом на 4 лептона (Golden decay Channel). Было найдено 18 событий на $\sim 18 \text{ 1/fb}$ интегральной светимости.

One-page status of the analysis

- Higgs WG approval on Wednesday, Nov 28 – [link](#)
- Signal increasing w/luminosity, well behaved – approved



- 4.1σ significance (p-value: 0.0021%)
- Fitted m_H : $123.52^{+0.91}_{-0.94} \text{ [GeV]}$ (errors calibrated w/toys)

У CMS – не лучше. При такой ситуации мне захотелось проверить, неужели все так безнадежно с изучением 4-х лептонного конечного состояния?

**Возьмем данные АТЛАСа за 2011 год(4.6 1/фб) ,
выбранные Хиггс-группой АТЛАСА при
условиях:**

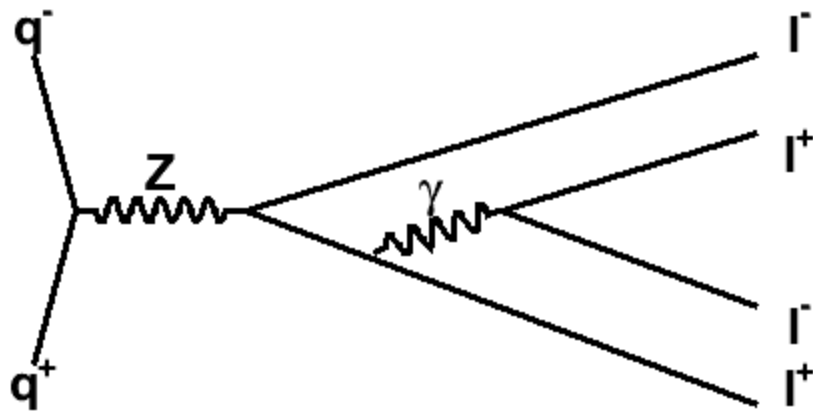
- 1. Single lepton trigger with threshold ~20 GeV**
- 2. Or double lepton trigger when each lepton is with energy higher 10 GeV**
- 3. Минимальная энергия лептонов ~3 ГэВ**

И поработаем с этим набором.

**Естественно начать с
какого-то редкого распада
всем известной частицы
Z- бозона на 4 лептона,**

Z->llll

Процесс $Z \rightarrow 4l$ представляет особый интерес: конечное состояние – такое же, как у наиболее перспективного для поиска Хиггс бозона, и сечение рождения такого многолептонного состояния всего в десять раз больше, чем ожидаемая вероятность **стандартного** $H(125)$.



**В октябре 2012 г CMS
обнародовал наблюдение этого
процесса в результате анализа
данных 2011 года (интегральная
светимость $\sim 5 \text{ fb}^{-1}$). Я
повторил их анализ
с использованием данных
ATLASa
2011 года**

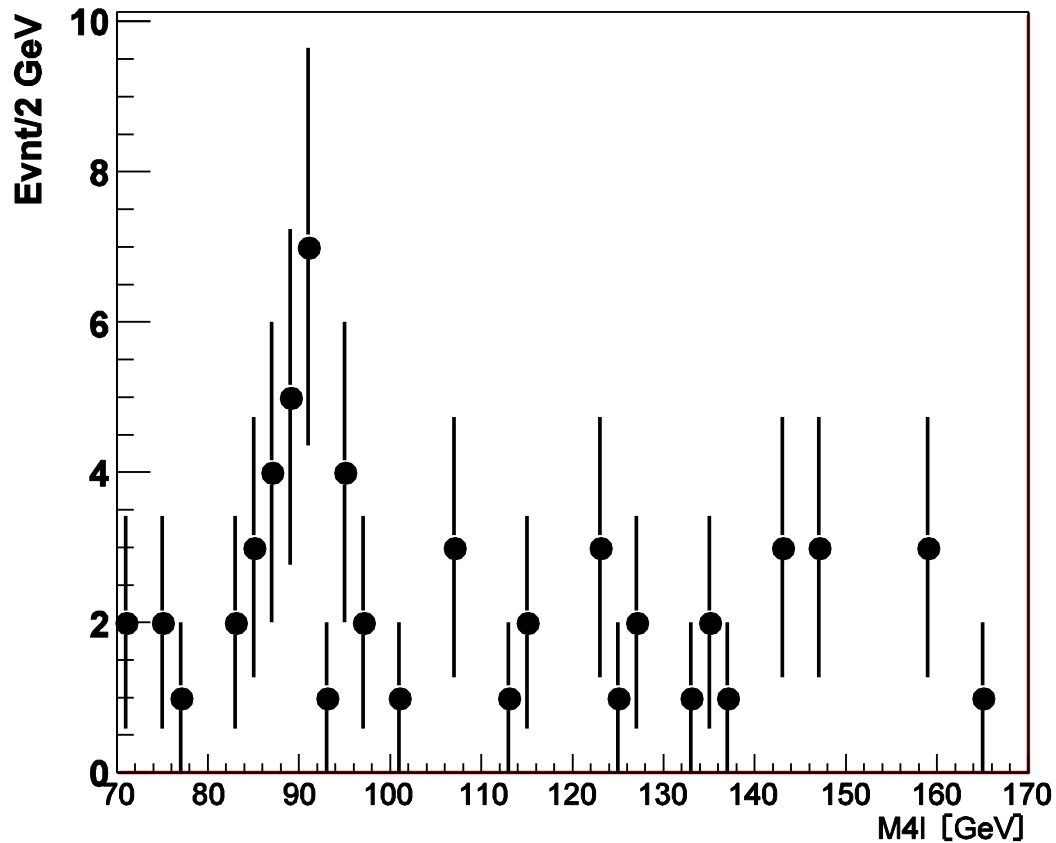
Естественно ожидать большого фона от QCD реакций, и их надо безжалостно подавить.

Это и было сделано учеными из CMS эксперимента.

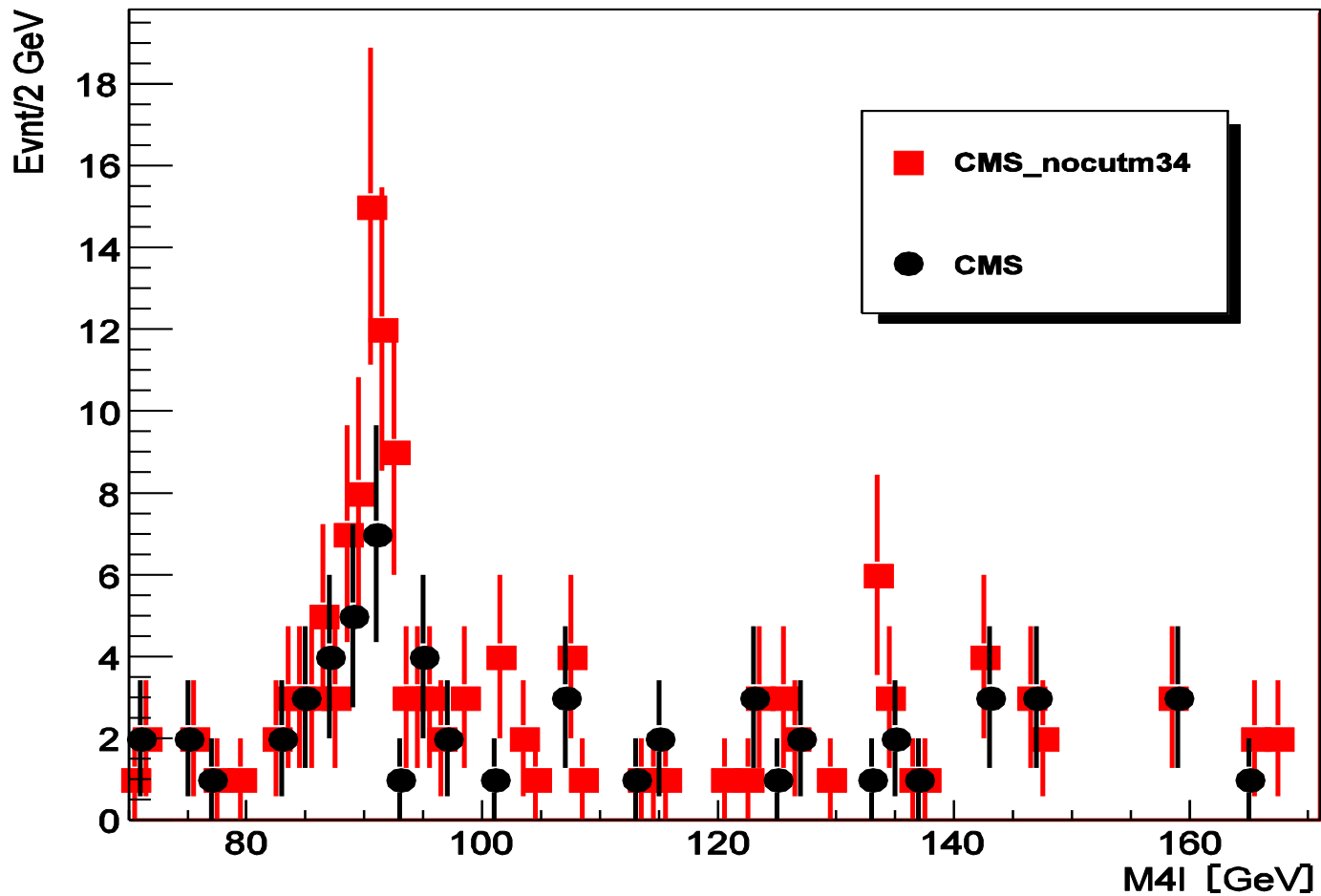
Идентификация лептонов была стандартной, а фазовый объем сжали.

1. Потребовали, чтобы энергия самого энергичного лептона была более 20 ГэВ, а второго – более 10 ГэВ.
2. Оставшиеся лептоны должны иметь энергию выше 7 ГэВ (5 ГэВ – для мюонов).
3. Инвариантная масса любой пары лептонов (независимо от знака) должна быть не менее 4 ГэВ. По утверждению CMS, при уменьшению этой величины фон сильно возрастает.

Фон убили, но и сигналу пришлось не сладко: всего осталось 28 событий (события считаются события в интервале 80-100 ГэВ, в нашем анализе- тоже 28 соб) , и нужно ожидать несколько штук стандартных Хиггсов с массой ~125 ГэВ . Не много, а главное и надежд нет. Все убили.

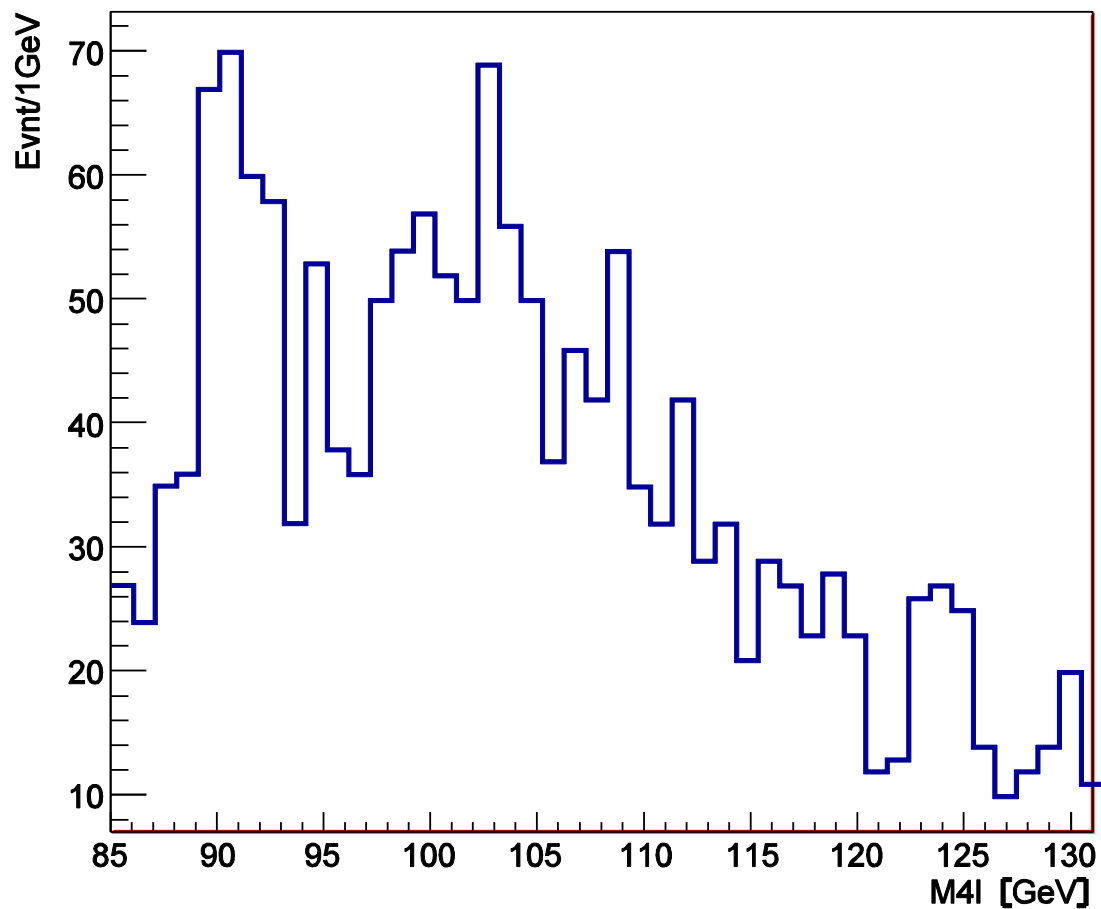


Ясно, что такой анализ- тупик. Сделай лучше. Попробуй расслабиться- смягчи отбор.
Например, не вводи ограничения на инвариантную массу дилептонов. Фон существенно не изменился, а количество событий возросло до 84. Неплохо.

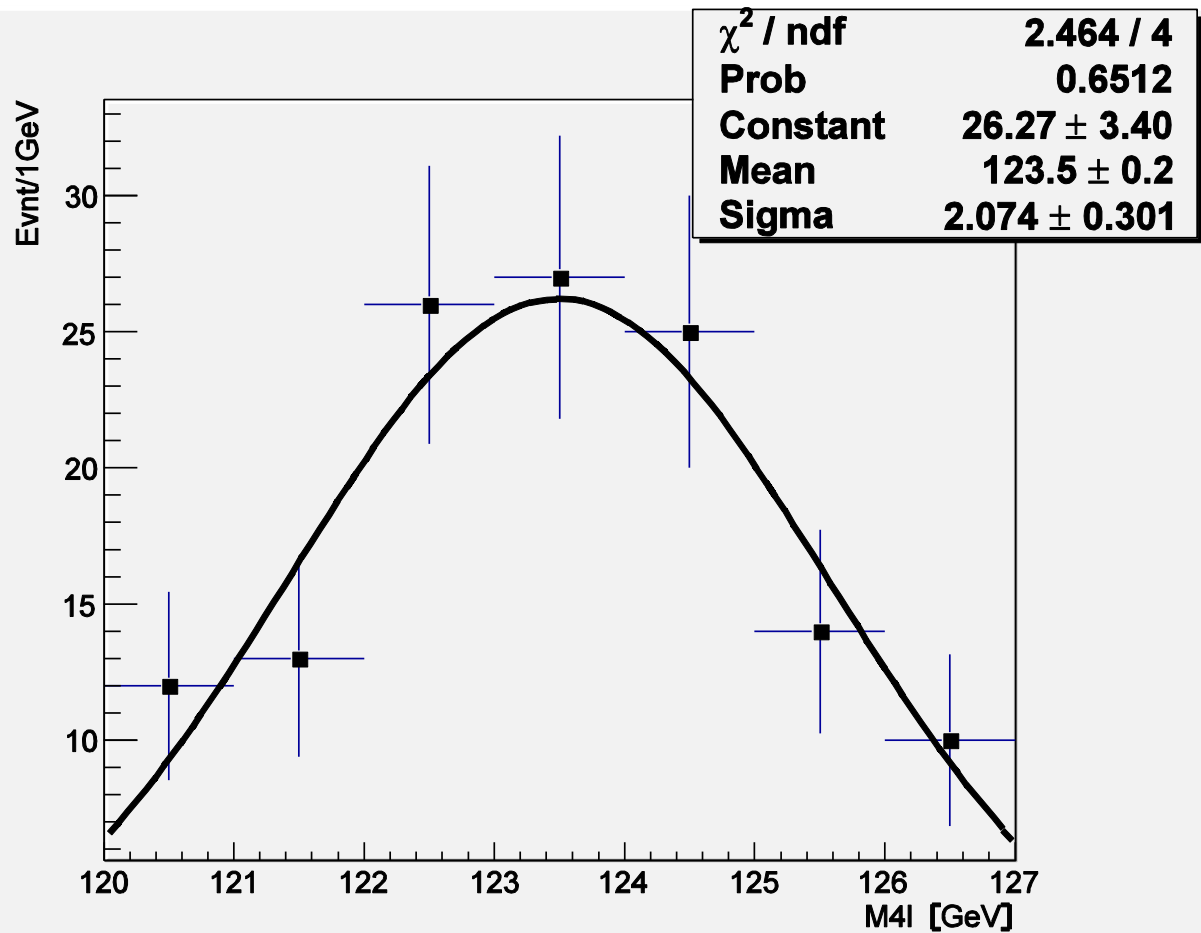


Я, конечно, не знаю, хорошо ли это для CMS. Поэтому поэкспериментируем с ATLASом. Посмотрел “сырые” данные со стандартными процедурами идентификации лептонов и изоляции “чужих” частиц – и обомлел!

На рисунке показано распределение по инвариантной массе четырех лептонов: очевиден резонанс в области масс (120-130) ГэВ.



Посмотрел в деталях:



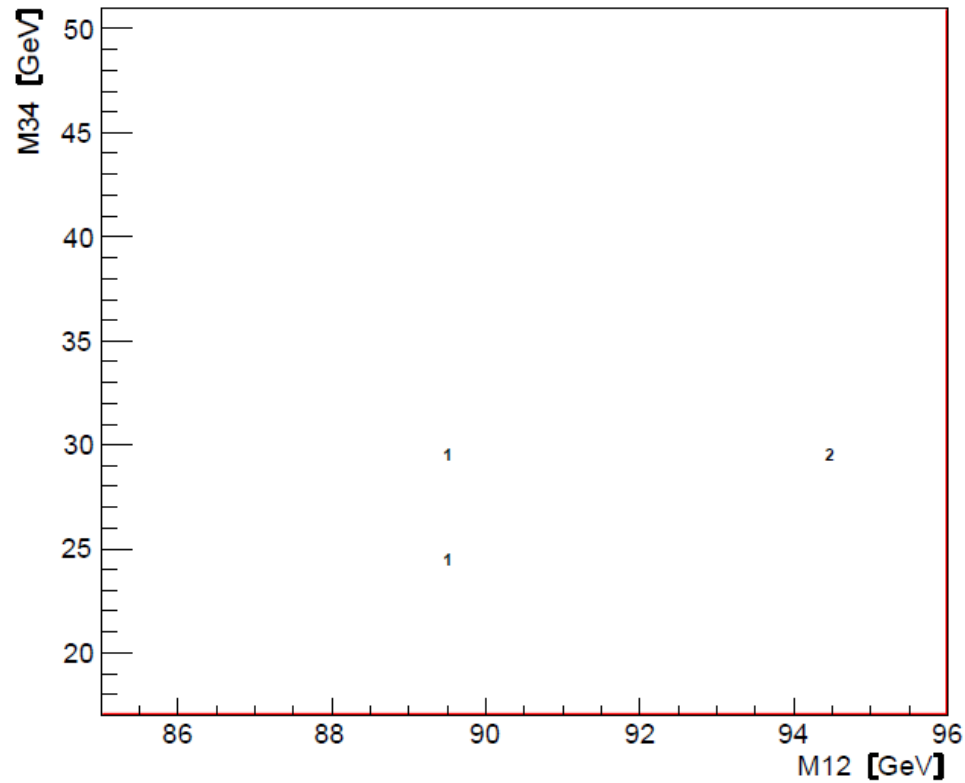
Что-то много - ~80 штук !?
Повторим анализ группы АТЛАСа

Each electron (muon) must satisfy $p_T > 7 \text{ GeV}$ ($p_T > 6 \text{ GeV}$) and be measured in the pseudorapidity range $\eta < 2.47$ ($\eta < 2.7$). The highest p_T lepton in the quadruplet must satisfy $p_T > 20 \text{ GeV}$,

and the second (third) lepton in p_T order must satisfy $p_T > 15 \text{ GeV}$ ($p_T > 10 \text{ GeV}$).

.....
и $M_{34} > 17.5 \text{ GeV}$.

Убили почти все! Что же осталось?



Не убий...

Заповедь 6

Результат небольшого исследования показал:

1. Анализ полученных данных ($\sim 30 \text{ fb}^{-1}$) может приблизить статистику 4-х лептонных состояний к нескольким сотням событий
2. Разница в массах $H(126.5)$ и $H(123.5)$ не может быть случайной, статистической флюктуацией.
3. Группа ИЯФ(Нвсб) и ПИЯФ работает, не щадя живота (это обо мне), и надеется через месяц много чего сказать.