

# ОТКРЫТИЯ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ



РГПУ им. А.И. Герцена  
Факультет физики  
4 курс 1 группа  
Андрющенко Юлия

# Поиск Новой Физики

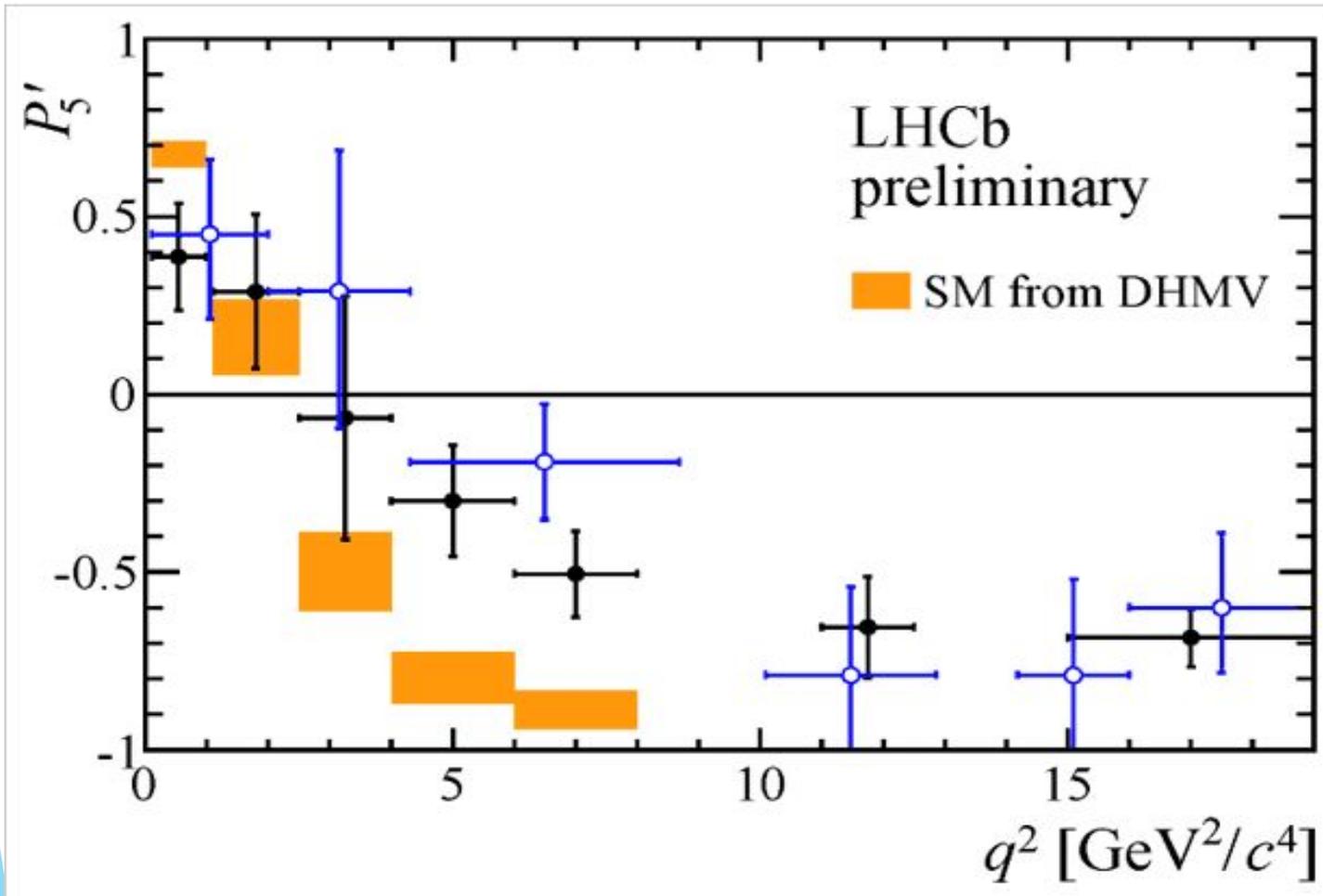
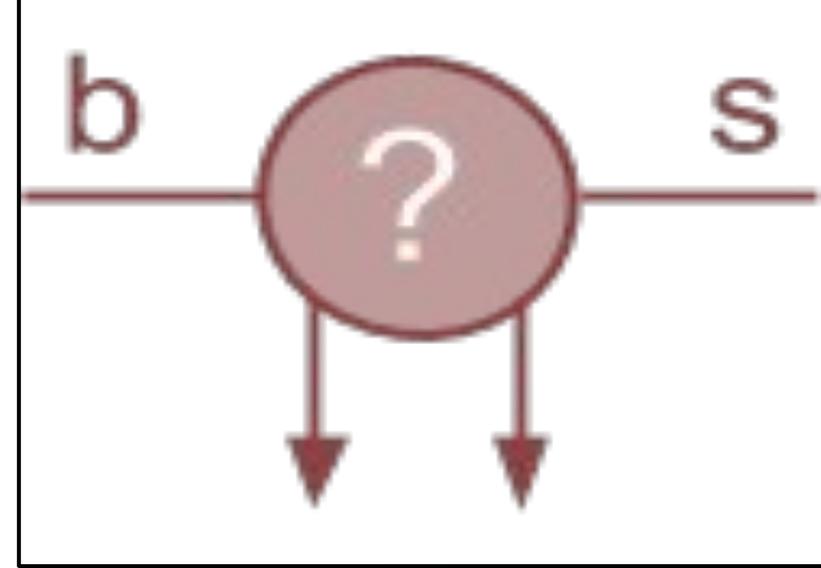
## загадки коллайдера

январь 2018

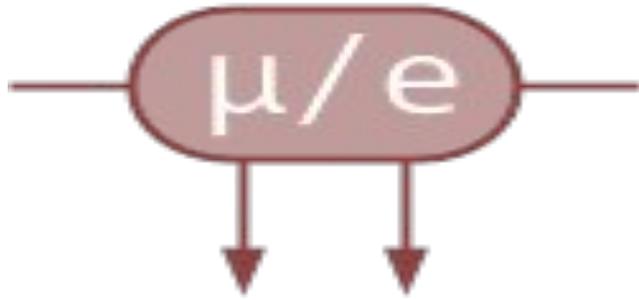
отклонения от Стандартной модели более чем на  $2\sigma$ , обнаруженные на LHC



# Распад $b$ -кварка на $s$ -кварк и мюоны



На графике показано распределение величин по инвариантной массе мюонной пары:  $q^2 = m_{\mu\mu}^2$ . Черные точки с погрешностями — данные 2015 года, синие точки — данные 2013 года, цветные области — теоретические предсказания.



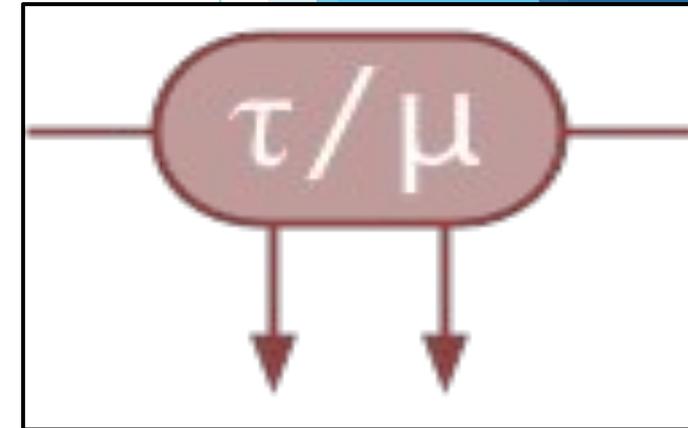
## Проблемы с лептонной универсальностью - 1

$$B^+ \rightarrow K^+ \mu^+ \mu^- \text{ и } B^+ \rightarrow K^+ e^+ e^-.$$

$$R_K = 0.745^{+0.090}_{-0.074} \pm 0.036$$

## Проблемы с лептонной универсальностью - 2

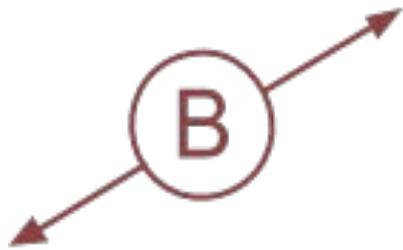
$$R = \frac{B(\bar{B} \rightarrow D\tau^-\bar{\nu})}{B(\bar{B} \rightarrow D\mu^-\bar{\nu})}, \quad R^* = \frac{B(\bar{B} \rightarrow D^*\tau^-\bar{\nu})}{B(\bar{B} \rightarrow D^*\mu^-\bar{\nu})}.$$



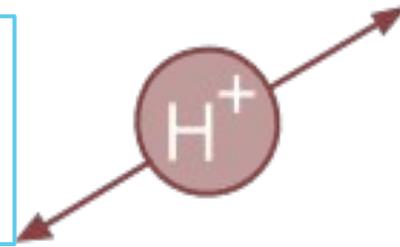
$$R_{\text{SM}} = 0,297 \pm 0,017 \text{ и } R^*_{\text{SM}} = 0,252 \pm 0,003$$

$$R^* = 0,336 \pm 0,027 \pm 0,030$$

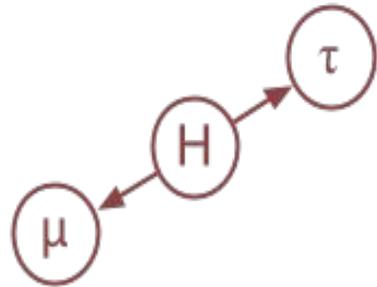
# Разрешившиеся загадки



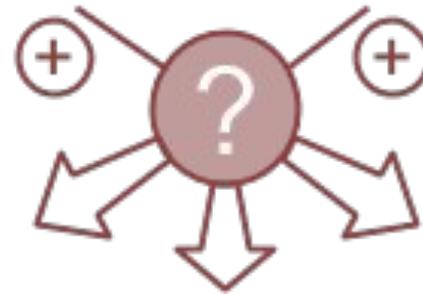
*Сверхредкий распад  
B-мезона*



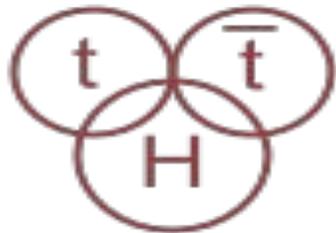
*Заряженный бозон  
Хиггса*



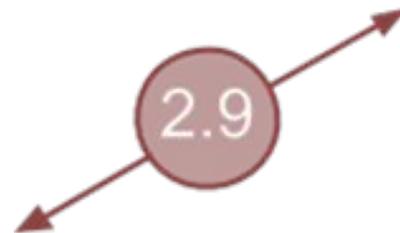
*Распад  $H \rightarrow \mu\tau$*



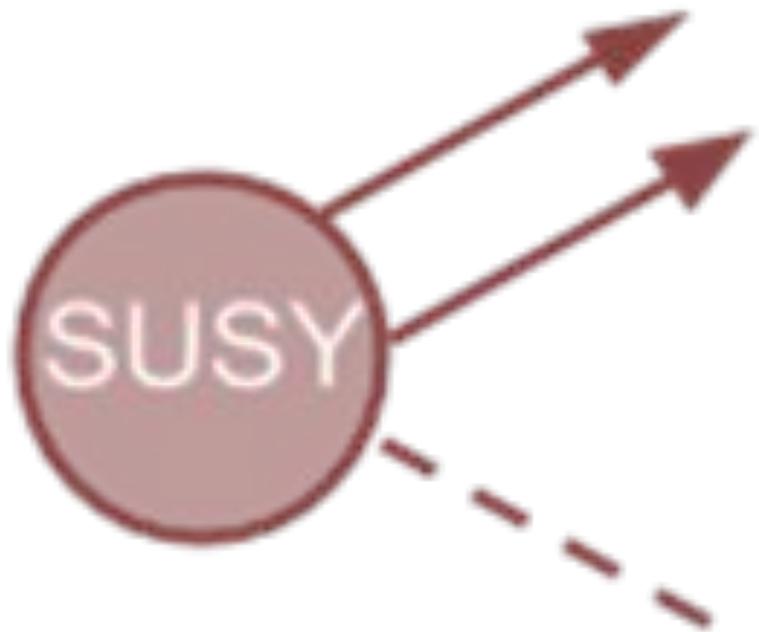
*Лептоны одного  
знака*



*Комбинация  
топ-анти-топ-  
хиггс*



*Электрон-  
позитронная пара  
при 2,9 ТэВ*



*Поиски суперсимметрии — 1*

*Поиски суперсимметрии — 2*

*Поиски суперсимметрии — 3*

# Поиск отклонений от Стандартной модели: результаты

- Благодаря открытию хиггсовского бозона, физики получили возможность **напрямую измерять его свойства** и сравнивать их с предсказаниями Стандартной модели. В целом, **никакие измеренные свойства бозона Хиггса не показывают статистически значимого отклонения от Стандартной модели.**
- Все новые измерения процессов рождения тяжелых частиц Стандартной модели ( $W$ -бозонов,  $Z$ -бозонов, топ-кварков) находятся в полном согласии с предсказаниями Стандартной модели.

## КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ

0 0 1	$\nu_\mu$	0 0 1	$\gamma$	91,2 ГэВ/ $c^2$ 0 1	$Z$	80,4 ГэВ/ $c^2$ $\pm 1$ 1	$W$	126 ГэВ/ $c^2$ 0 0	$H$
глюон		фотон		Z-бозон		W-бозон		бозон Хиггса	

В 2011 году коллаборация LHCb обнаружила аномально сильное **прямое CP-нарушение в распадах D-мезонов**, которое одно время было самым сильным отклонением от предсказаний СМ, обнаруженном на БАК (статистическая значимость эффекта  $3,5\sigma$ ).

На БАК впервые за десятилетия поисков был зарегистрирован **сверхредкий распад**  $B_s$ -мезонов:  $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$ . С этим распадом связывают большие надежды на обнаружение ярких эффектов вне Стандартной модели. Первое измерение показало, что его вероятность не противоречит предсказаниям Стандартной модели.



# Поиск суперсимметрии: результаты

- Проверена область масс суперчастиц, в несколько раз превышающая достижимые ранее области: массы глюино вплоть до **1–1,3 ТэВ**, массы скварков вплоть до **400–700 ГэВ**, массы суперчастиц, не участвующих в сильных взаимодействиях, вплоть до **300–600 ГэВ**.

Ни в одном из вариантов поиска нет никаких указаний на существование суперсимметричных частиц.

- Таким образом, **низкоэнергетическая суперсимметрия** (с массами суперчастиц в несколько сот ГэВ) , **по-видимому закрыта**.

# Поиск экзотических частиц: результаты

## *Частицы группируют:*

- *новые тяжелые лептоны или кварки ( $l'$ ,  $q'$ ) либо новые бозоны ( $W'$ ,  $Z'$ );*
- *возбужденные состояния известных фундаментальных частиц в моделях, где они считаются не точечными, а обладающими структурой;*
- *резонансы — новые метастабильные частицы, легко возникающие при столкновении обычных частиц и легко распадающиеся на них (например, лептокварки, топ–анти топ-резонансы и т. д.);*
- *новые контактные взаимодействия обычных частиц, проявляющиеся только при высоких энергиях столкновений;*
- *проявления неожиданно сильной гравитации: тяжелые аналоги гравитона, микроскопические черные дыры и т. д.*

## *Ограничения, полученные ATLAS и CMS, находятся в следующих диапазонах:*

- возбужденные электроны или мюоны:  $m > 1,75\text{--}2,2$  ТэВ;*
- возбужденные кварки:  $m > 0,9\text{--}3,8$  ТэВ;*
- лептокварки:  $m > 400\text{--}800$  ГэВ;*
- тяжелые бозоны  $Z'$ :  $m > 1,4\text{--}2,9$  ТэВ;*
- тяжелые бозоны  $W'$ :  $m > 0,4\text{--}3,3$  ТэВ;*
- тяжелые резонансы:  $m > 0,8\text{--}1,8$  ТэВ*
- тяжелые аналоги гравитона:  $m > 0,8\text{--}4,7$  ТэВ;*
- новые контактные взаимодействия: энергетический масштаб  $> 2,5\text{--}13,9$  ТэВ;*
- микроскопические черные дыры:  $m > 4\text{--}5$  ТэВ.*