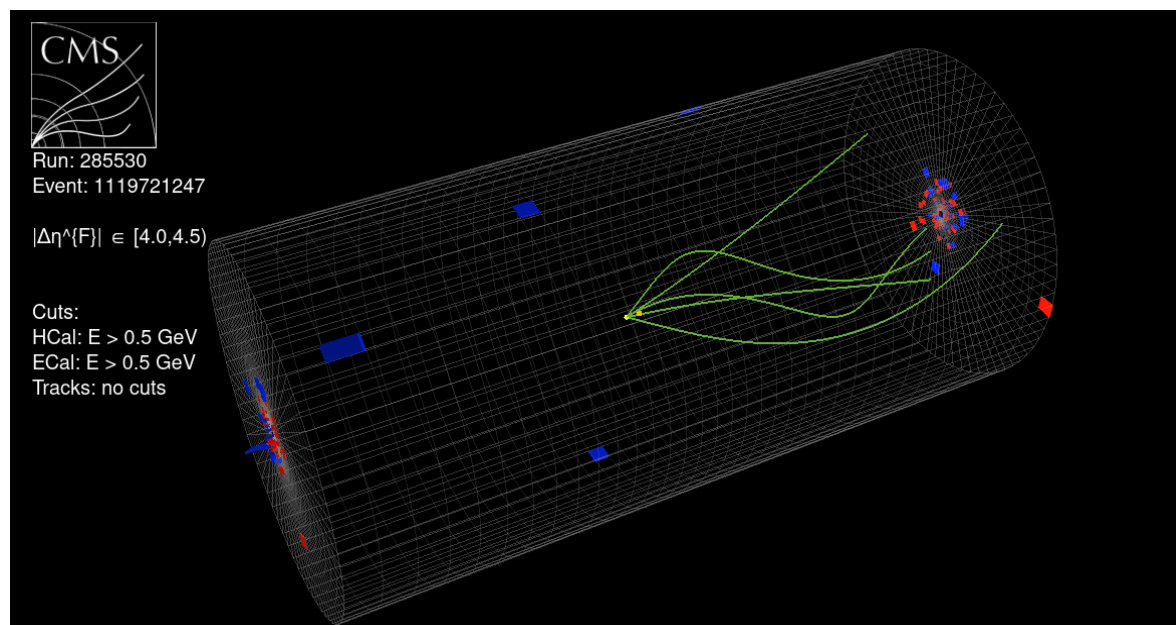
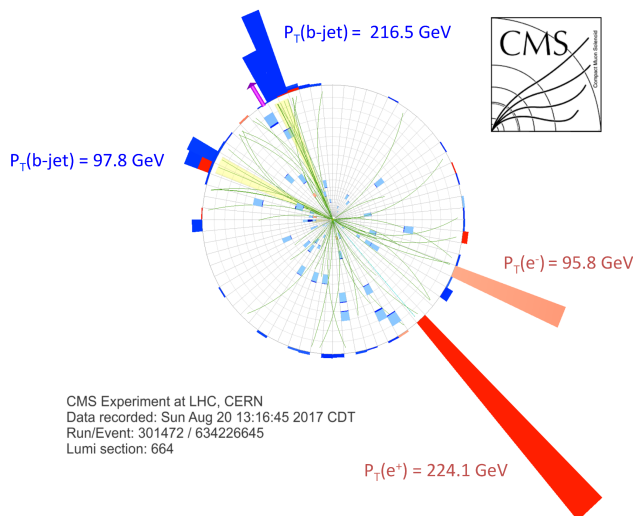


В.Т. Ким

ОФВЭ НИЦ КИ - ПИЯФ
Сессия Ученого Совета
24-27 декабря 2019





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 асп. СПбГУ

С.А. Насыбулин асп. ПИЯФ

Ю.М. Иванов

В.А. Сулимов

П.М. Левченко

В.Л. Головцов

Л.Н. Уваров

Г.Е. Гаврилов

Л.А. Щипунов

С.С. Волков

С.А. Вавилов

Н.А. Грузинский

В.И. Яцюра

...

ПИЯФ: основные направления в CMS

- асимптотические БФКЛ-эффекты в струйных процессах
- бозон Хиггса при больших p_T
- электрослабое образование резонансов (VBF)
- тяжелые резонансы в многоструйных событиях
- дифракционные процессы

1.01.2010 - 24.12.2019

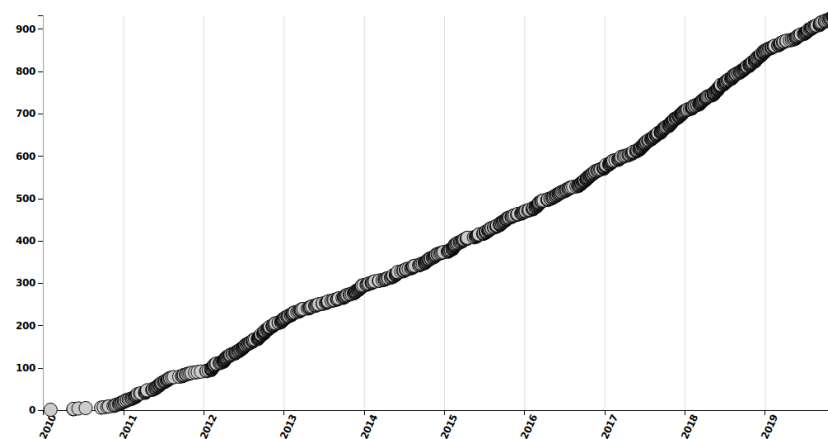
2019: > 100 статей

RUN 2: > 370 статей

CMS:
968 статей по физике
включая посланные в печать

№ 1000 2020?

collider data papers submitted vs time



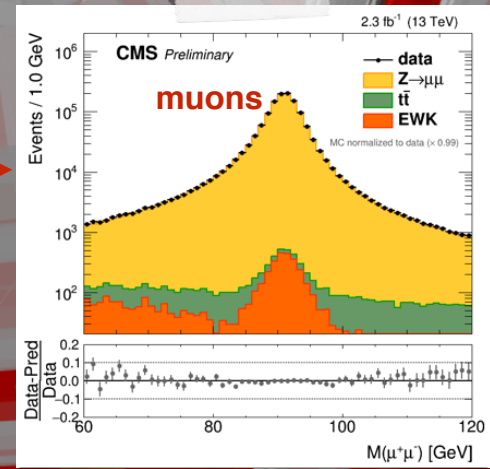
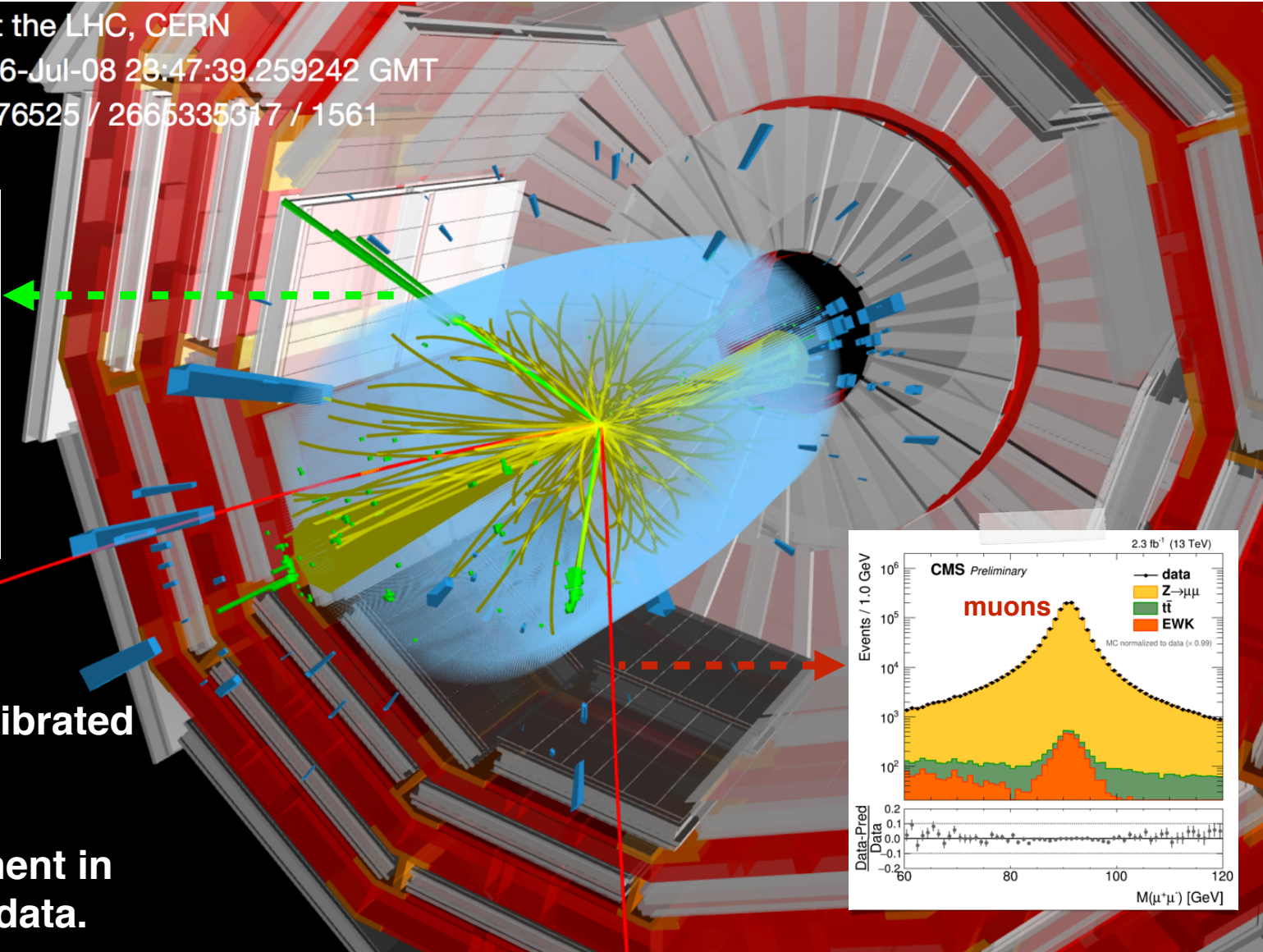
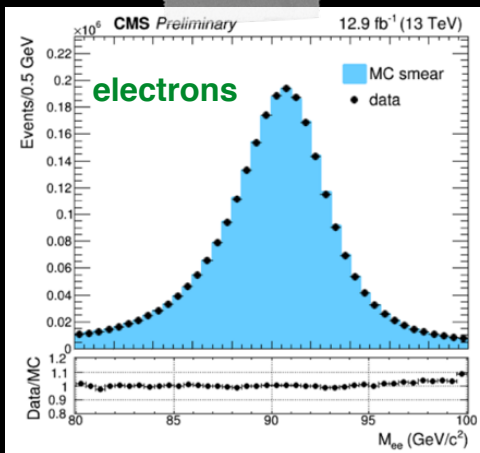
CMS: великолепный прибор!



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.

Основные задачи БАК:

- Проверка и уточнение Стандартной Модели
- Поиски Новой Физики за пределами Стандартной Модели

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$$

$$+ i \bar{\Psi} \not{D} \Psi + h.c.$$

$$+ \bar{\Psi}_i y_{ij} \Psi_j \phi + h.c.$$

$$+ |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

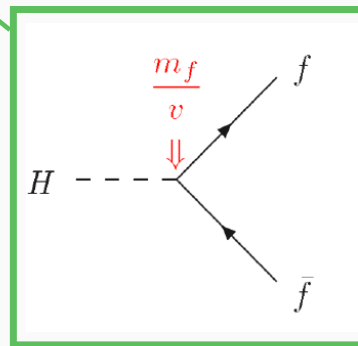
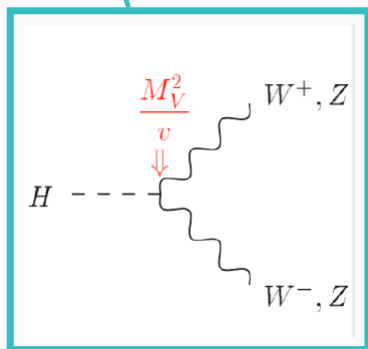
In the SM, the Higgs mechanism provides masses to bosons and fermions

- Higgs boson discovery in 2012 opens a whole new sector of the Lagrangian
- Yukawa couplings not required by EWSB
 \Rightarrow ad-hoc solution to generate fermion masses

Main questions to answer

- Is the SM structure of the Lagrangian correct?
- Are the values of the couplings as predicted in the SM?

\Rightarrow Broad programme at the LHC



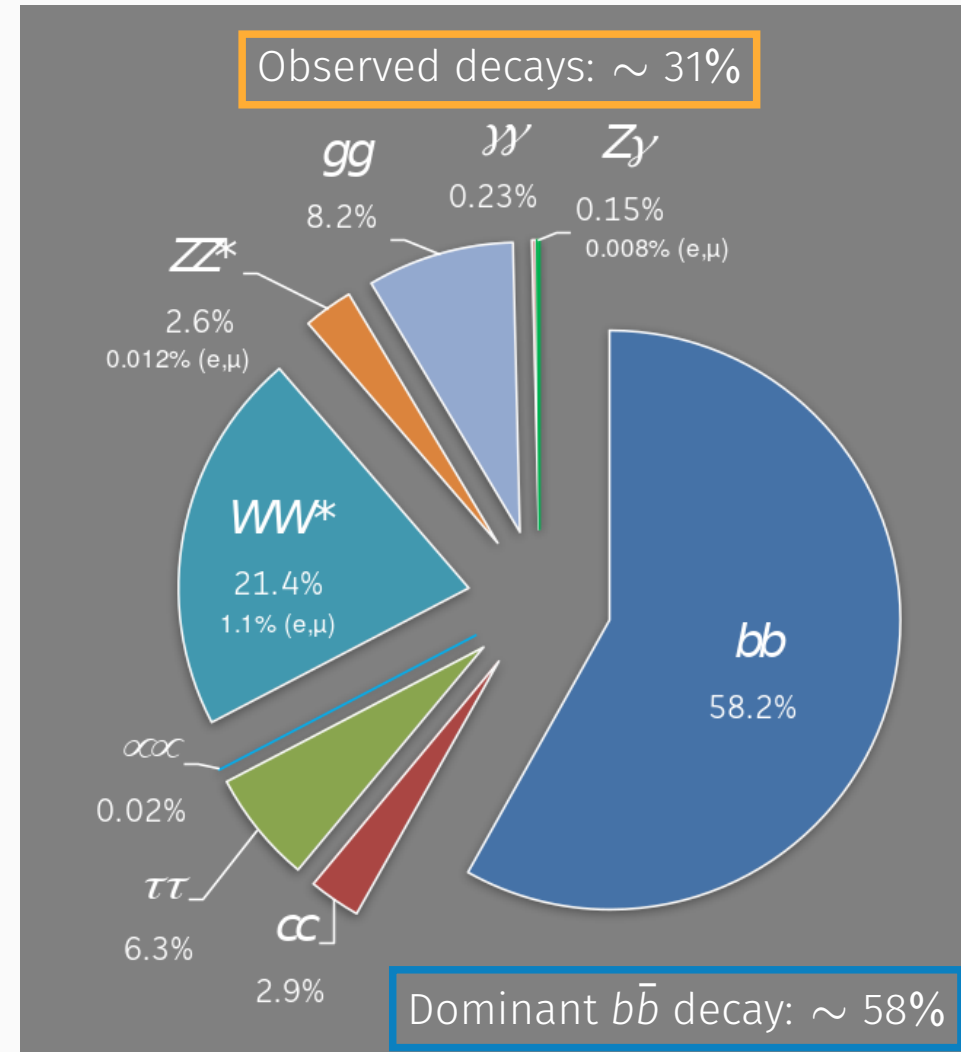
Higgs boson branching ratios

The Higgs boson couples to mass

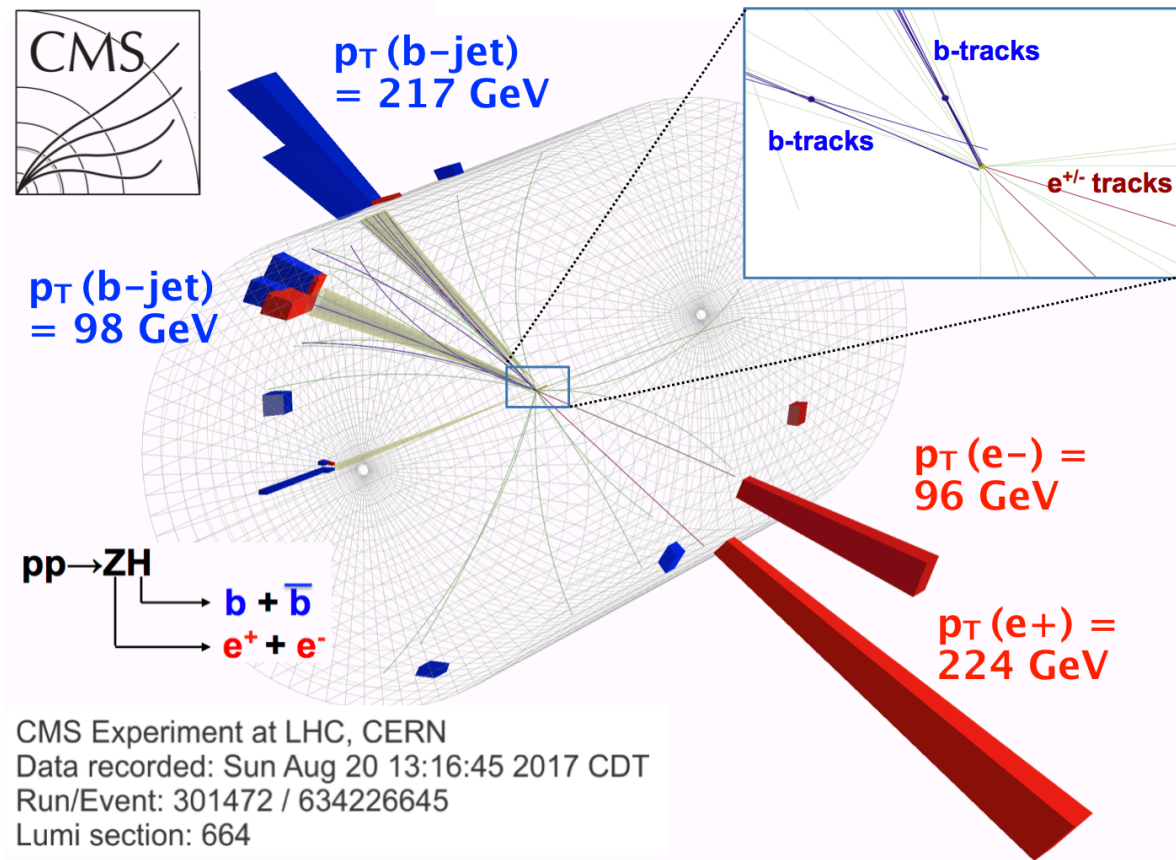
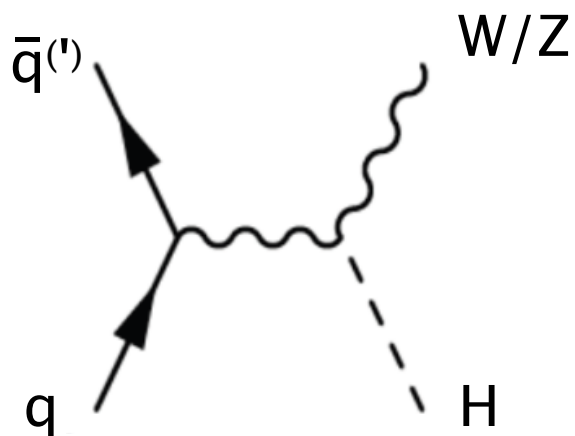
- ⇒ Many decay modes accessible at the LHC
- ⇒ $b\bar{b}$ largest BR $\sim 58\%$
- ⇒ Coupling to $\gamma\gamma$ or gg through loops

$H \rightarrow b\bar{b}$ and Higgs boson couplings

- Total width not directly measurable at the LHC
 - ⇒ Only coupling ratios truly model-independent
- Hypothesis of SM structure of the loops and no BSM decays
 - ⇒ $b\bar{b}$ largest BR: drives total width, thus measurements of absolute couplings
- If BSM particles allowed in loops and decays
 - ⇒ Measuring $H \rightarrow b\bar{b}$ limits BSM branching fraction allowed



Channel	Date
$H \rightarrow \tau\tau$	May 2017
$pp \rightarrow ttH$	Apr 2018
$H \rightarrow bb, pp \rightarrow VH$	Aug 2018

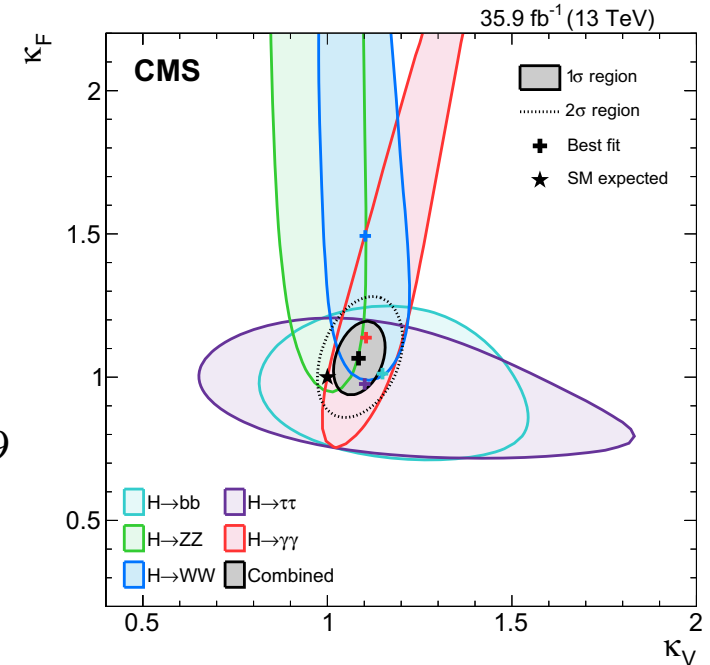


Сечение образования бозона Хиггса СМ и вероятности его распадов

Полное сечение образования, измеренное в эксперименте CMS и вероятности каналов распада $H \rightarrow ZZ, WW, \gamma\gamma, \tau\tau, bb$:

$$\sigma_H = 61.1 \pm 6.0(\text{stat}) \pm 3.7(\text{syst}) \text{ pb} \quad \text{PLB 972 (2019) 369}$$

$$\text{сила сигнала } \mu = 1.17 \pm 0.10 \quad \text{Eur.Phys.J. C 79 (2019) 421}$$

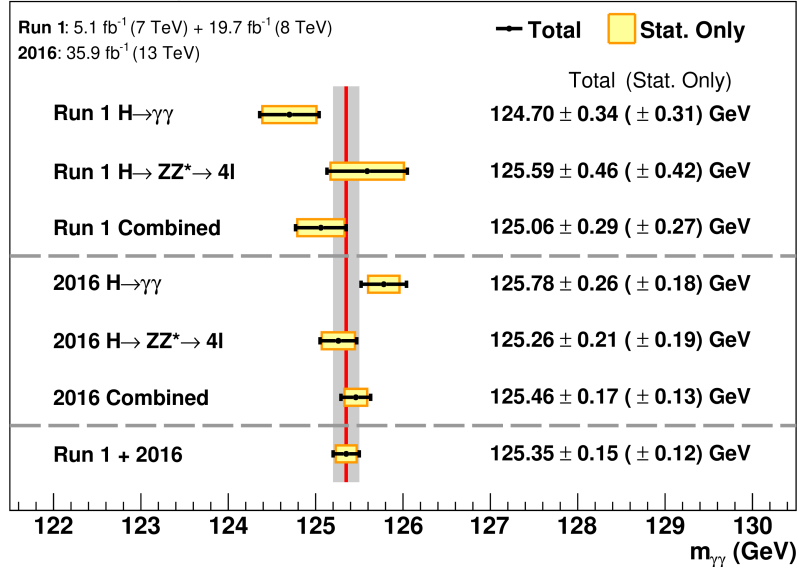


Улучшение точности почти в два раза

Согласие в пределах достигнутой точности с СМ

На данный момент наиболее точное измерение массы бозона Хиггса $< 0.1\%$!

CMS Preliminary



$H \rightarrow \gamma\gamma$
 $H \rightarrow 4l$

Run 1 + Run 2(2016)

$$m_H = 125.35 \pm 0.12 \text{ (stat)} \pm 0.09 \text{ (sys)}$$

$$= 125.35 \pm 0.15$$

CMS PAS-HIG-19-004 (2019)



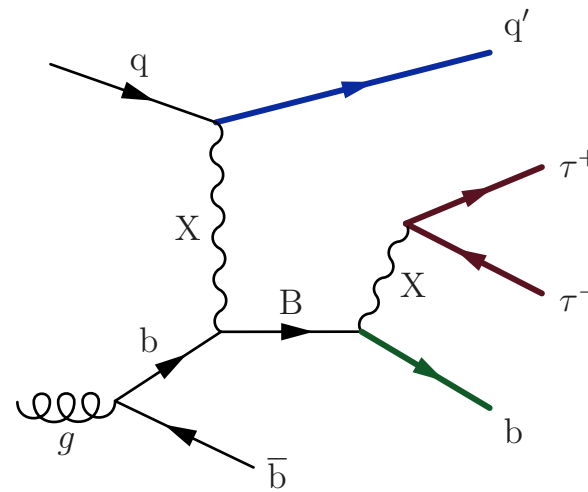
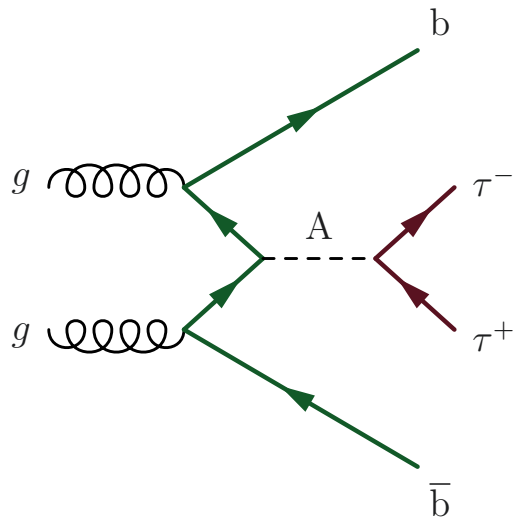
CERN-EP-2019-215 (2019)
ArXiv: [hep-ex] 1910.12127

$$\text{Br} (B_s^0 \rightarrow \mu\mu) = [2.9^{+0.07}_{-0.6} (\text{exp}) \pm 0.2 (\text{frag})] \times 10^{-9}$$

$$\text{Br} (B^0 \rightarrow \mu\mu) < 3.6 \times 10^{-10}$$

Нет отклонений от СМ в пределах ошибок
(пока обработано менее половины данных)

CMS: JHEP 05 (2019) 210

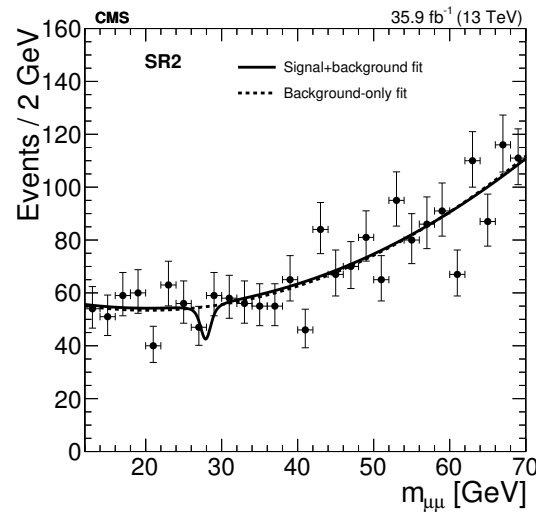
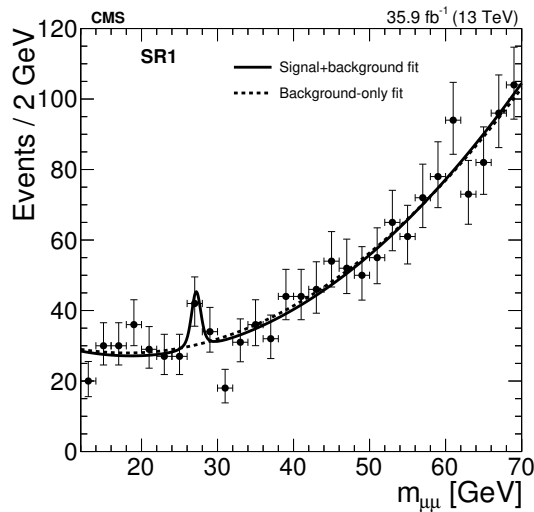
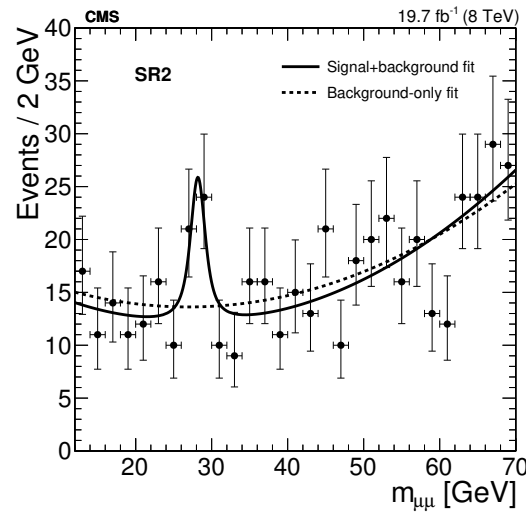
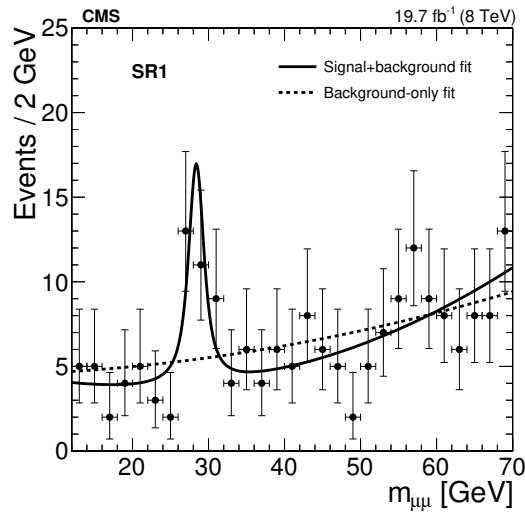


ditau resonance 28 GeV

SR1 (+ 2.0 σ):
associated b-jet: central
additional jet: forward

SR2 (- 1.4 σ):
associated b-jet: central
additional jet: central

CMS: JHEP 11 (2018) 161



dimuon resonance 28 GeV

SR1:
associated b-jet: central
additional jet: forward

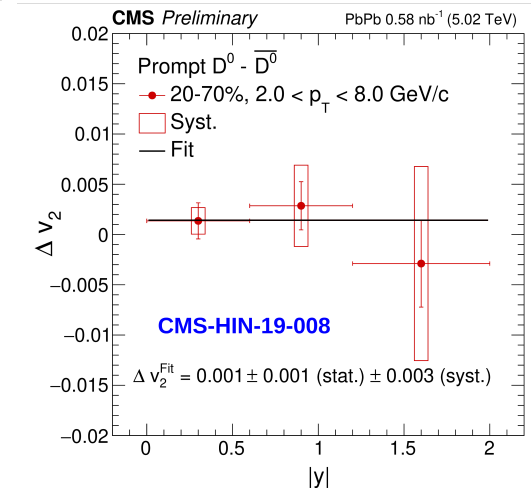
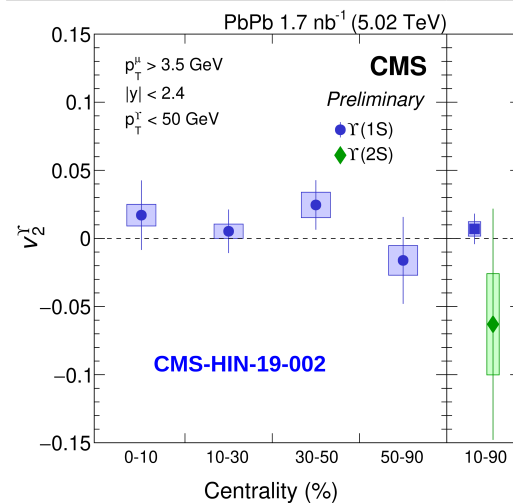
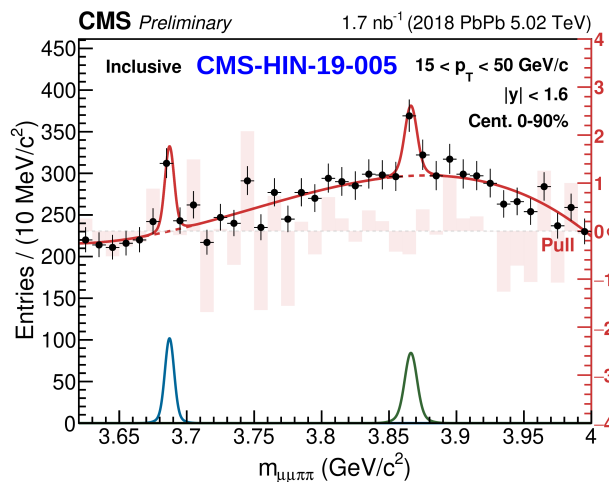
SR2:
associated b-jet: central
additional jet: central

Event category	SR1 Additional forward jet	SR2 Additional central jet
m_X (GeV)	28.4 ± 0.6	28.2 ± 0.7
$\Gamma_{\mu\mu}$ (GeV)	1.9 ± 1.3	1.9 ± 1.1

\sqrt{s} (TeV)	8		13	
Event category	SR1	SR2	SR1	SR2
Local significance (s.d.)	4.2	2.9	2.0	1.4 deficit
m_X (GeV)	28.3 ± 0.4		27.2 ± 0.6	
$\Gamma_{\mu\mu}$ (GeV)	1.8 ± 0.8		0.7 ± 1.0	
N_S	22.0 ± 7.6	22.8 ± 9.5	14.5 ± 9.3	-14.9 ± 10.1
N_S observed upper limit at 95% CL	40.4	44.7	36.9	32.2
N_S expected upper limit at 95% CL	18.3	27.6	27.6	35.6
$\varepsilon^{\text{reco}}$	0.27 ± 0.01		0.28 ± 0.01	
Integrated luminosity, \mathcal{L} (fb^{-1})	19.7 ± 0.5		35.9 ± 0.9	
σ_{fid} (fb)	4.1 ± 1.4	4.2 ± 1.7	1.4 ± 0.9	-1.5 ± 1.0
Observed upper limit at 95% CL (fb)	7.6	8.4	3.7	3.2
Expected upper limit at 95% CL (fb)	3.4	5.2	2.7	3.5

11 preliminary results released for Quark Matter 2019 (4 with the 1.7 nb^{-1} 2018 dataset)

- First evidence for $X(3872)$ in PbPb collisions (through $J/\psi\pi\pi$ decay)
- Elliptic flow (v_2) for $\Upsilon(1S, 2S)$ as a function of centrality, p_T
 - First measurement for $\Upsilon(2S)$: $-0.063 \pm 0.085(\text{stat}) \pm 0.037(\text{syst})$.
- Elliptic flow difference (Δv_n) for D^0/\bar{D}^0
 - Electromagnetic field in the medium can in principle lead to $\Delta v_n \neq 0$



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

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.) ± 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.) ± 57 (сист.) Фб, $m_{JJ} > 120$ ГэВ, 13 ТэВ

Total of ~110/fb collected in Run 2 !

Several analyses ongoing:

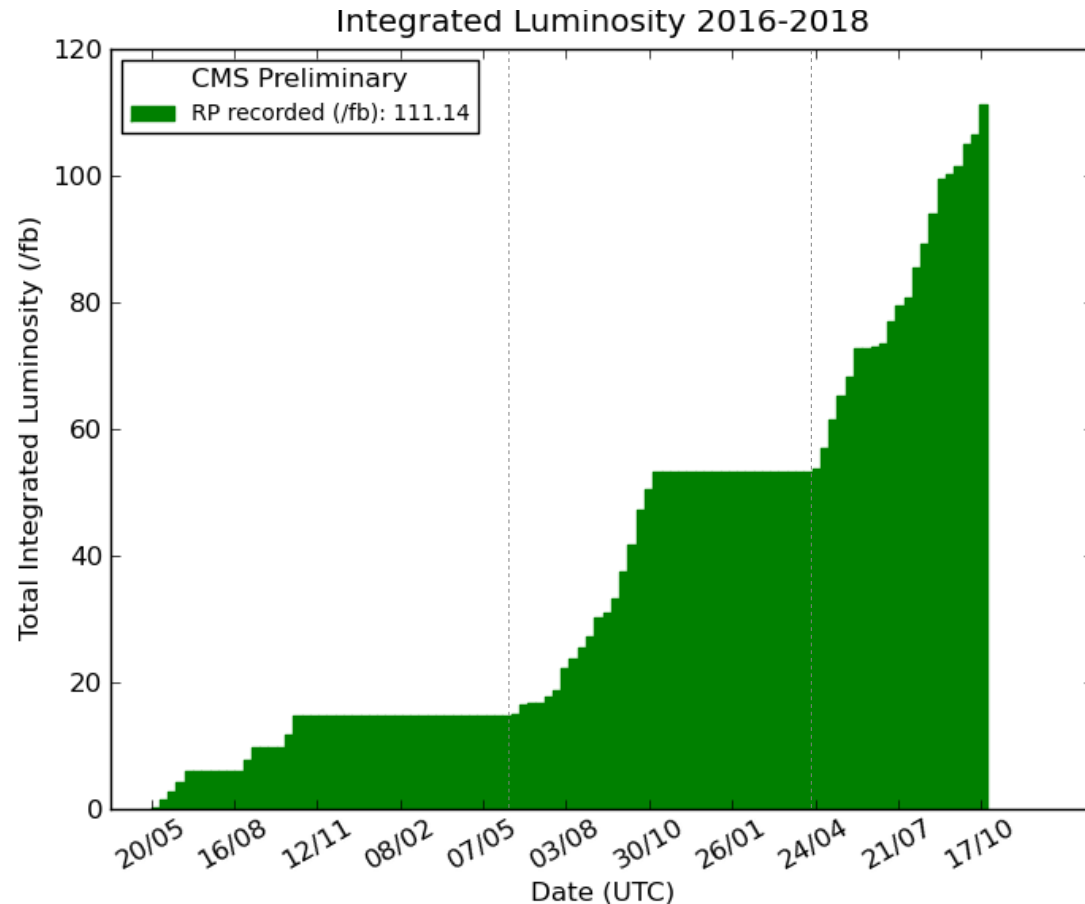
Central (semi)exclusive production of high mass lepton pairs

Anomalous Quartic Gauge Couplings

Central production of $\gamma\gamma$, WW , ZZ , γZ , $t\bar{t}$

Missing mass searches

Search for axion-like particles

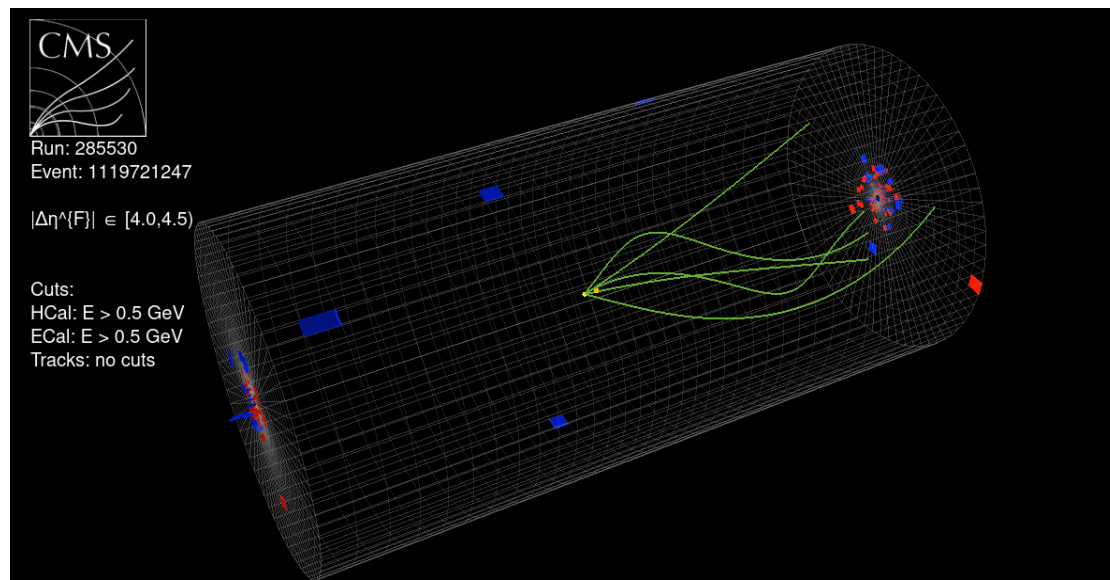


Дифракционные процессы на ядрах при энергиях LHC

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

Первое измерение на БАК

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



Заклучение

ПИЯФ @CMS physics

- **Dijets:**
 - К-фактор** 7 ТэВ: EPJ C 72 (2012) 22
 - К-фактор с вето** 2.76 ТэВ: завершение анализ
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

