

# Эксперимент АТЛАС

## Физические результаты

Ю.Г. Нарышкин

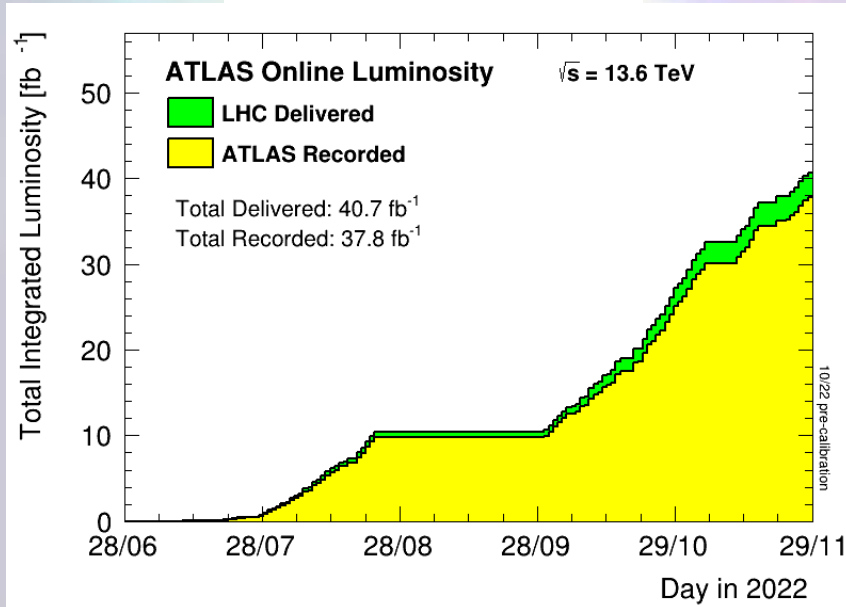
Научная сессия ОФВЭ ПИЯФ, 21.12.2022



# ATLAS operations 2022

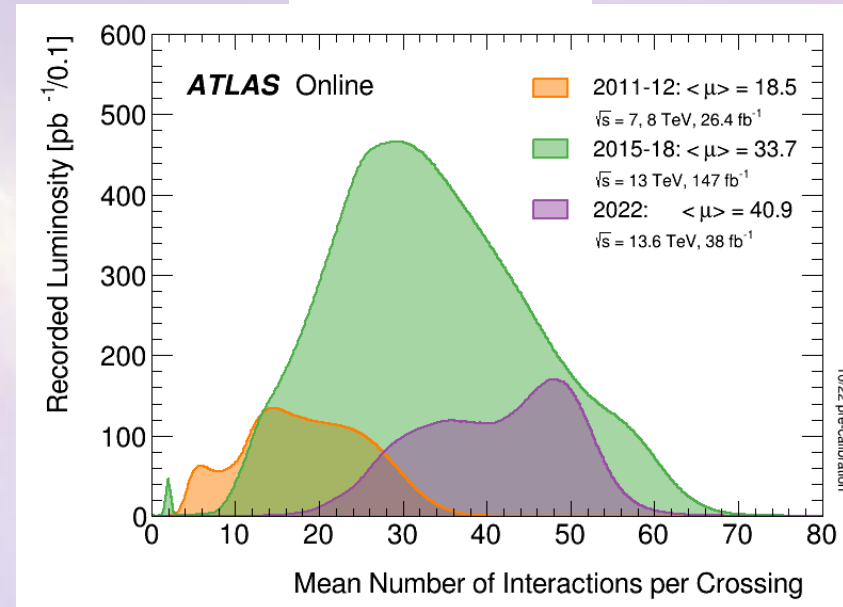


## Luminosity 2022



	Lumi (fb <sup>-1</sup> )	Percent
Physics Beams Del.	40.68	100.0%
ATLAS Ready Del.	40.31	99.1%
ATLAS Ready Rec.	37.77	92.8%
Del. after Warmstop	0.01	0.0%

## pileup 2022



Peak Stable Lumi	2.53x10 <sup>34</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
Peak $\langle \text{Events} \rangle / \text{BX}$	73.4
Avg $\langle \text{Events} \rangle / \text{BX}$	44.6

**Successful start of the data taking in Run 3!**



# Физическая программа эксперимента АТЛАС.

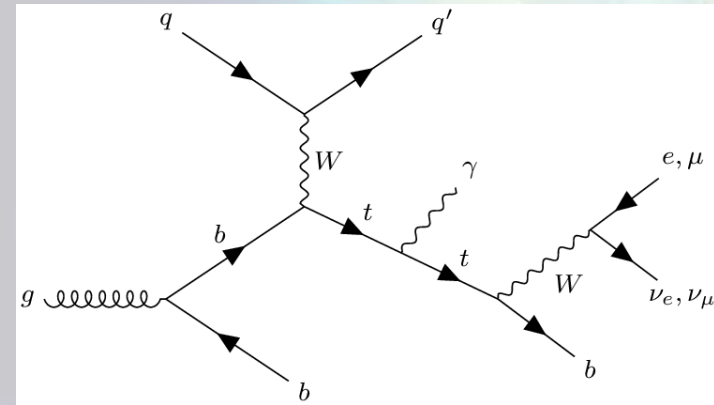


## Основные направления исследований:

- Стандартная модель
- Свойства Бозона Хиггса
- Физика топ кварка
- Физика  $b$ - кварка
- Физика тяжелых ионов
- Суперсимметрия
- Экзотика: темная материя, дополнительные измерения, микроскопические черные дыры и т.д.

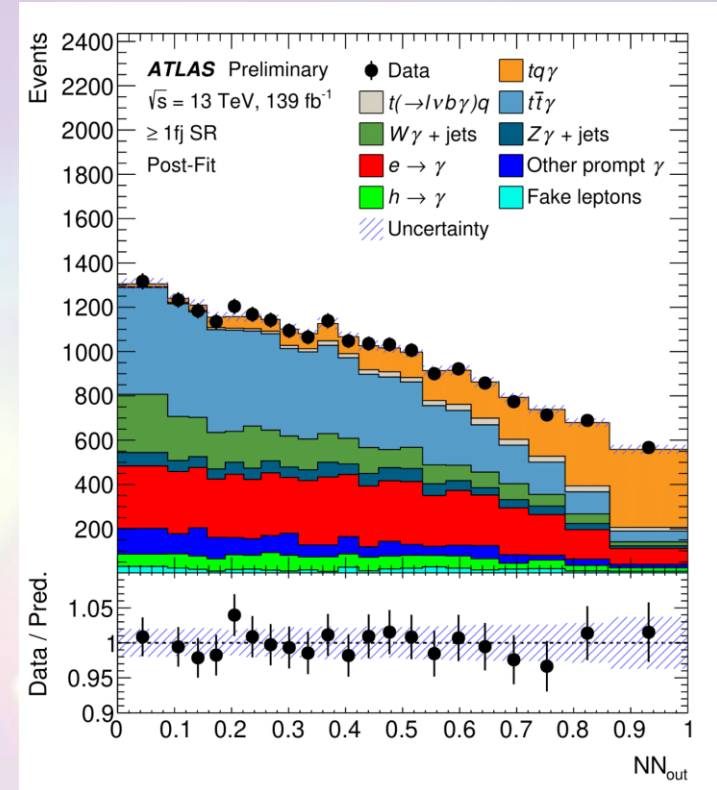


# First observation of rare associated single-top photon production



- Associated single top-quark productions are rare processes predicted by the SM
- probe the top-quark electroweak couplings
- These processes play a role in constraining non-resonant contributions of physics BSM

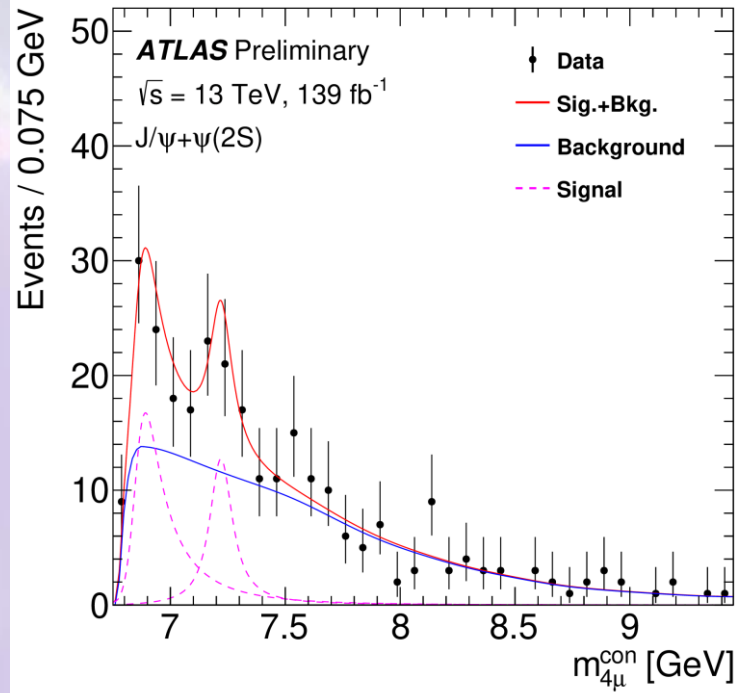
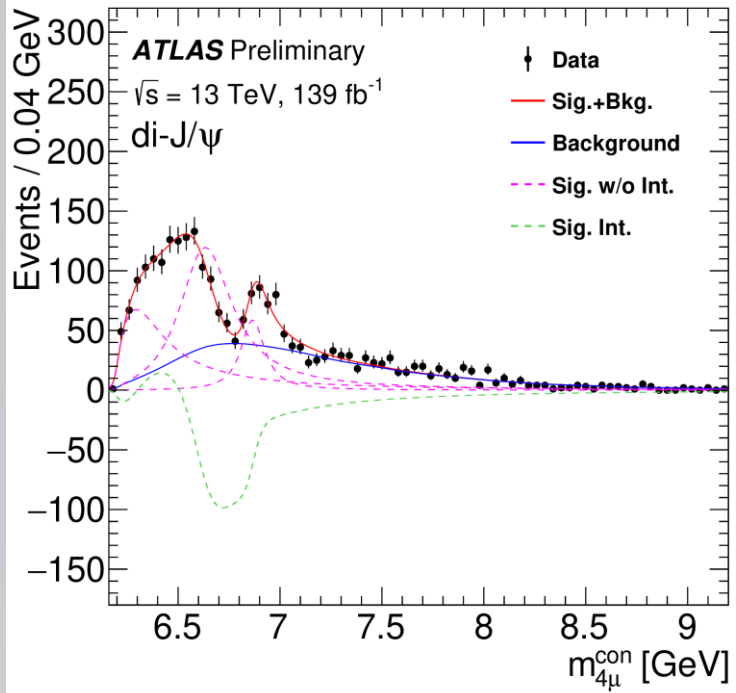
- The analysis uses the presence of a forward jet, characteristic of t-channel production, and separates the signal from the background with neural networks.
- **Statistical significance is  $9.1\sigma$**
- Fiducial cross section is measured to be  $580 \pm 19$  (stat.)  $\pm 63$  (syst.) fb
- Standard Model prediction of  $406^{+25}_{-32}$  fb.



ATLAS-CONF-2022-013,  
 56<sup>th</sup> Rencontres de Moriond 2022



# Observation of potential four-charm tetraquark



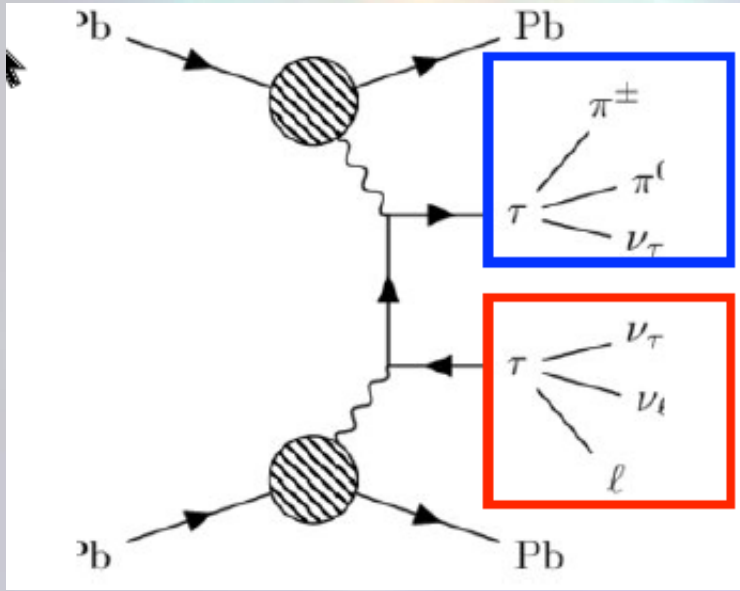
- A search for potential  $cc\bar{c}\bar{c}$  tetraquarks decaying into a pair of charmonium (LHC).
- Two different decay channels studied:  
 $T_{cc\bar{c}\bar{c}} \rightarrow J/\psi J/\psi \rightarrow 4\mu$   
 $T_{cc\bar{c}\bar{c}} \rightarrow J/\psi \psi(2S) \rightarrow 4\mu$
- Various backgrounds to the resonance searches are estimated based on a hybrid approach involving both Monte Carlo simulations and data-driven methods.

- Statistically significant excesses are seen in the di- $J/\psi$  channel consistent with a narrow resonance at 6.9 GeV and a broader structure at lower mass.
- A statistically significant excess ( $4.6\sigma$ ) is also seen in the  $J/\psi+\psi(2S)$  channel.

ATLAS-CONF-2022-040



# Observation of the $\gamma\gamma \rightarrow \tau\tau$ process in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ TeV



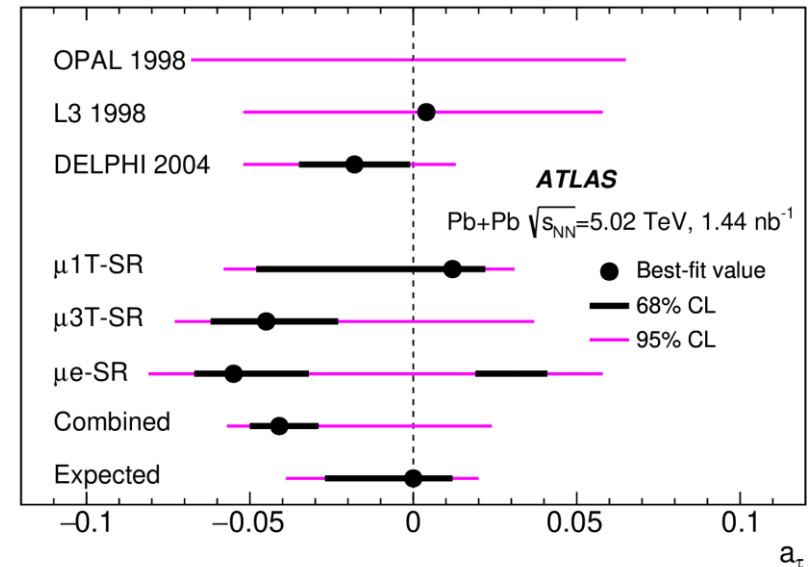
- $\tau$ -lepton pair production in ultraperipheral collisions,  $\text{Pb}+\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}(\gamma\gamma \rightarrow \tau\tau)$ ,
- Constraints on the  $\tau$ -lepton anomalous magnetic moment,  $a_\tau$ .
- The dataset corresponds to an integrated luminosity of  $1.44 \text{ nb}^{-1}$  of LHC Pb+Pb collisions at  $\sqrt{S_{NN}}=5.02$  TeV recorded by the ATLAS in 2018.
- Selected events contain one muon from a  $\tau$ -lepton decay, an electron or charged-particle track(s) from the other  $\tau$ -lepton decay, little additional central-detector activity, and no forward neutrons.

The  $\gamma\gamma \rightarrow \tau\tau$  process is observed in Pb+Pb collisions with a significance  $5\sigma$ , and a signal strength of  $\mu_{\tau\tau} = 1.04^{+0.06}_{-0.05}$  assuming the Standard Model value for  $a_\tau$ .

The observed 95% confidence-level interval for  $a_\tau$  are:

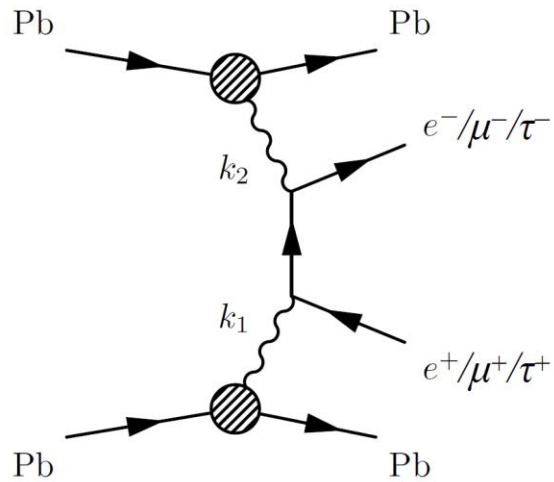
$$a_\tau \in (-0.057, 0.024)$$

(CM:  $0.00117721(5)$ , DELPHI:  $-0.018 \pm 0.017$ )

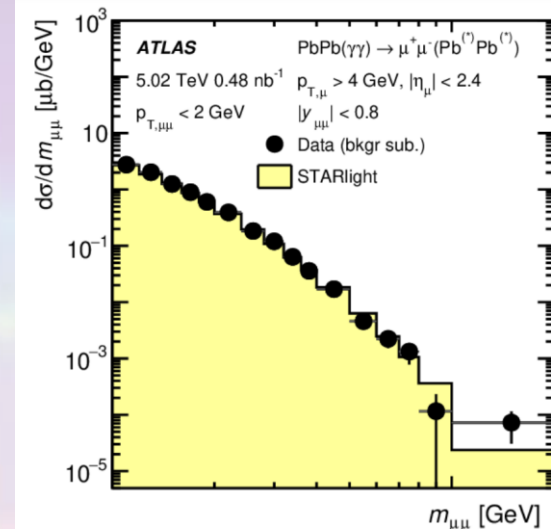




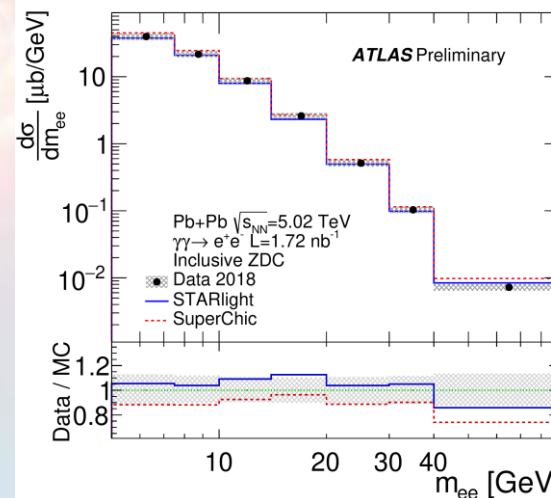
# Exclusive dielectron and dimuon productions in ultraperipheral Pb+Pb collisions at $\sqrt{S_{NN}} = 5.02$ TeV



- Measurement of the cross-section of  $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$  ( $\mathcal{L}_{int} = 1.72 \text{ nb}^{-1}$ ) and  $\gamma\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-$  ( $\mathcal{L}_{int} = 0.48 \text{ nb}^{-1}$ ) production of ultraperipheral Pb+Pb collision data at  $\sqrt{S_{NN}} = 5.02$  TeV.
- provide valuable **constrains** for theoretical approaches in the modeling of the **initial photon flux** and its dependence on the **impact parameter** and photon energy



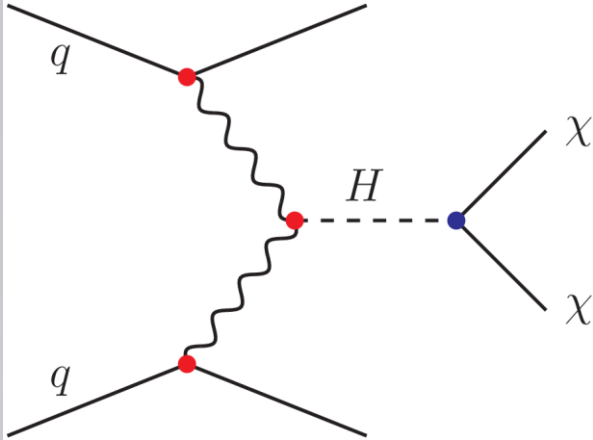
- The integrated cross-section in the fiducial region, is measured to be:
  - $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$   $215 \pm 1(\text{stat.})_{-20}^{+23}(\text{syst.}) \pm 4(\text{lumi.}) \mu\text{b}$
  - $\gamma\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-$   $34.1 \pm 0.3(\text{stat}) \pm 0.7(\text{syst.}) \mu\text{b}$ .
- Within experimental uncertainties the data are in good agreement with the QED predictions from Starlight v3.13 and SuperChic v3.05.



Phys.Rev.C 104 (2021) 024906, arXiv:2207.12781 (Submitted to JHEP)

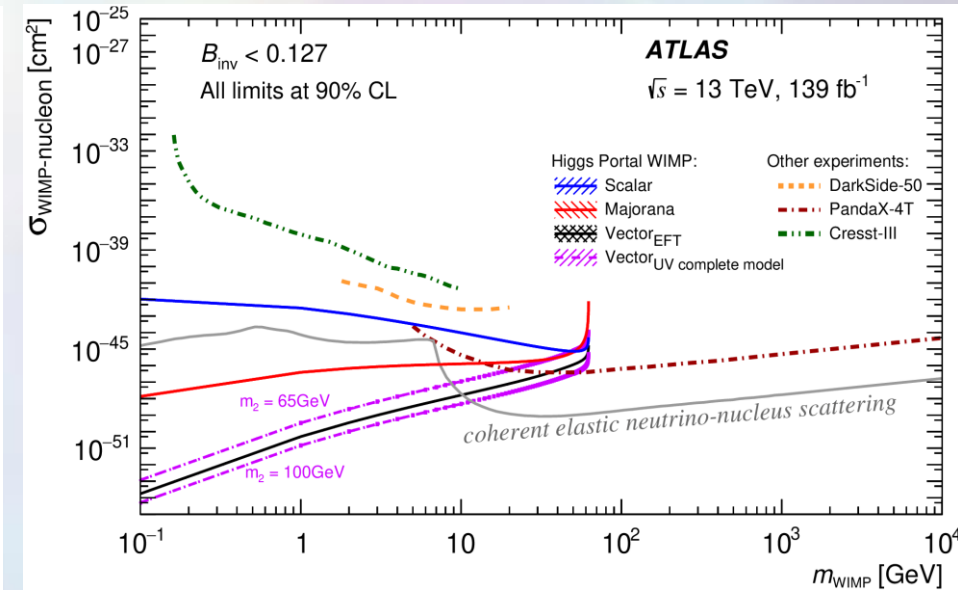
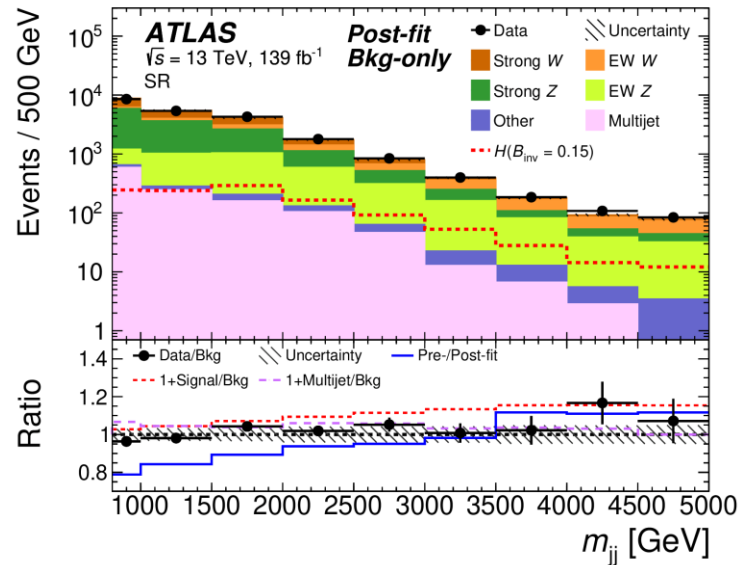


# Search for invisible Higgs-boson decays in events with vector-boson fusion signatures



- In SM invisible Higgs decay:  $BR(H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\nu) \sim 0.1\%$
- a deviation can be sensitive to BSM contribution
- Model "Higgs Portal" (Higgs decay to WIMPs)
- VBF+MET channel
- Look for excess at high  $m_{jj}$

- Analyzed full Run 2 data, Lumi  $139 \text{ fb}^{-1}$
- No deviation from SM prediction was found
- Observed upper limit:  $BR(h \rightarrow \text{inv}) = 0.145$  (expected  $0.103^{+0.041}_{-0.028}$ )
- Comparison with direct searches was done







# Участие ПИЯФ В физической программе эксперимента АТЛАС



- **Физика топ кварков**

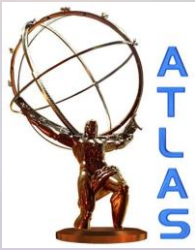
- Измерение коэффициентов спиновой матрицы плотности в парном рождении  $t\bar{t}$
- Проверка квантовой запутанности в процессе парного рождения  $t\bar{t}$  (Quantum Entanglement)

- **Физика за пределами Стандартной модели (BSM):**

- поиски новых "невидимых" каналов распада бозона Хиггса  $SM$  ("Higgs portal" model)
- поиски магнитных монополей

Руководитель - О.Л. Федин

В.П. Малеев, С.Г. Барсов, Ю.Г. Нарышкин, В.А. Щегельский, А.Е. Ежилов, М.П. Левченко, Д. Пуджа, М.В. Покидова, О.В. Лосева



# H → inv combinations: Full Run2

- Model "Higgs Portal"
- Limits for H → inv BR obtained with different Higgs production channels
- The purpose of the channel combination is to improve the sensitivity (upper limit)

\* VBF+MET

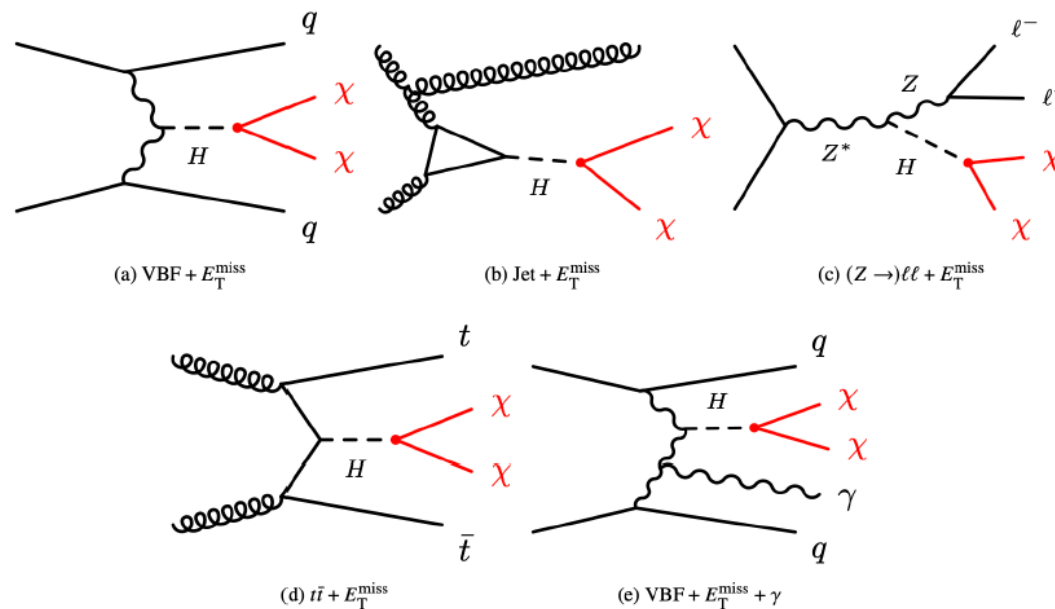
\* MET+Z(l)

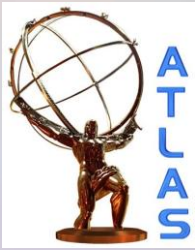
\* tt+MET

\* VBF+MET+γ

\* monojet

\* Run-1

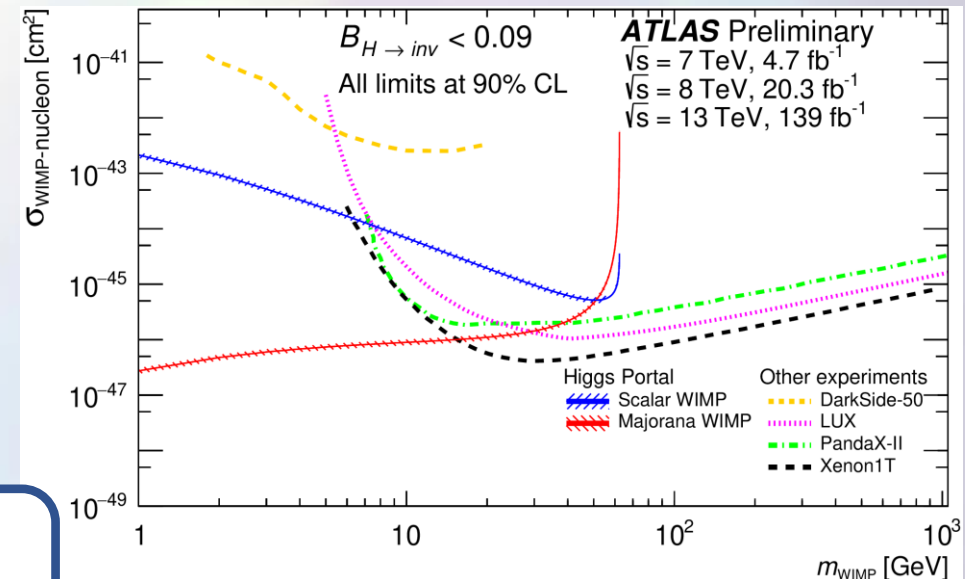
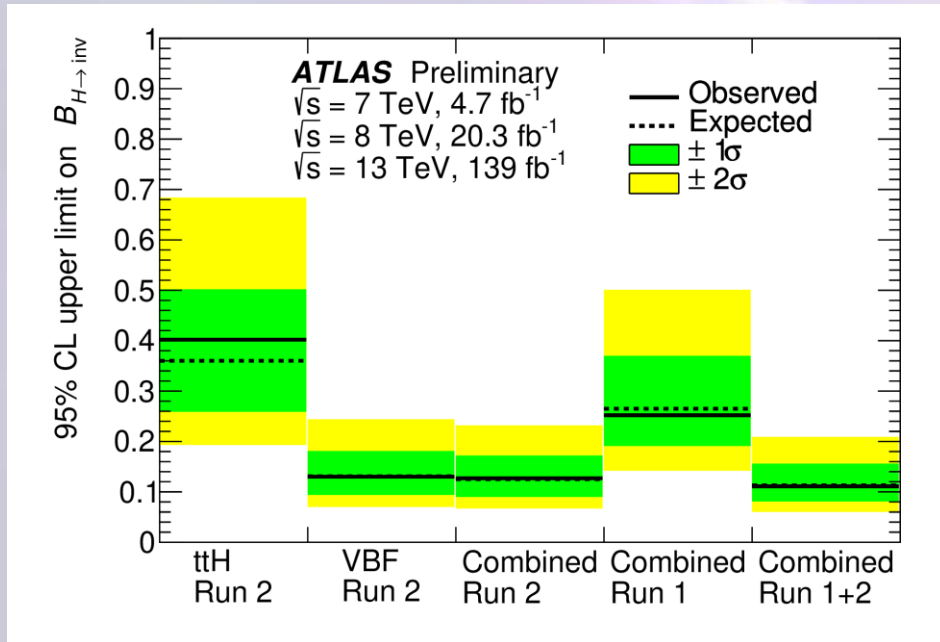




# H → inv combinations

- Z(ℓℓ)H , and W/Z(had)H
- H → invisible branching ratio of  $0.11(0.11^{+0.04}_{-0.03})$  full Run 2, limited number of channels

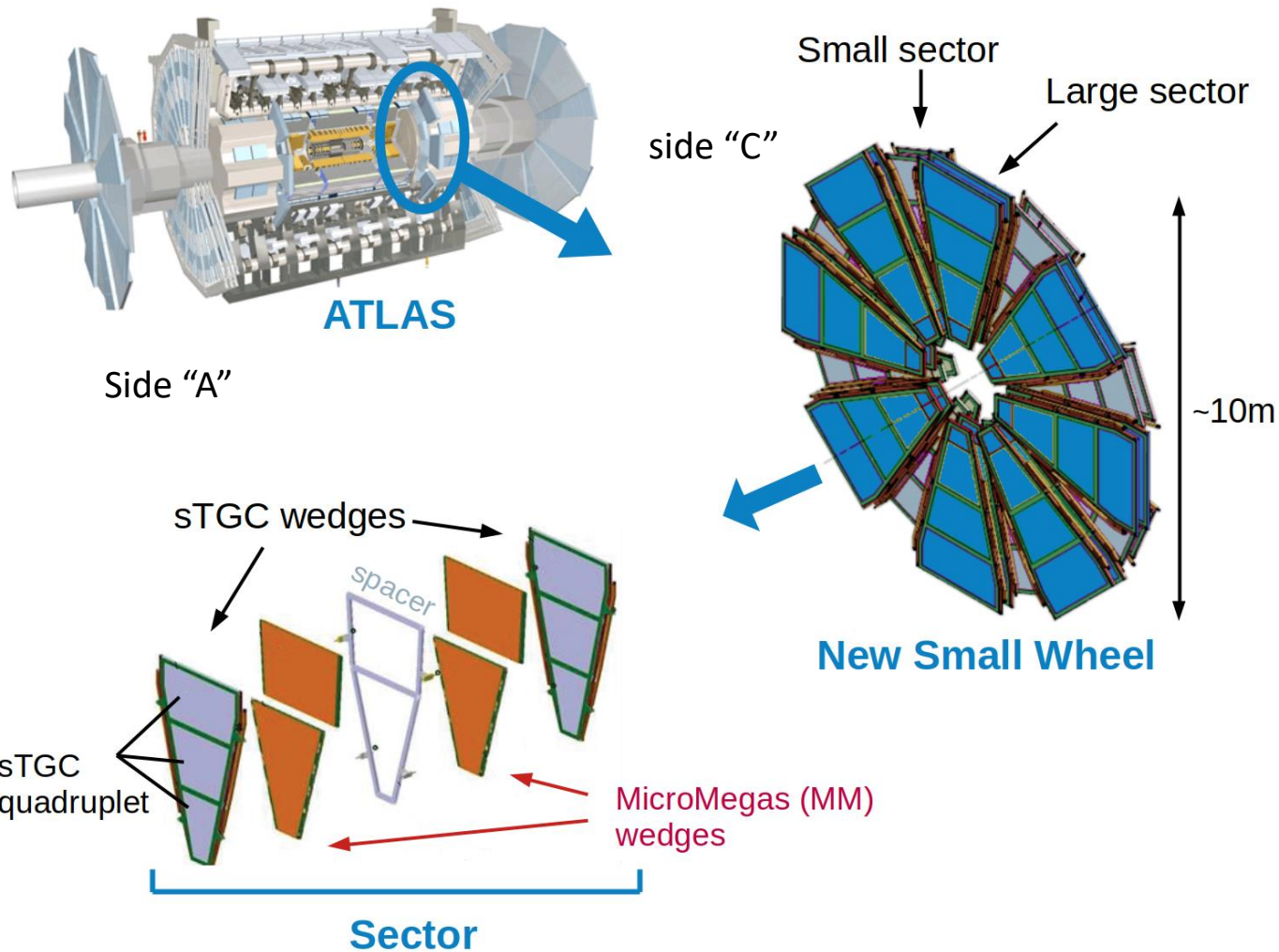
Analysis	$\sqrt{s}$ [TeV]	Int. luminosity [fb <sup>-1</sup> ]	Best fit $\mathcal{B}_{H \rightarrow inv}$	Observed upper limit	Expected upper limit
Run 2 VBF	13	139	$0.00^{+0.07}_{-0.07}$	0.13	$0.13^{+0.05}_{-0.04}$
Run 2 $t\bar{t}H$	13	139	$0.04^{+0.20}_{-0.20}$	0.40	$0.36^{+0.15}_{-0.10}$
Run 2 Comb.	13	139	$0.00^{+0.06}_{-0.07}$	0.13	$0.12^{+0.05}_{-0.04}$
Run 1 Comb.	7, 8	4.7, 20.3	$-0.02^{+0.14}_{-0.13}$	0.25	$0.27^{+0.10}_{-0.08}$
Run 1+2 Comb.	7, 8, 13	4.7, 20.3, 139	$0.00^{+0.06}_{-0.06}$	0.11	$0.11^{+0.04}_{-0.03}$



- Additional channels (VBF+MET+γ, mono-Z(ℓℓ), monojet) will be added to improve sensitivity
- At the moment analysis is in the approval stage



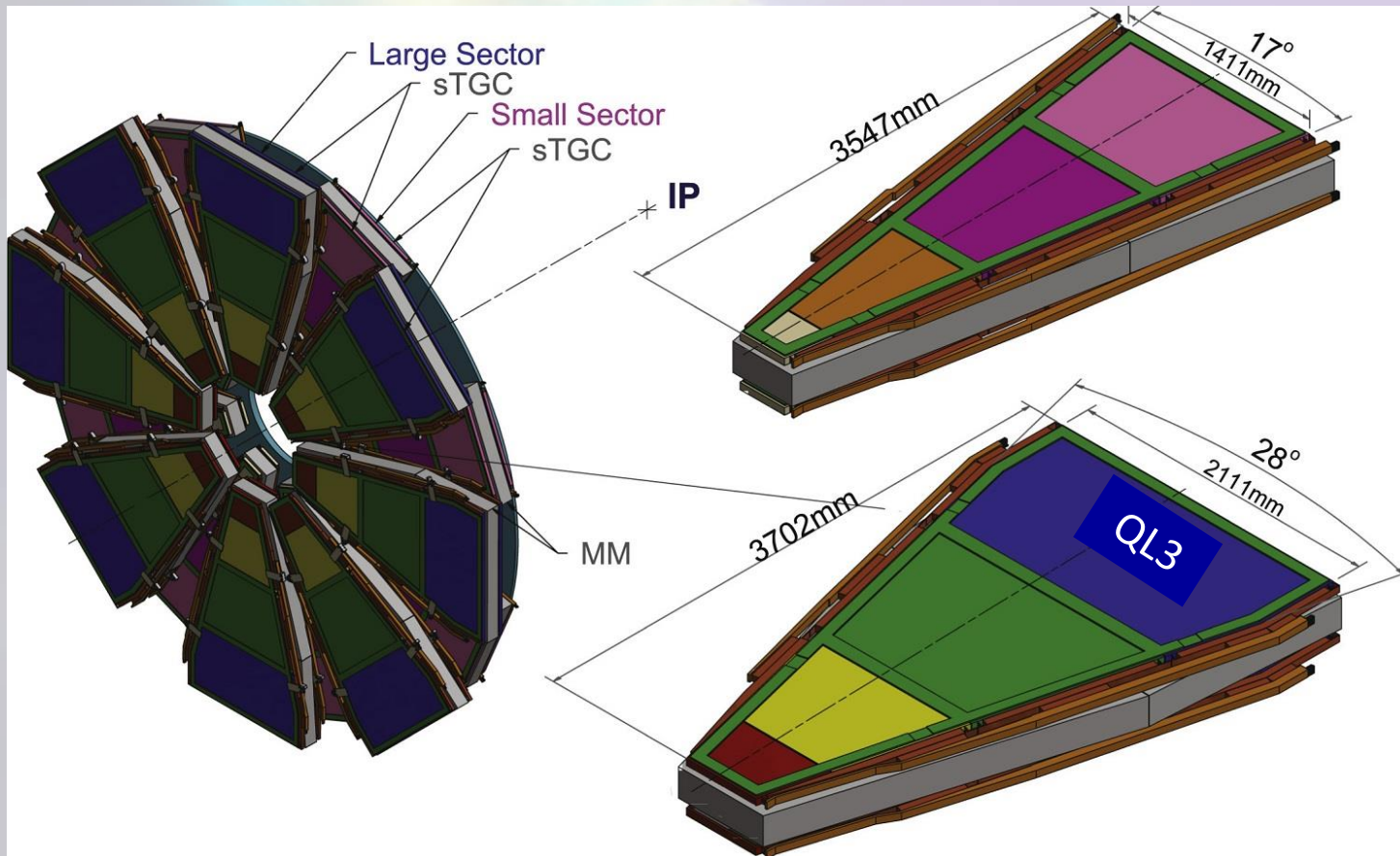
# Участие ПИЯФ в модернизации детектора АТЛАС



- ПИЯФ принимает участие в модернизации мюонной системы детектора АТЛАС.
- В рамках модернизации детектора АТЛАС во время LS2 была произведена замена малых мюонных дисков на новые NSW, основными компонентами которых являются тонко-зазорные камеры sTGC и микро-мегас ММ.
- NSW используются в мюонном триггере первого уровня L1 и при реконструкции треков мюонов



# Участие ПИЯФ в модернизации детектора АТЛАС



- В 2017-2020 гг. в ПИЯФ было изготовлено и протестировано 36 квадруплетов QL3, каждый из которых состоит из 4 тонкозазорных камер (Small-Strip Thin Gap Chambers - sTGC).
- sTGC камеры, изготовленные в ПИЯФ являются самыми большими (~2,1x1,2 м) среди всех типов камер в NSW.
- В 2020 году все 36 квадруплетов были отправлены в ЦЕРН, где проводилось их повторное тестирование и установка в детектор АТЛАС.



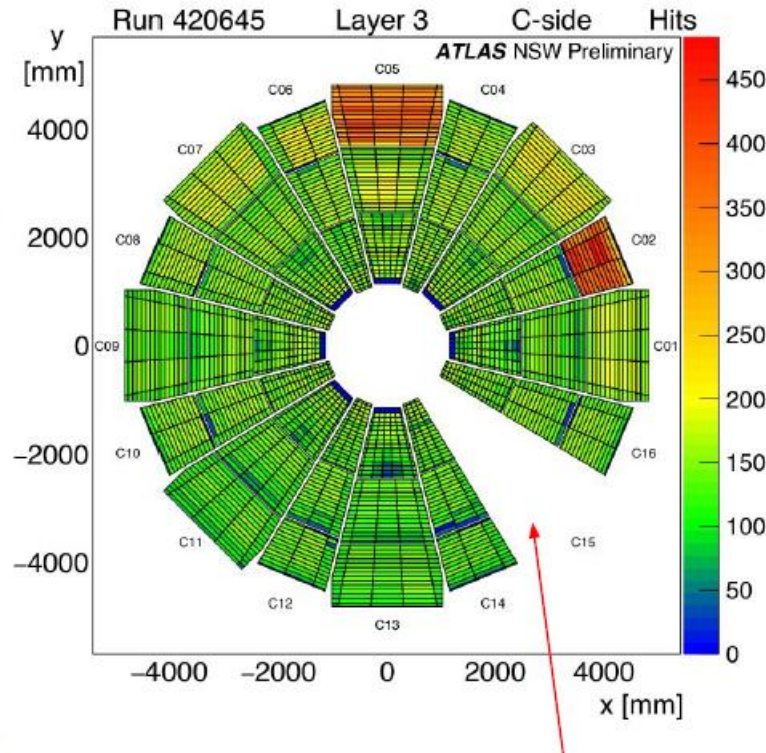
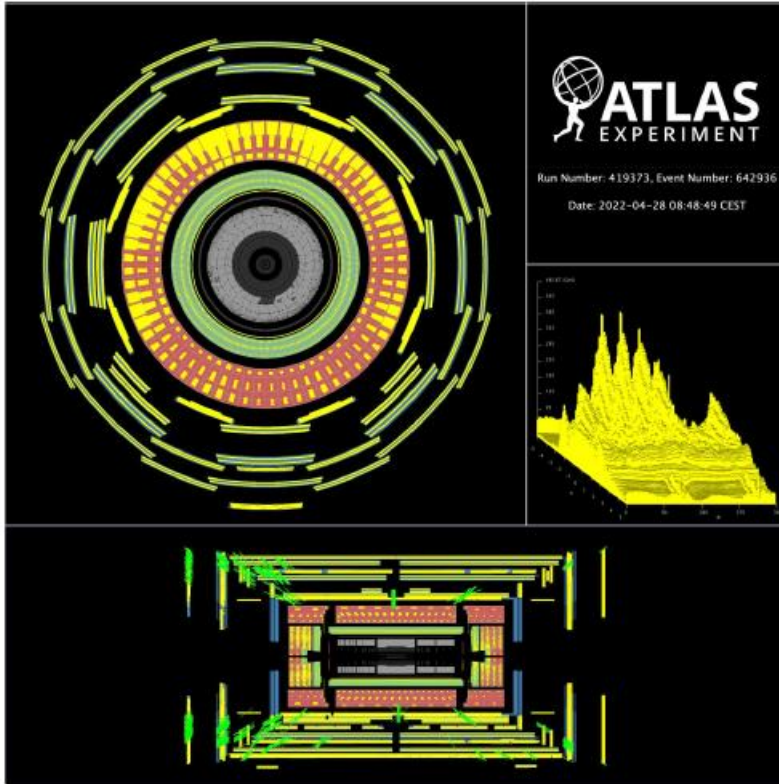
# NSW commissioning & performance



- В 2021 г. оба диска NSW "A" and "C" были установлены в детектор АТЛАС
- Набор данных в АТЛАСЕ в run 3 начался 5 июля, 2022 г.
- sTGC введены в эксплуатацию и используются при наборе данных
- Все 32 сектора NSW дисков "A" и "C" включены в DAQ
- В настоящее время проводятся работы по полной интеграции sTGC в DAQ, мюонный триггер и реконструкцию мюонов



# NSW performance

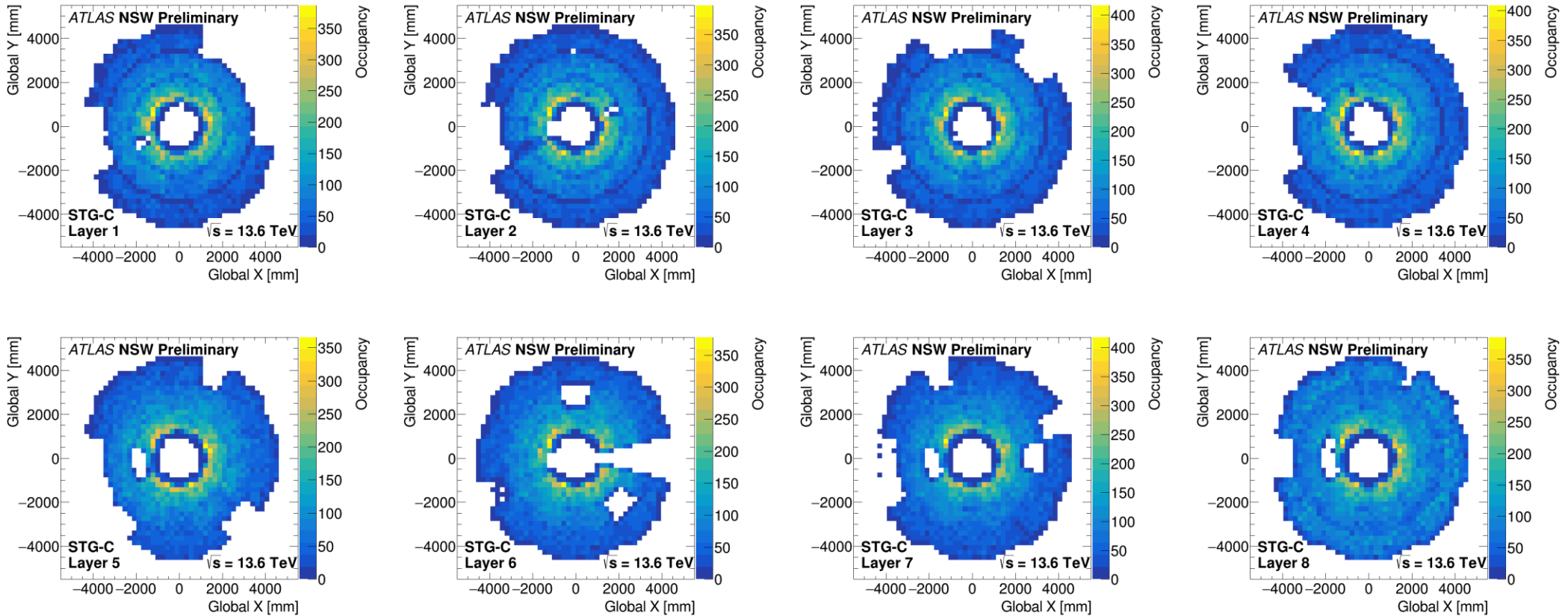


- Single proton beam incident on collimator placed in beamline ahead of ATLAS detector.
- sTGC in L1 trigger: pad coincidences to define ROI.
- Tested during LHC beam splashes run (May) with NSW-C
- sTGC took data in “self-trigger” mode with  $2 \times \frac{3}{4}$  pad coincidences.

Excluded due to cooling issue



# sTGC occupancies



- Occupancy plot for NSW side C for the 8 layers of the sTGC, alignment run 435777 with Toroid off.
- Each histogram entry represents a reconstructed cluster in the proximity of the muon track (within 5 mm of the expected track position on the layer surface).
- The white spaces in the plot are due to two factors, individual HV chambers which were off at the time of data taking, and readout links that were removed due to an issue with the DAQ.



# По результатам работы в 2022 г. :

- **Опубликовано:**
  - внутренних препринтов 1
  - статей 2 (+1)
- **доклады на конференциях 5**
- **2 аспиранта + 4 студента**

# Публикации по результатам работы в 2022 г.

- 1.G. Aad, ..., A. Ezhilov, O. Fedin, V. Grachev, M. Levchenko, V. Maleev, Yu. Naryshkin, Y. Ryabov, V. Schegelsky, V. Solovyev et.al., ATLAS Collaboration, “Search for associated production of a Z boson with an invisibly decaying Higgs boson or dark matter candidates at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector”, Phys. Lett. B 829 (2022) 137066.
- 2.G. Aad, ..., A. Ezhilov, O. Fedin, V. Grachev, M. Levchenko, V. Maleev, Yu. Naryshkin, Y. Ryabov, V. Schegelsky, V. Solovyev et.al., ATLAS Collaboration, “Combination of searches for invisible decays of the Higgs boson using 139 fb<sup>-1</sup> of proton-proton collision data at  $\sqrt{s}=13$  TeV collected with the ATLAS experiment”, to be published.
- 3.E. Karentzos and V. Khomutnikov, “The New Small Wheel DCS Conditions data and the COOL Database folder configuration for the High Voltage Projects”, to be published.

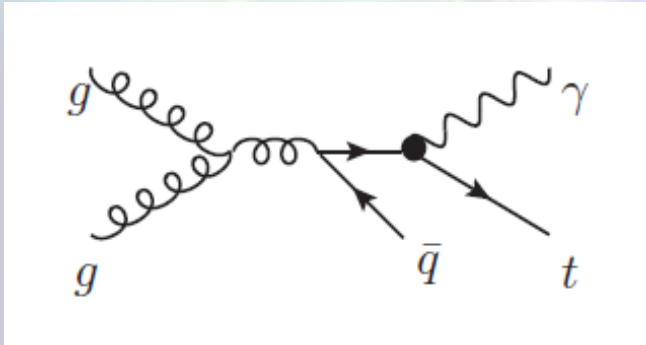
# Выступления на конференциях в 2022 г.

- Выступления на конференциях:
- 1. IX Всероссийский с международным участием молодежный научный форум «Open Science 2021», НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ Гатчина, Россия, 16 – 18 ноября 2022, «Комбинация результатов по поиску невидимых распадов Бозона Хиггса на частицы темной материи в эксперименте ATLAS», М.В. Покидова.
- 2. Всероссийская конференция «Неделя науки ФизМех», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия, 4 – 9 апреля 2022, «Поиск частиц Темной Материи в канале  $mono-Z$  в эксперименте ATLAS», М.В. Покидова.
- 3. Всероссийская конференция «Неделя науки ФизМех», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия, 4 – 9 апреля 2022, «Измерение спиновых корреляций в процессе рождения пар  $t$ -кварк- $t$ -антикварк в эксперименте ATLAS», О.В. Лосева.
- 4. DAQ Operation workshop, CERN, Switzerland, 2 March 2022, “Control and Configuration”, A. Kazarov.
- 5. TDAQ Week, CERN, Switzerland, 28 March – 1 April 2022, “Control and Configuration Status”, A. Kazarov.

The image features a stylized atomic model with a glowing nucleus and orbiting electrons, set against a purple and blue background with a bright light trail. The word "BACKUP" is prominently displayed in the center in a bold, black, sans-serif font.

**BACKUP**

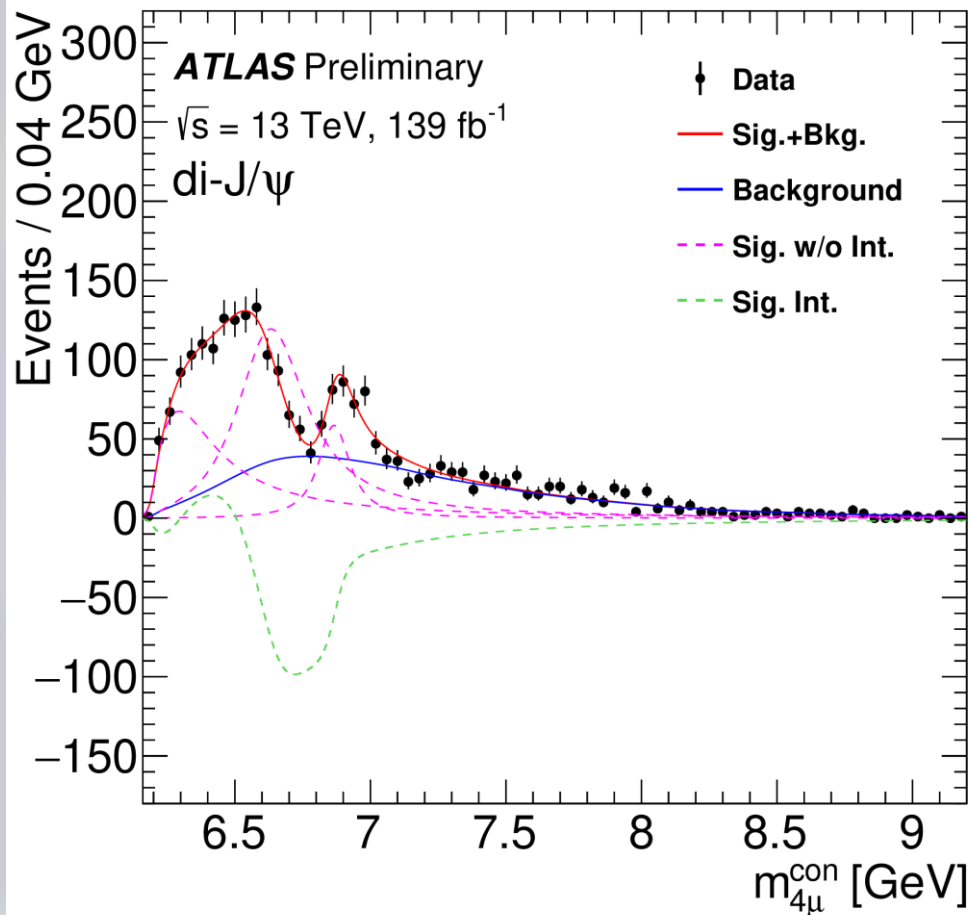
# Single top+photon production: FCNC



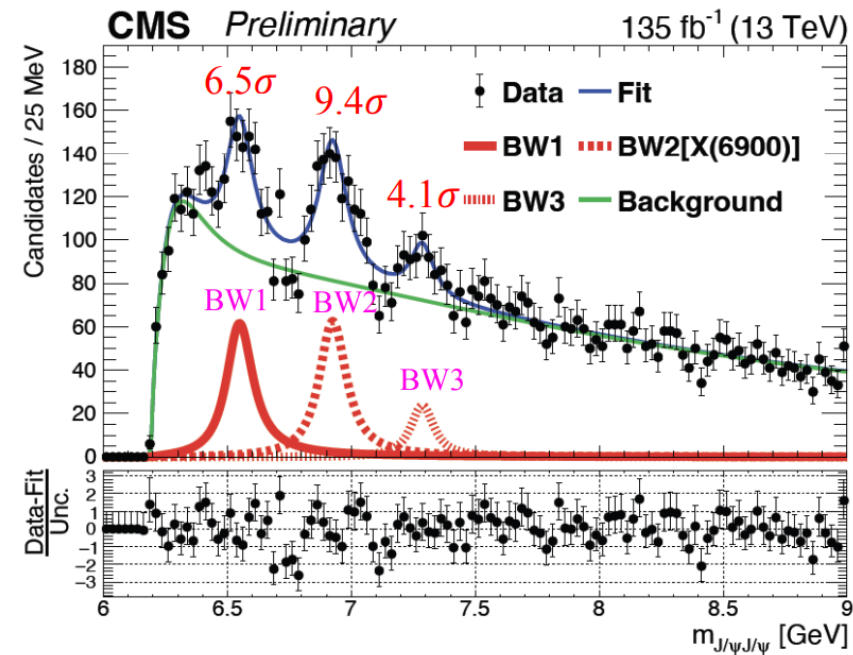
Feynman diagrams of the real corrections induced by the  $tq\gamma$  FCNC couplings: arXiv:1101.5346v1

# Observation of potential four-charm tetraquark

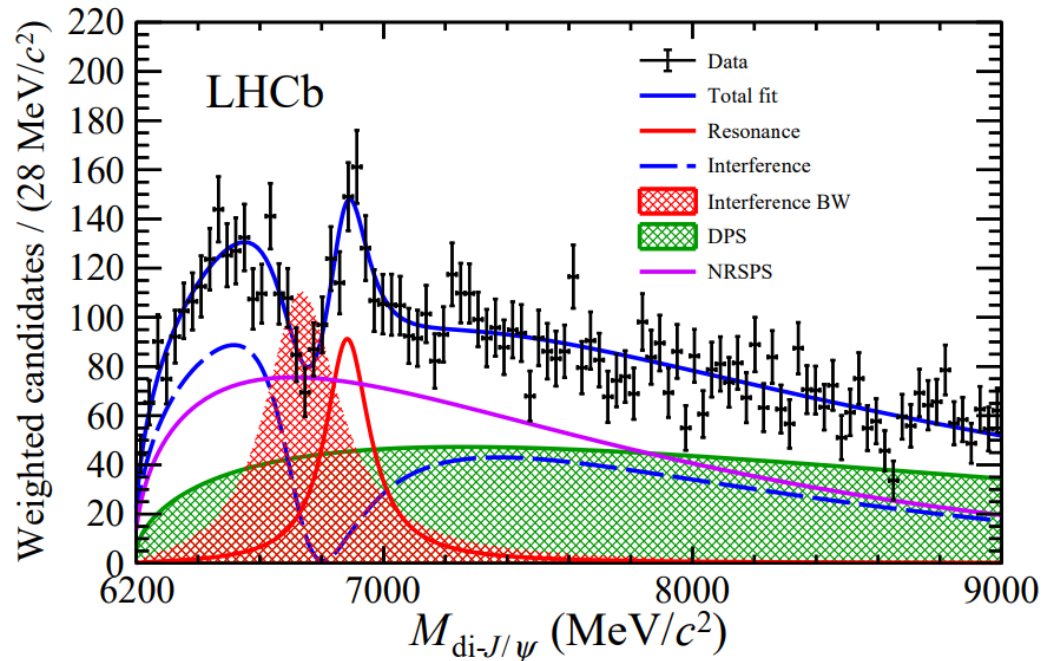
ATLAS



CMS



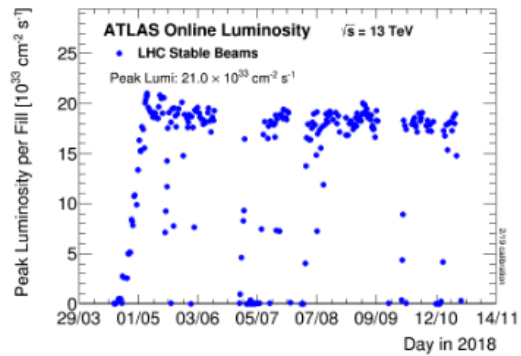
LHCb



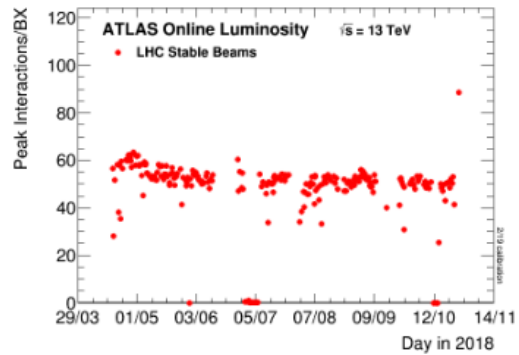
# Luminosity & pileup

2018

## Peak Luminosity by Fill

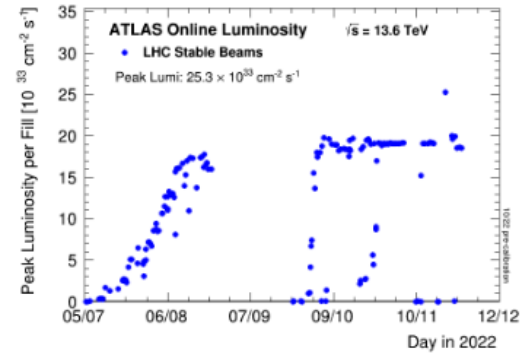


## Peak Mu by Fill



2022

## Peak Luminosity by Fill



## Peak Mu by Fill

