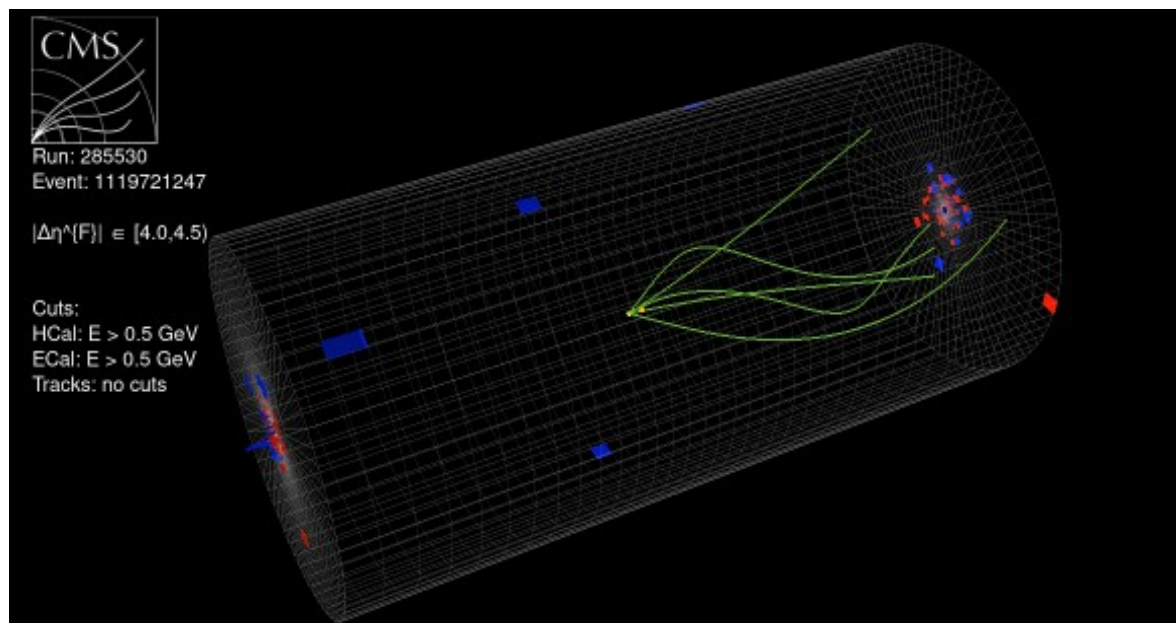
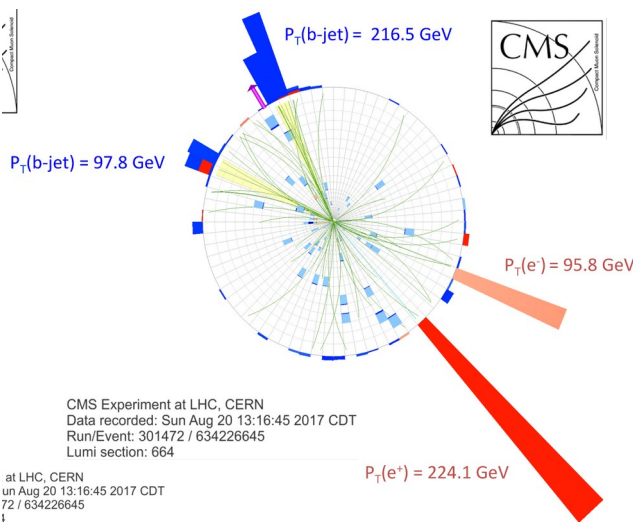




**В.Т. Ким**

**ОФВЭ НИЦ КИ - ПИЯФ  
Сессия Ученого Совета  
21-27 декабря 2021**





ПИЯФ @CMS

**А.А. Воробьев**

В.Т. Ким  
Е.В. Кузнецова  
В.А. Мурзин  
В.А. Орешкин  
И.Б. Смирнов  
А.Ю. Егоров  
Д.Е. Соснов

В.Л. Головцов  
Л.Н. Уваров  
Н.А. Грузинский  
В.И. Яцюра

Ю.М. Иванов  
В.В. Сулимов  
П.М. Левченко  
Л.А. Щипунов  
С.С. Волков  
С.А. Вавилов  
М.Ю. Иванов

...

Г.Е. Гаврилов  
С.А. Насыбулин **асп. ПИЯФ**

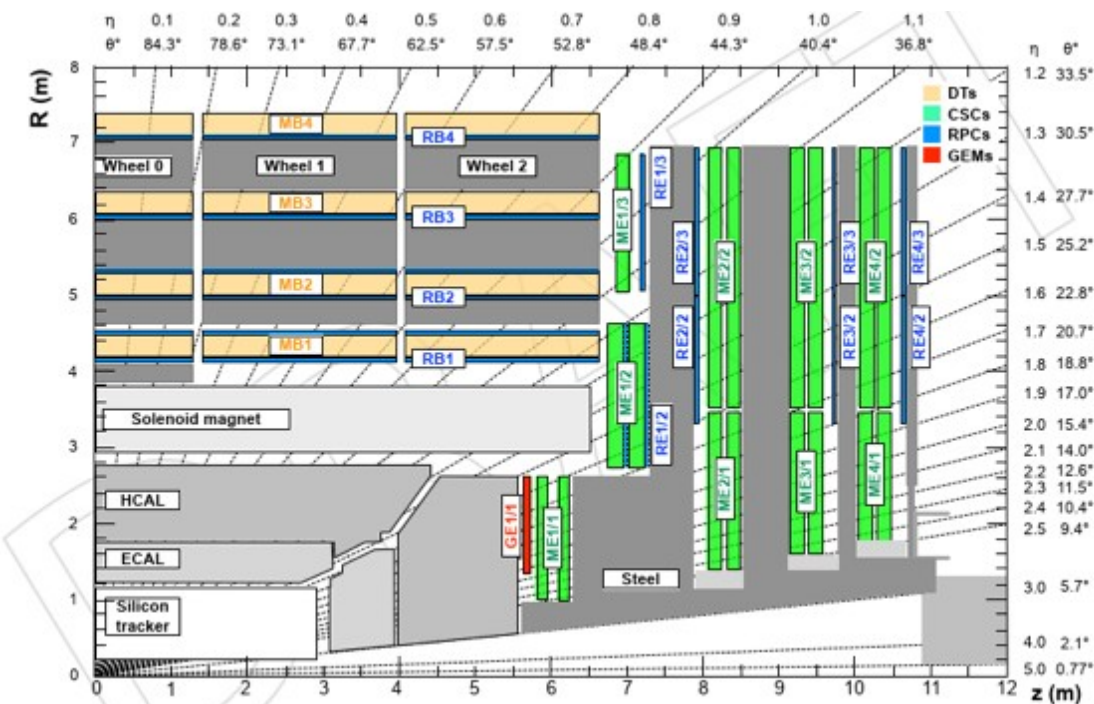
## ПИЯФ: основные направления в CMS

### Физический анализ данных

- асимптотические БФКЛ-эффекты в струйных процессах
- дифракционные процессы  $pA$
- электрослабое образование резонансов (VBF):  $Z$ ,  $H$ , BSM
- бозон Хиггса при больших  $pT$

### Мюонная система: CSC

- поддержка
- модернизация
- участие в сменах



## Поддержка и техническое обслуживание EMU CSC



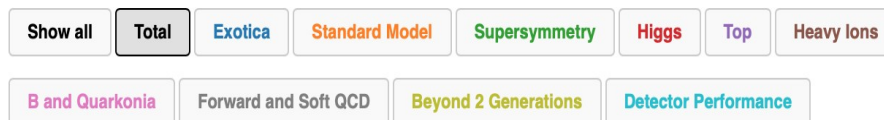
- Long Shutdown (LS2): все основные проекты завершены
- Pilot Beam Test: 18 октября – 1 ноября

**CMS: был полностью готов к Pilot Beam Test  
получены весьма благоприятные результаты**

1.01.2010 - 01.12.2021

Опубликовано:  
2021 > 60 статей

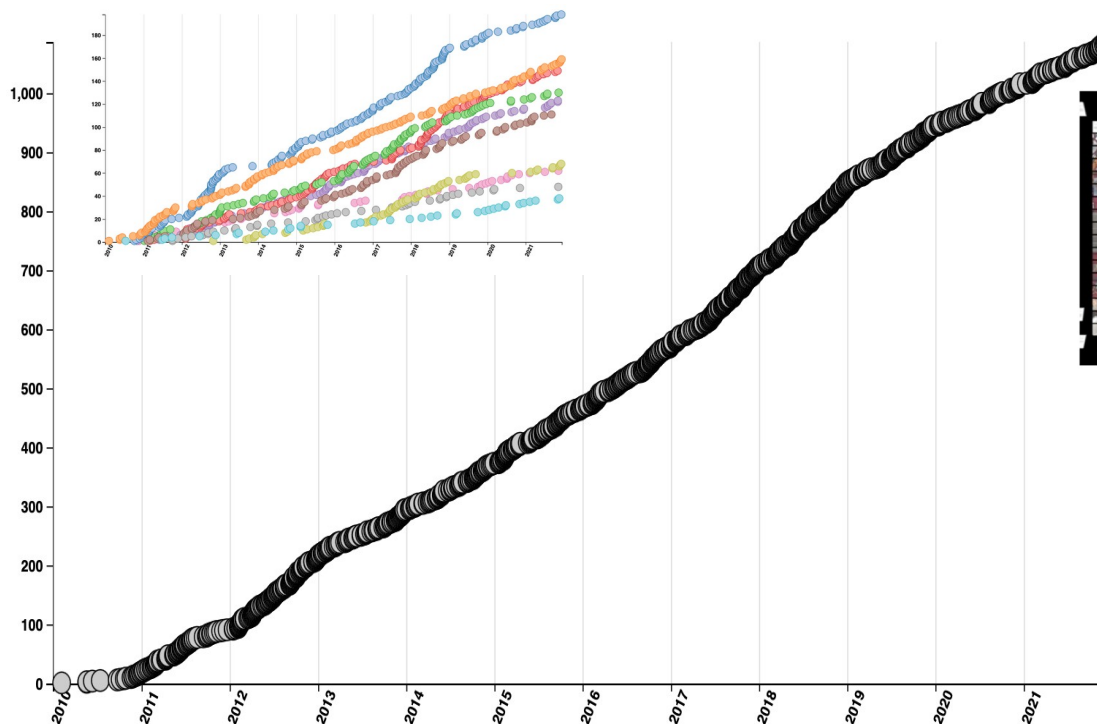
RUN 1 & 2 > 1000 статей



1086 collider data papers submitted as of 2021-12-10

1086 paper published or submitted to a journal

CMS (10 декабря 2021):  
1086 статей по физике

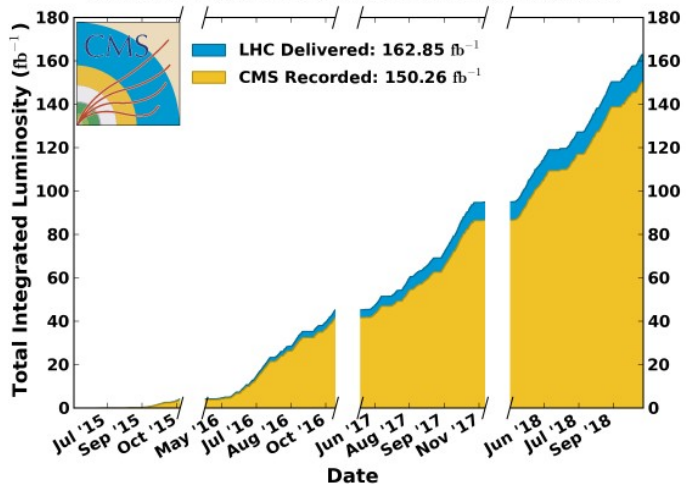




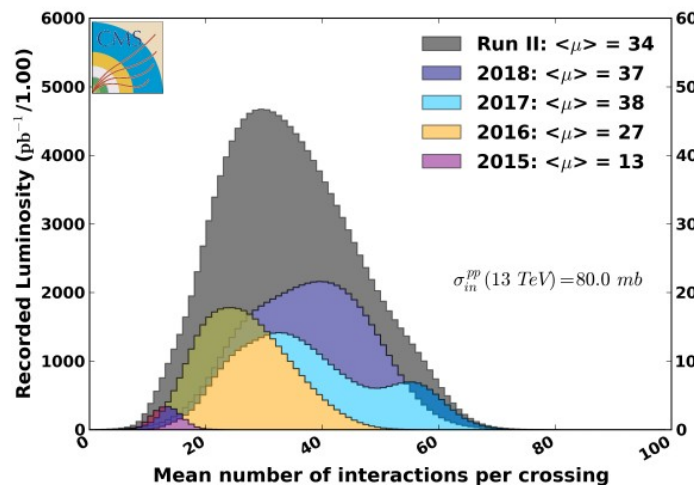
Run 2 ended in 2018 and CMS collected an integrated luminosity good for all physics of almost  $140 \text{ fb}^{-1}$  at 13 TeV CM energy Heavy Ion data, mainly PbPb and pPb

CMS Integrated Luminosity, pp,  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$

Data included from 2015-06-03 08:41 to 2018-10-26 08:23 UTC

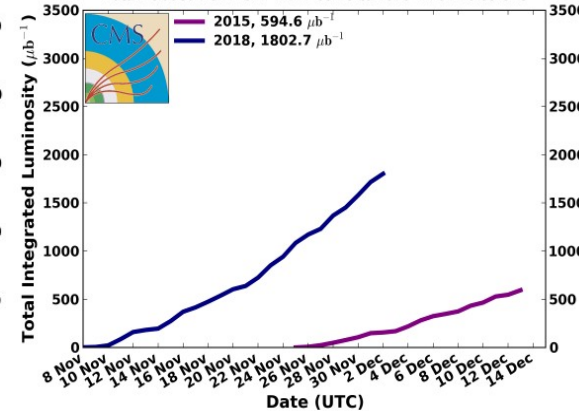


CMS Average Pileup (pp,  $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ )



CMS Integrated Luminosity Delivered, PbPb,  $\sqrt{s} = 5.02 \text{ TeV/nucleon}$

Data included from 2015-11-25 09:59 to 2018-12-02 16:09 UTC



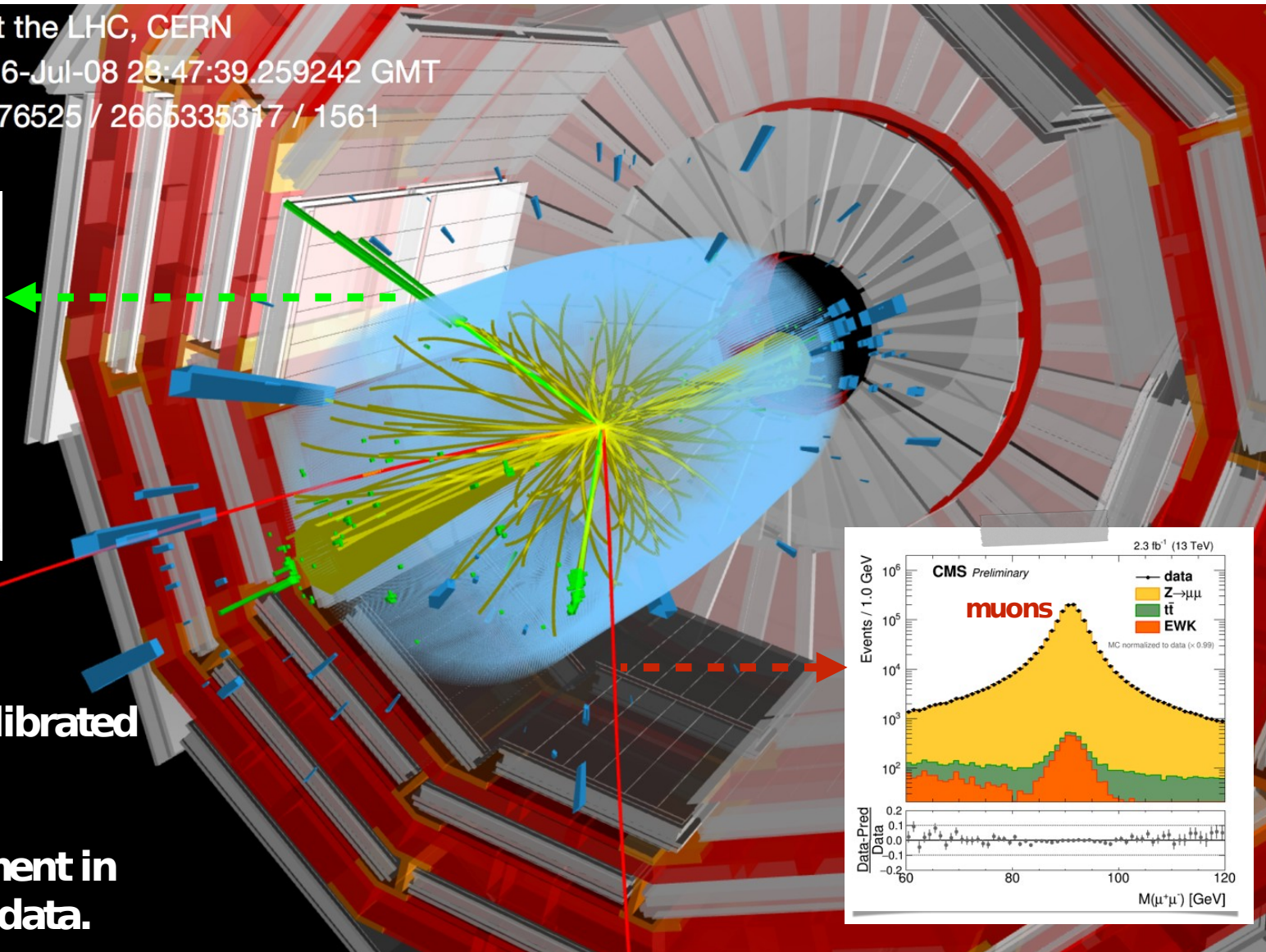
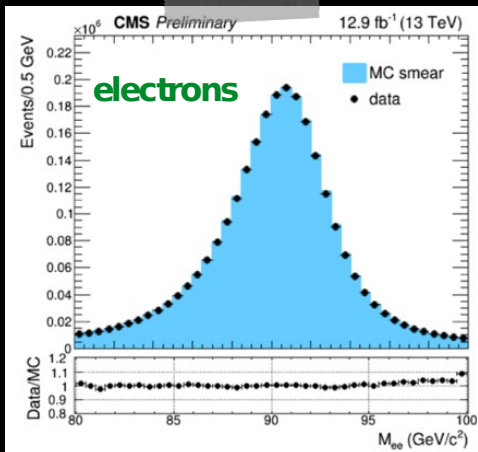
# CMS: великолепный прибор!



CMS Experiment at the LHC, CERN

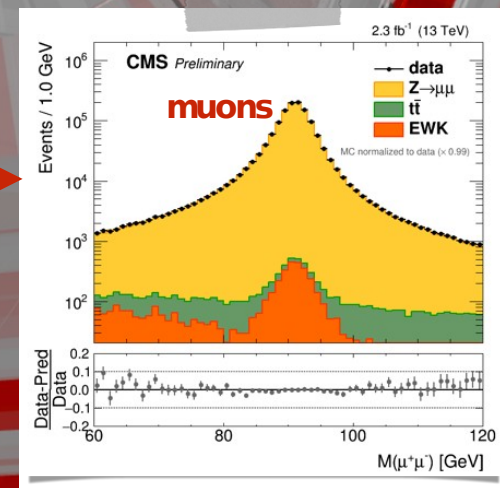
Data recorded: 2016-Jul-08 23:47:39.259242 GMT

Run / Event / LS: 276525 / 2665335317 / 1561



Extremely well calibrated detector.

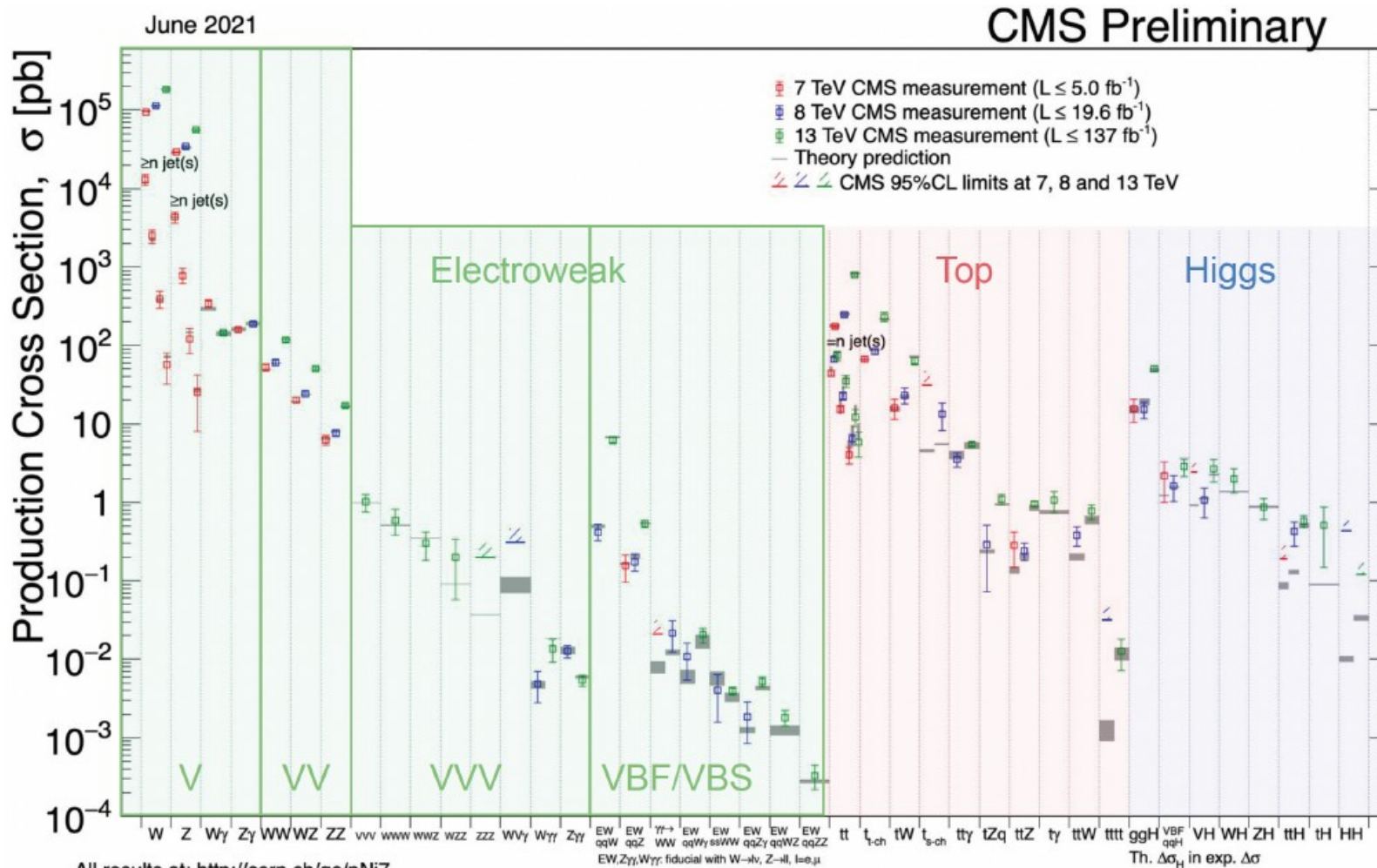
Excellent agreement in simulation and data.







# CMS data vs standard model

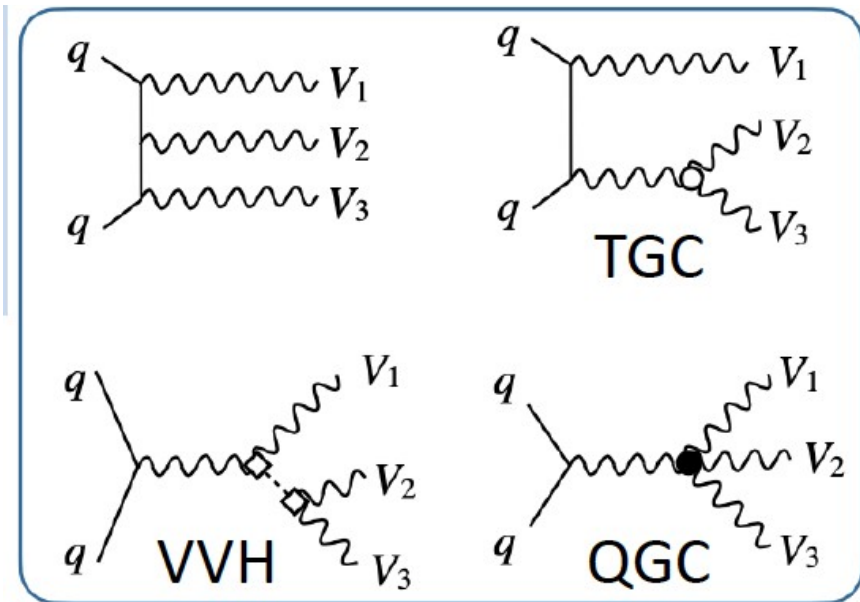
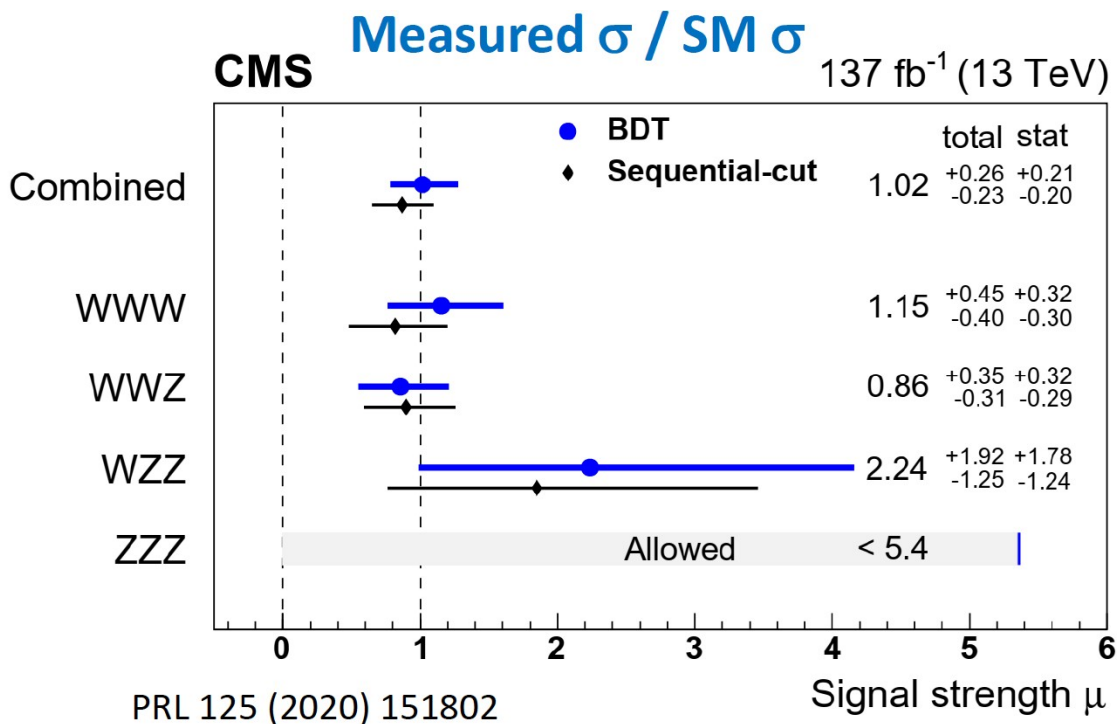


Measurement of total cross section in different production channels

Also performing measurement of differential cross sections

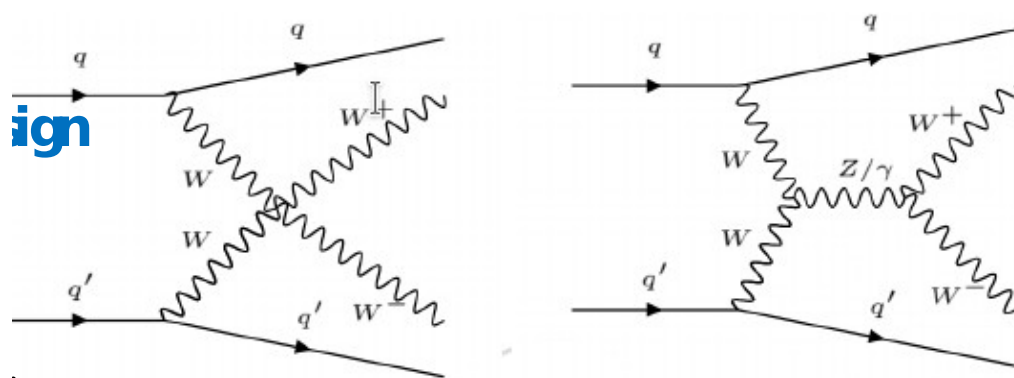
Deviation from SM prediction may indicate new physics

Первое наблюдение тройного рождения электрослабых векторных бозонов (2020)



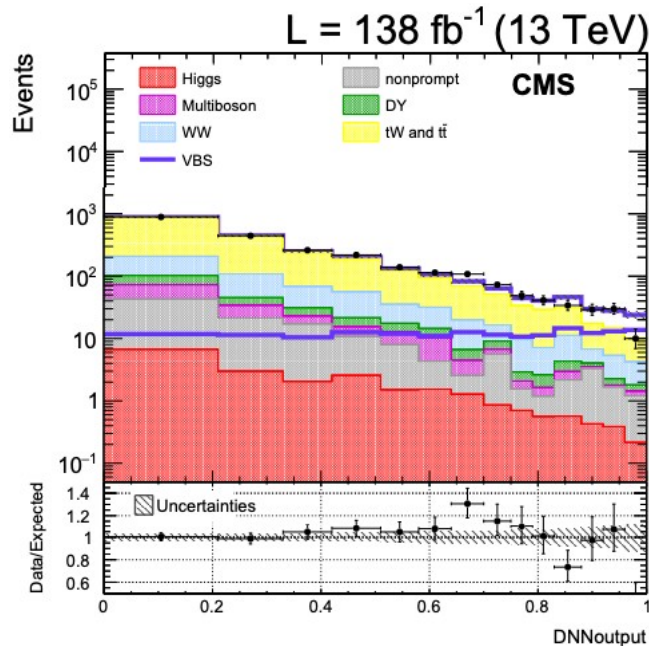
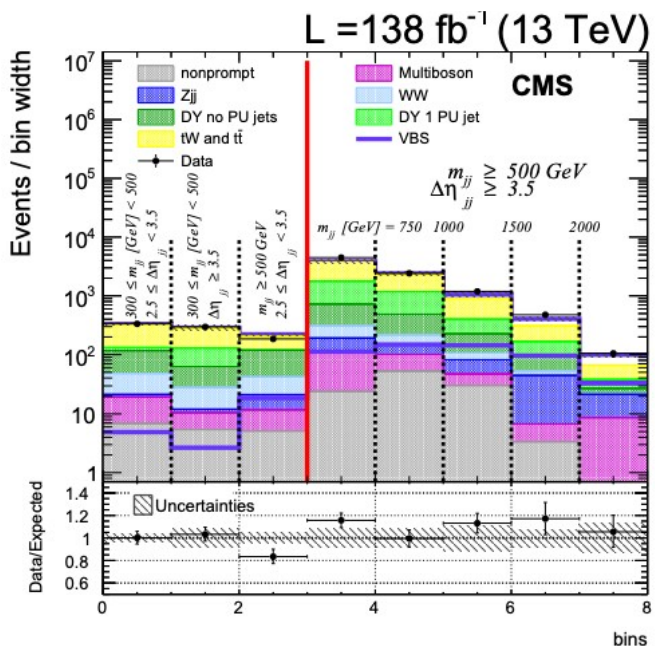
Первое наблюдение рассеяния электрослабых векторных бозонов  $VV \rightarrow VV$ :  
 e-Print: 2112.05259 [hep-ex]  
 $5.6\sigma$  ( $5.2\sigma$ ) набл. (ожд.)

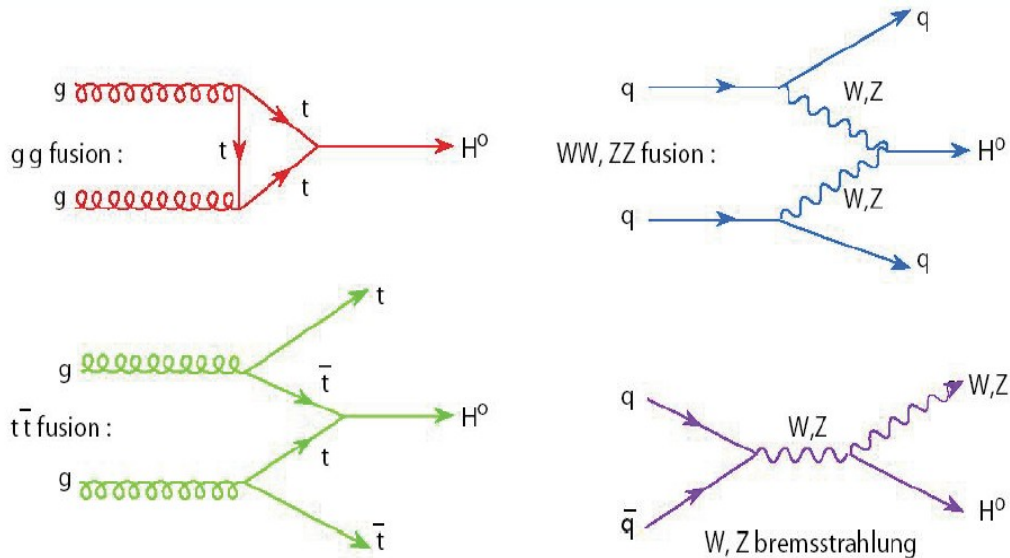
- RUN 2-2016: Первое наблюдение с одинаковыми зарядами лептонов
- RUN 2: Первое наблюдение со всеми комбинациями зарядами лептонов



одинаковый аромат лептонов

различный аромат лептонов

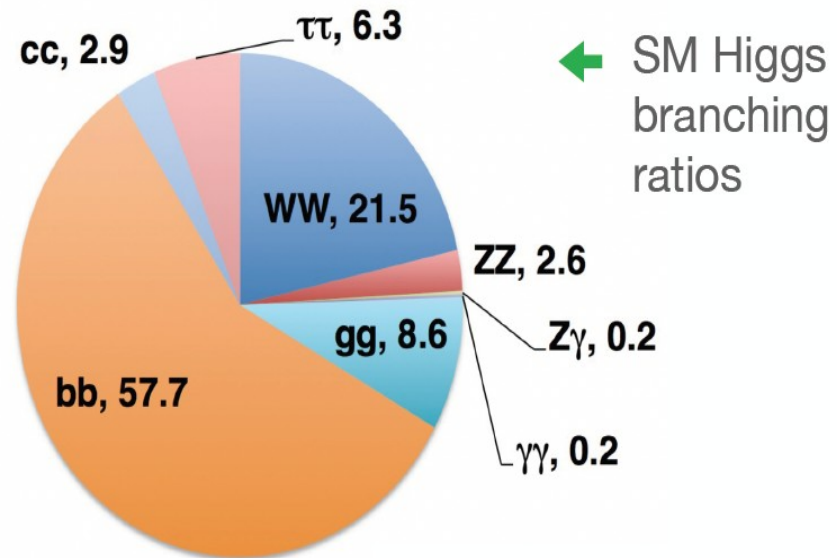




- Higgs boson can be produced via several processes and decay into several final states.
- Observed mass 125 GeV presents a particular diversity of decay channels.  
 —> multiple probes for studying the Higgs!

↑  
SM Higgs production channels and cross sections: →

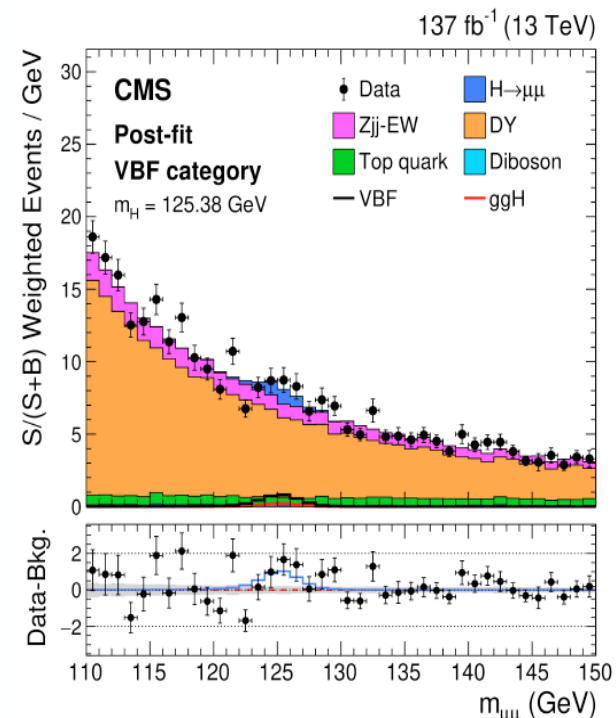
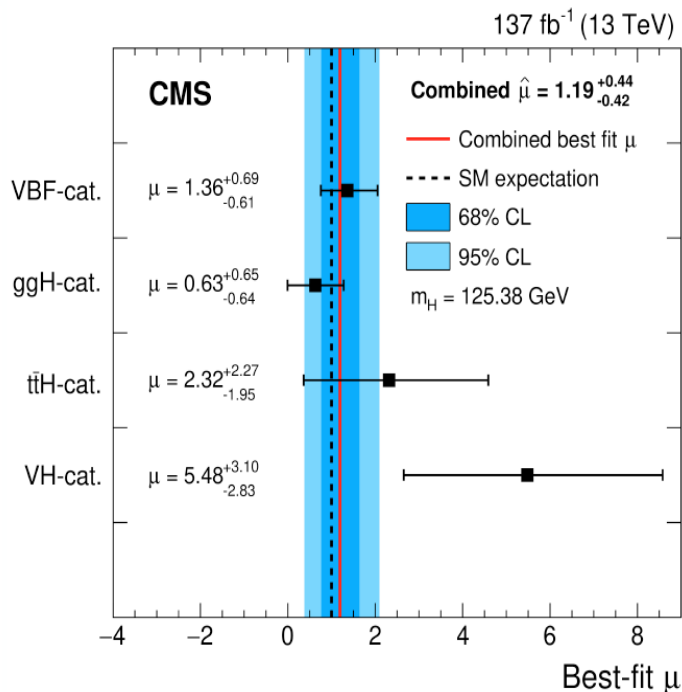
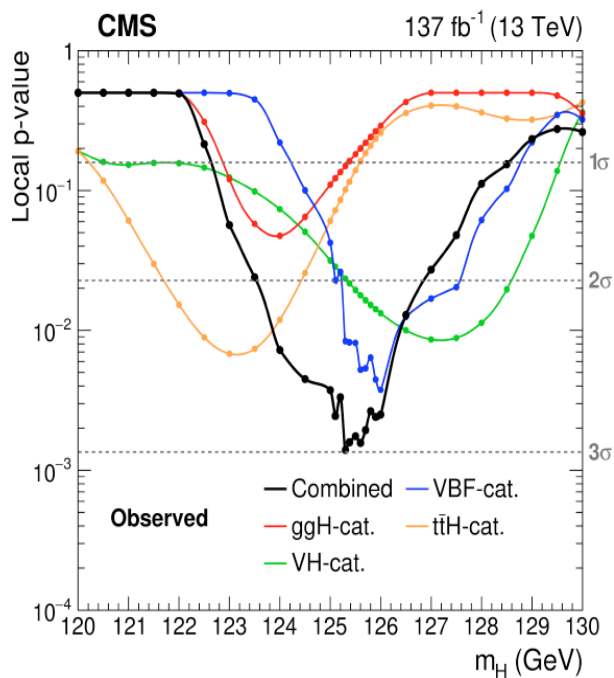
	process	13 TeV
<b>ggF</b>	gluon-gluon fusion	49 pb
<b>VBF</b>	vector-boson fusion	3.8 pb
<b>VH</b>	associated production	2.3 pb
<b>ttH</b>	associated production	0.51 pb



Первое указание  $H \rightarrow \mu\mu$   $3\sigma$   
 JHEP 01 (2021) 148

SM  $\text{Br}(H \rightarrow \mu\mu) = 2.18 \times 10^{-4}$

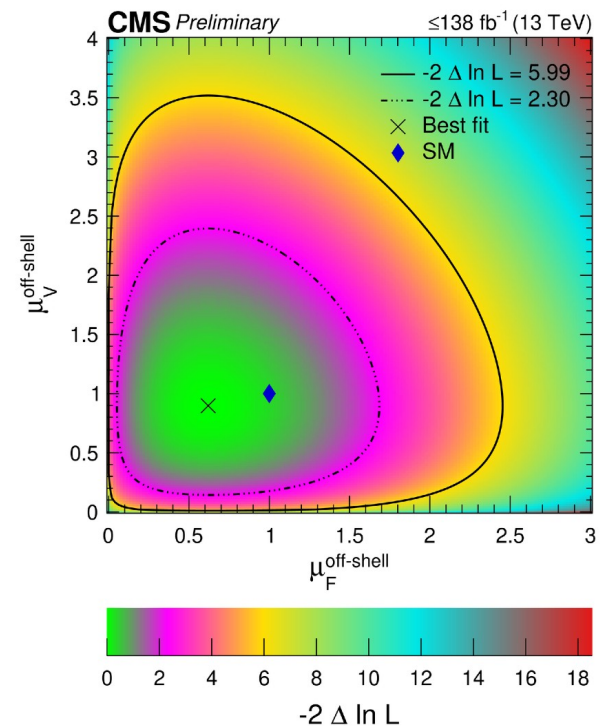
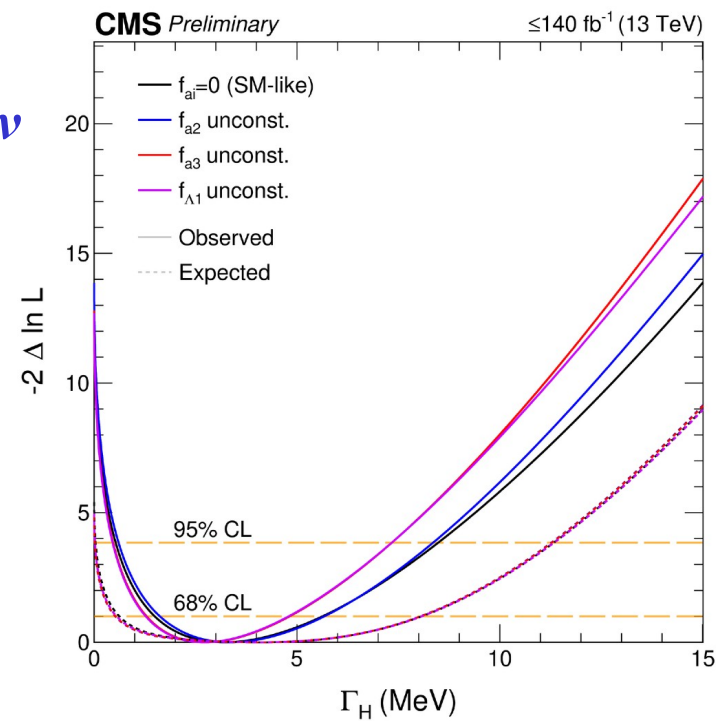
Наиболее точное измерение  
 связи бозона Хиггса с  
 лептонами второго поколения!



указание  $H \rightarrow 4l, H \rightarrow 2l2\nu$

измерение ширины:

$$\Gamma_H = 3.2^{+2.4}_{-1.7} \text{ MeV}$$



Исключены  $\mu_{\text{off-shell}} = 0$  и  $\Gamma_H = 0 \text{ MeV}$

на уровне  $3.6\sigma$

CMS PAS HIG-21-013 (2021)

направлено в Nature



## Dijets with large rapidity separation:

- LHC 7 ТэВ:

CMS: Eur. Phys. J. C 72 (2012) 2216 – первое измерение отношение сечений струй при больших интервалах быстроты  $> 9.4$

- LHC 7 ТэВ:

CMS: JHEP 08 (2016) 139 – первое измерение азимутальных декорреляций струй при больших интервалах быстроты  $> 9.4$  указания на проявление БФКЛ-эффектов

- LHC 2.76 ТэВ:

CMS: – указания на проявление БФКЛ-эффектов

## Electroweak Z boson production with two forward jets:

- LHC 7 ТэВ:

CMS: JHEP 1310 (2013) 062 – первое наблюдение в адронных соударениях процесса электрослабого образования Z-бозона  
конечное состояние: два лептона и две адронные струи вперед

- LHC 8 ТэВ:

CMS: Eur. Phys. J. C 72 (2012) 2216 - измерение в адронных соударениях сечение процесса электрослабого образования Z-бозона при 8 ТэВ  
 $\sigma(\ell\ell JJ) = 174 \pm 15$  (стат.)  $\pm 40$  (сист.) Фб,  $m_{JJ} > 120$  ГэВ, 8 ТэВ

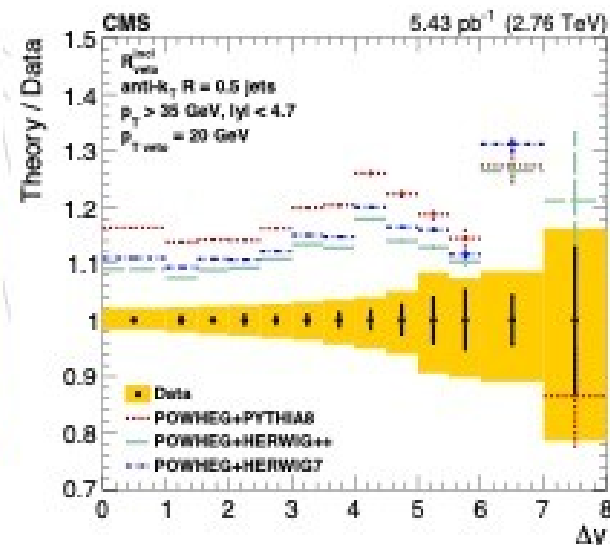
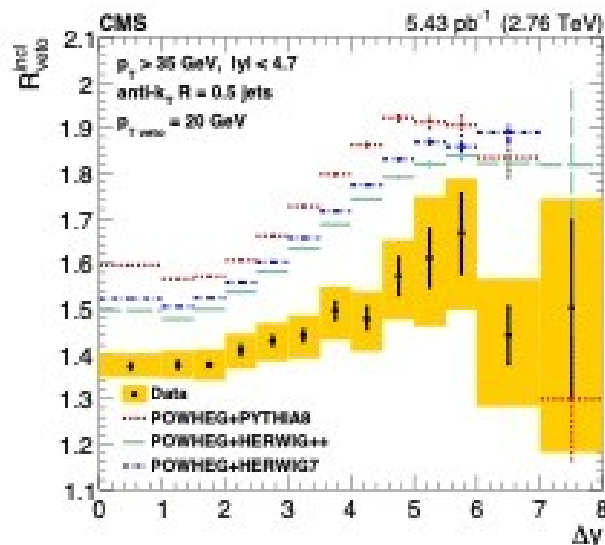
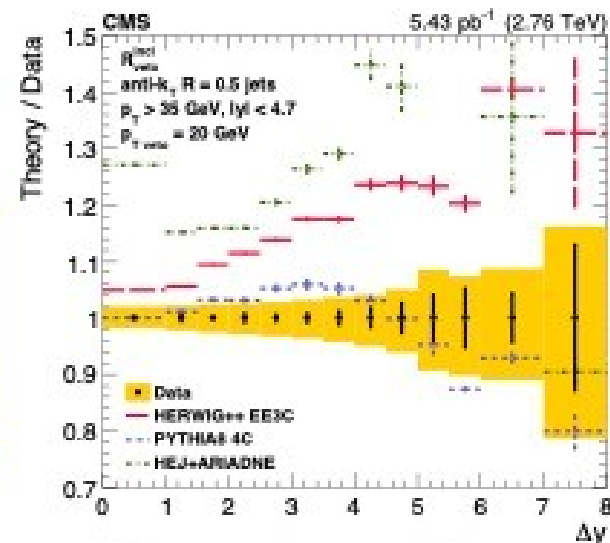
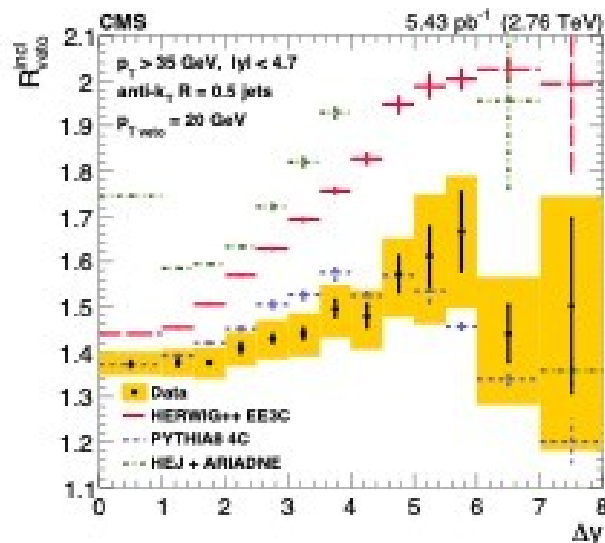
- LHC 13 ТэВ:

CMS: Eur. Phys. J. C 78 (2018) 589 измерение в адронных соударениях сечение процесса электрослабого образования Z-бозона при 13 ТэВ  
 $\sigma(\ell\ell JJ) = 534 \pm 20$  (стат.)  $\pm 57$  (сист.) Фб,  $m_{JJ} > 120$  ГэВ, 13 ТэВ

“Study of dijet events with large rapidity separation in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}= 2.76$  TeV”  
arXiv:2111.04605

Направлена в печать

2-струйный «К-фактор» (с вето на дополн. струи и без):  
Получены новые указания на проявление БФКЛ-эффектов





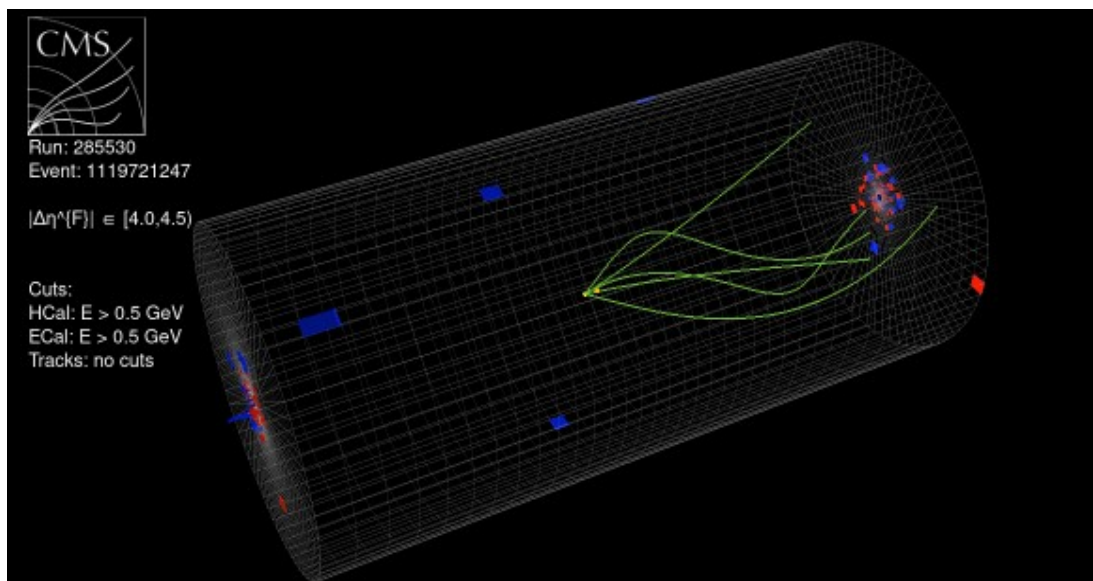


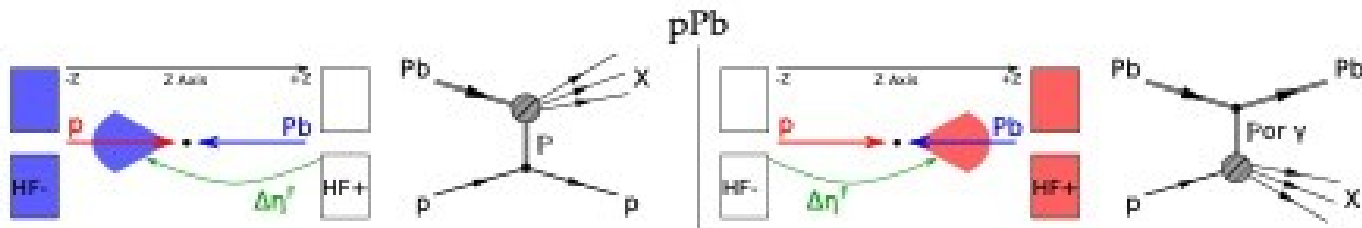
## Дифракционные процессы на ядрах при энергиях ЛHC

**CMS+TOTEM pA data 2016    8 ТэВ    NN c.m.s.**

Первое измерение на БАК    CMS PAS-18-019 (2020)

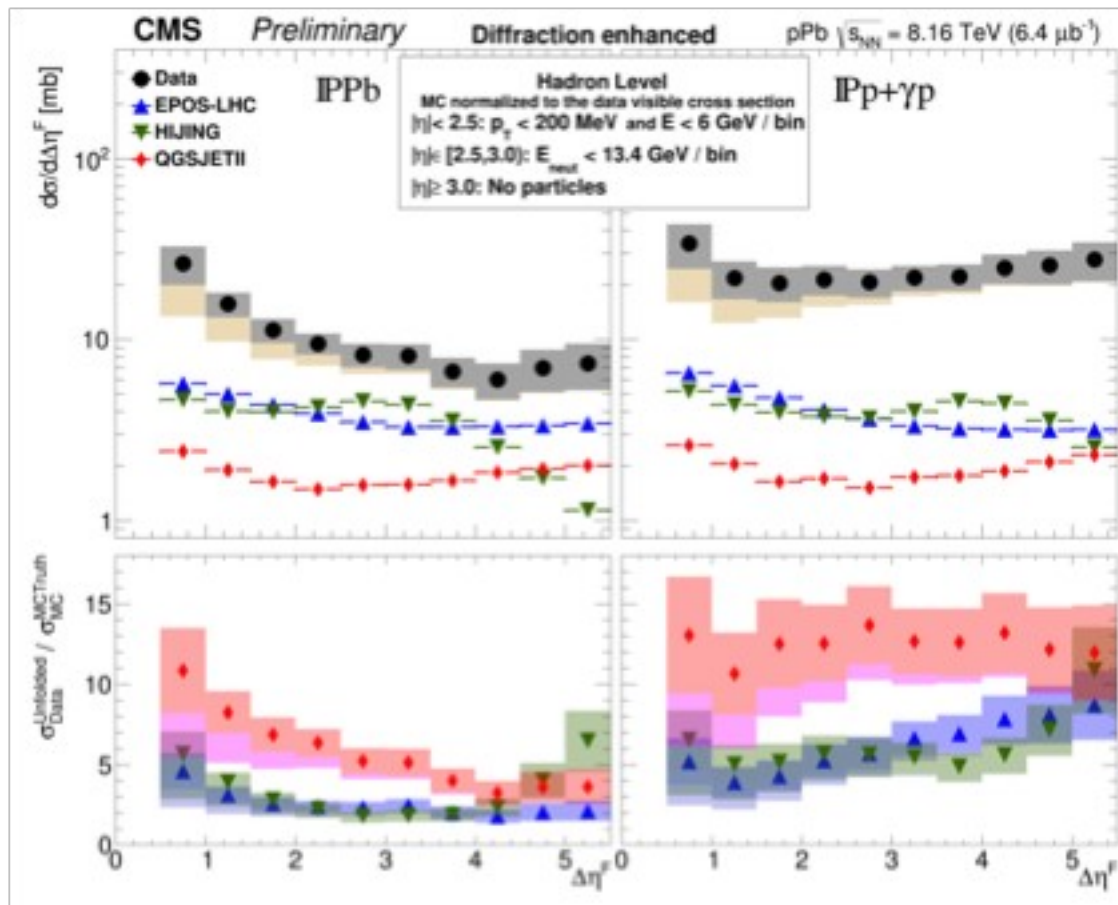
Предыдущие измерения при энергиях менее чем 300 раз ( 400 ГэВ fixed target)





CMS PAS-18-019 (2020)

Ультрапериферические pA-соударения:  
 наряду с померонным обменом требуется  
 учет значительного вклада  
 фотонного обмена !





# Анализ данных: статус

ПИЯФ @CMS physics

- **Dijets:**  
К-фактор 7 ТэВ: EPJ C 72 (2012) 22  
  
К-фактор с вето 2.76 ТэВ: направлено в печать  
8 ТэВ: завершение анализа  
13 ТэВ: продолжается анализ
- азимутальные декорреляции 7 ТэВ: JHEP 08 (2016) 139  
13 ТэВ: продолжается анализ
- **EWK Z** 7 ТэВ: JHEP 10 (2013) 062  
8 ТэВ: EPJ C 75 (2015) 066  
13 ТэВ: EPJ C 78 (2018) 589  
полные данные Run2: продолжается анализ
- **CMS+TOTEM/PPS**  
дифракция в pA 8 ТэВ: завершение анализа
- **бозон Хиггса при больших pT на HL-LHC: продолжается**



**Все CMS Phase-2 Upgrade TDR завершены**

**ПИЯФ:**

**1) Система высоковольтного питания (BB) CSC  
ME1/1**

**- В.Л. Головцов, Л.Н. Уваров**

**Системы высоковольтного питания (BB) CSC  
ME2345/1**

**2) Исследование радиационной стойкости и  
и оптимизация газовых смесей CSC на GIF+**

**- Е.В. Кузнецова и др.**

**3) Исследования газовых смесей для CSC**

**– Г.Е. Гаврилов и др.**

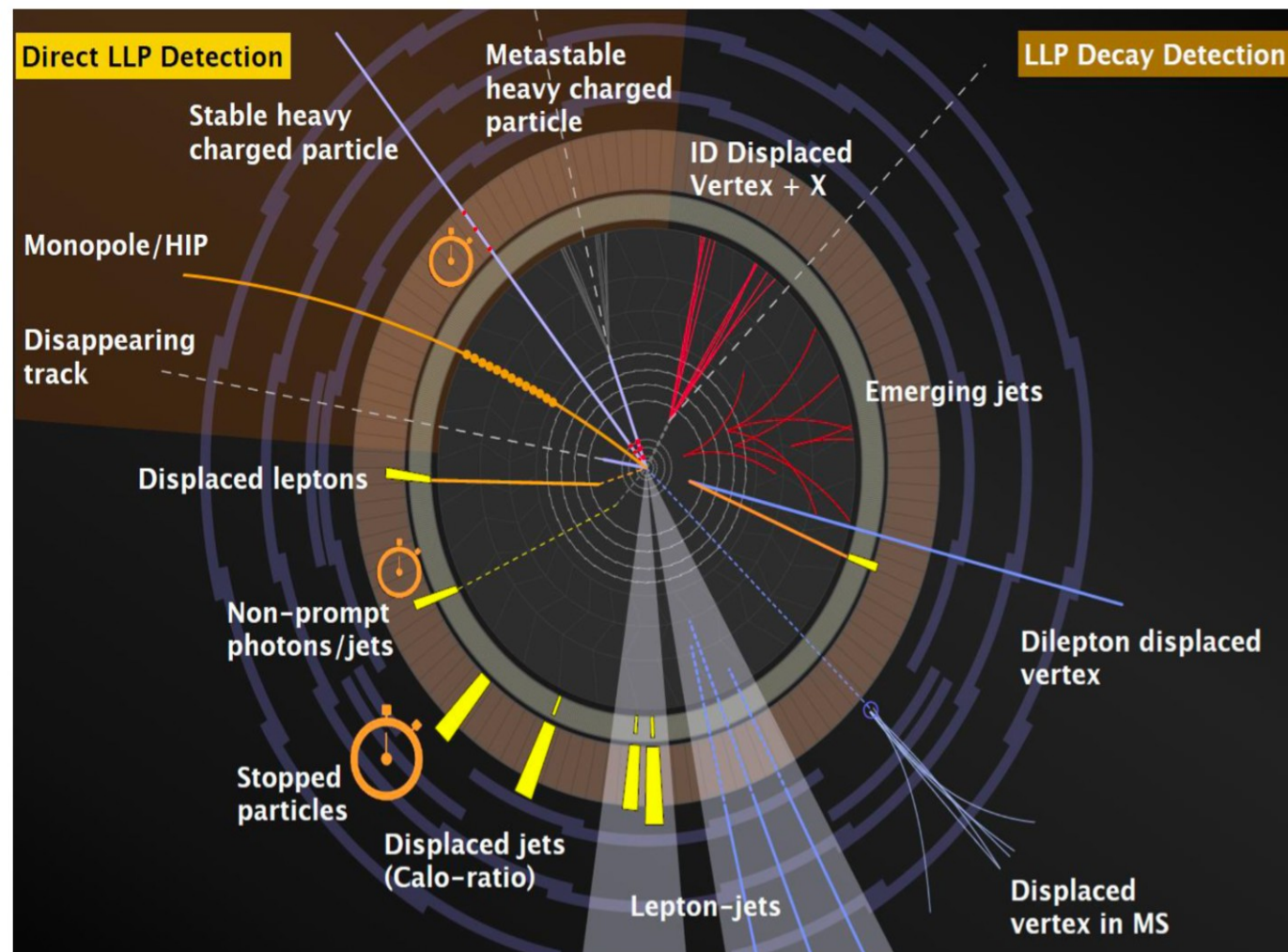
**финансирование МОН?**

Some BSM models predict long-lived particles decaying away from the interaction point.

- Leads to unique and challenging signatures.
- Measure **timing** or **displacement** information for an object.

Many searches at Runs 1&2.

At HL-LHC, new Phase2 tracking and timing detectors, along with extended detector coverage and sensitivity will allow a wider diversity and reach.



# Заключение ПИЯФ @CMS

**RUN 2: анализ данных**

**RUN 3: подготовка**

**HL-LHC: модернизация и физика**

**RUN 3 и HL-LHC: новые уникальные возможности!**

