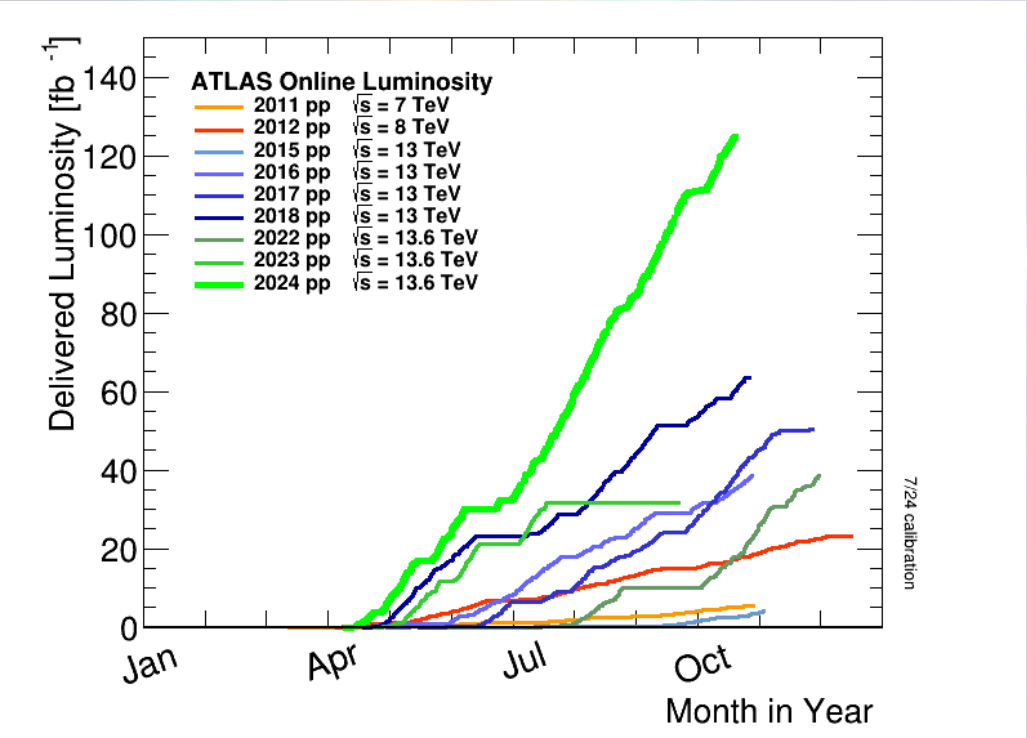
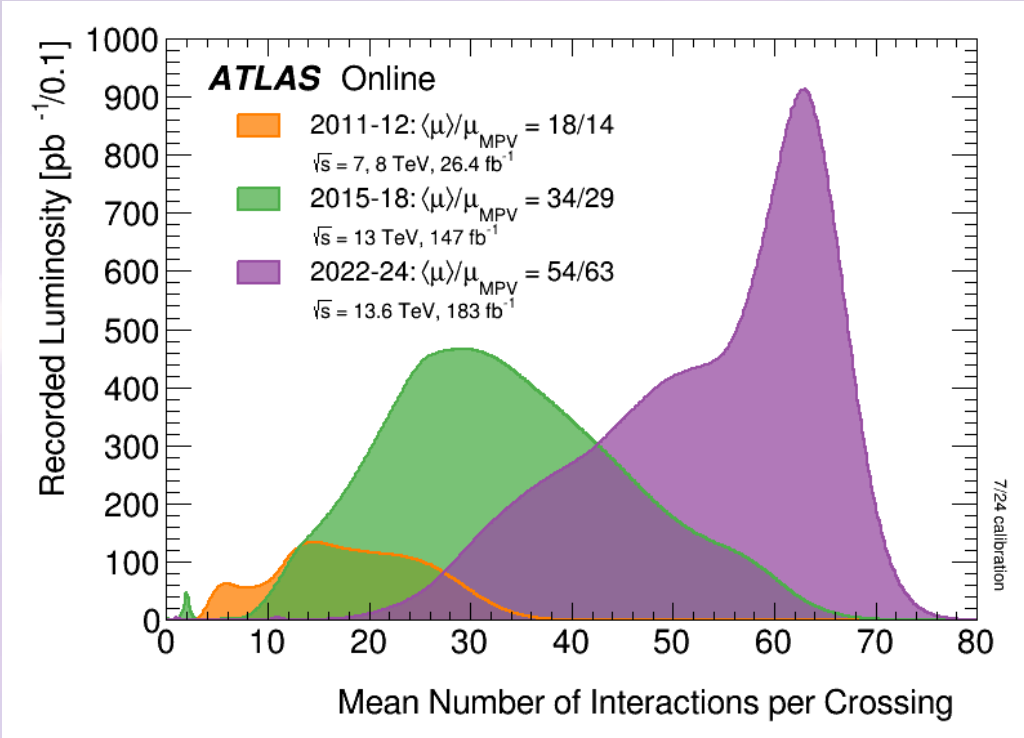
Эксперимент АТЛАС
Физические результаты

Ю.Г. Нарышкин

Научная сессия ОФВЭ ПИЯФ, 25.12.2024

ATLAS Luminosity



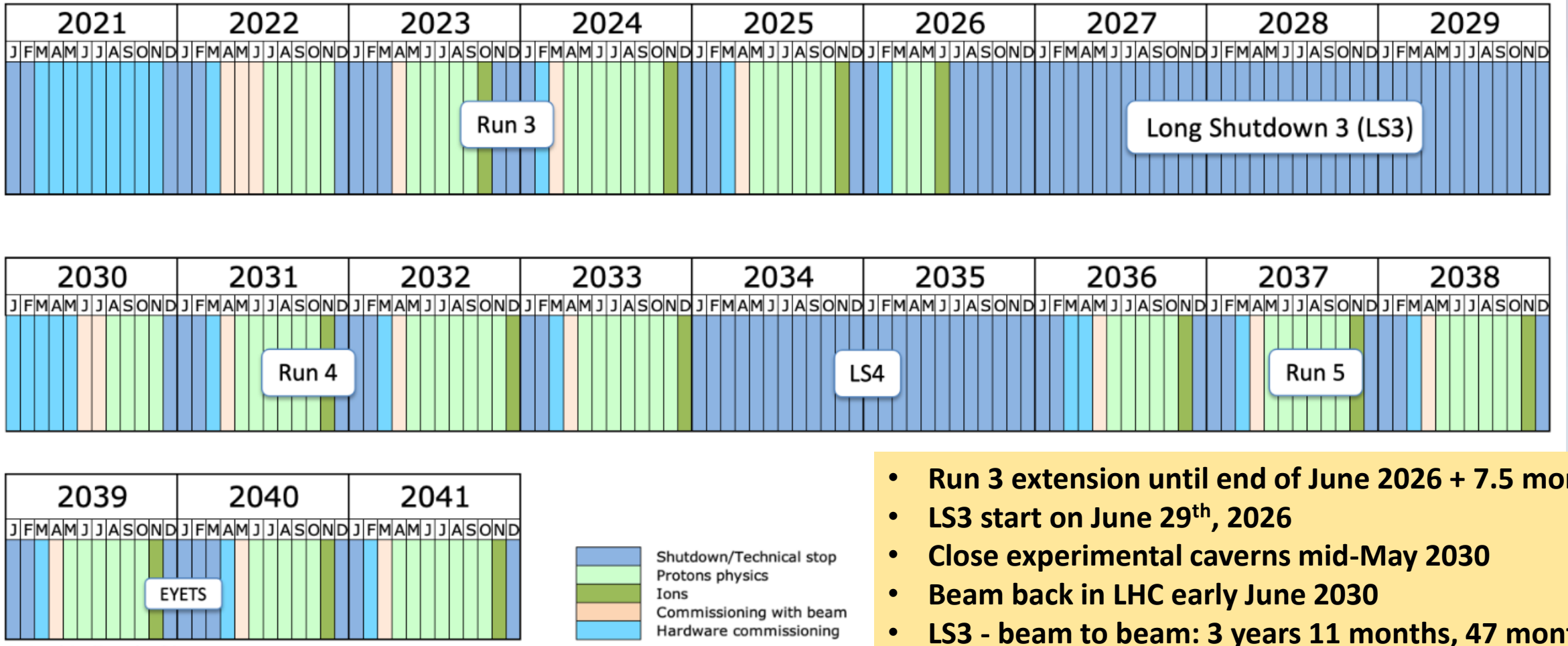


	pp, $\sqrt{s}$= 13.6 TeV	PbPb, $\sqrt{s}$= 5.4TeV
2024	118 fb^{-1}	1.67 fb^{-1}
run3	183 fb^{-1}	3.42 fb^{-1}

For 2024:

- Published 117 papers
- 16 CONF notes
- 23 PUB notes

LHC plans for the Future



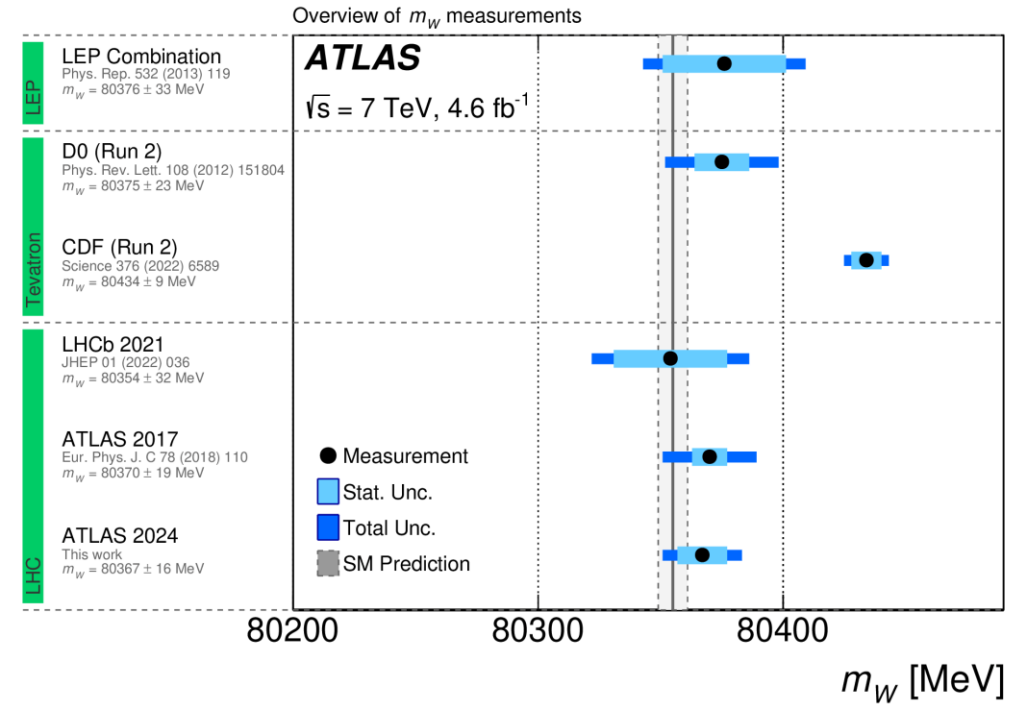
- **Run 3 extension until end of June 2026 + 7.5 months**
- **LS3 start on June 29th, 2026**
- **Close experimental caverns mid-May 2030**
- **Beam back in LHC early June 2030**
- **LS3 - beam to beam: 3 years 11 months, 47 months**

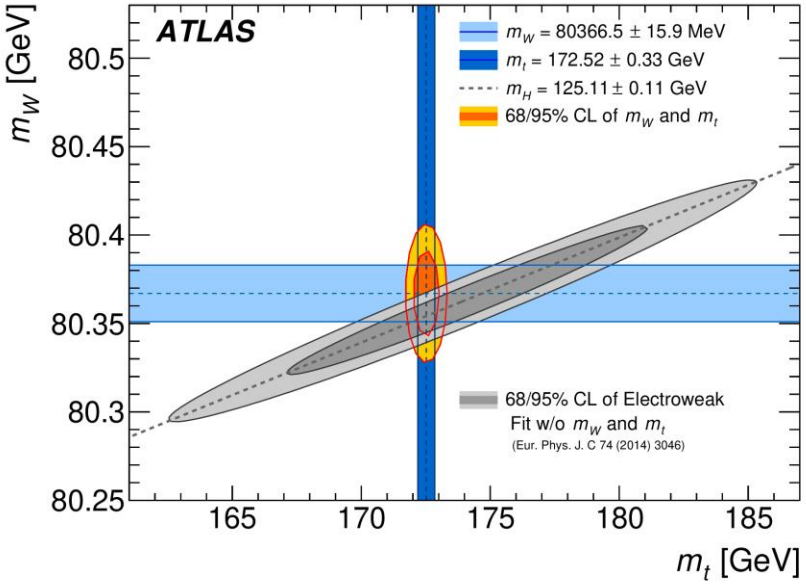
Физическая программа эксперимента АТЛАС.

Основные направления исследований:

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

Measurement of W-width

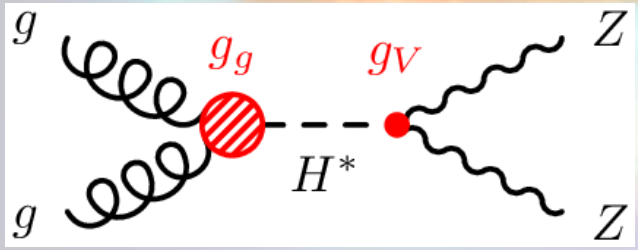


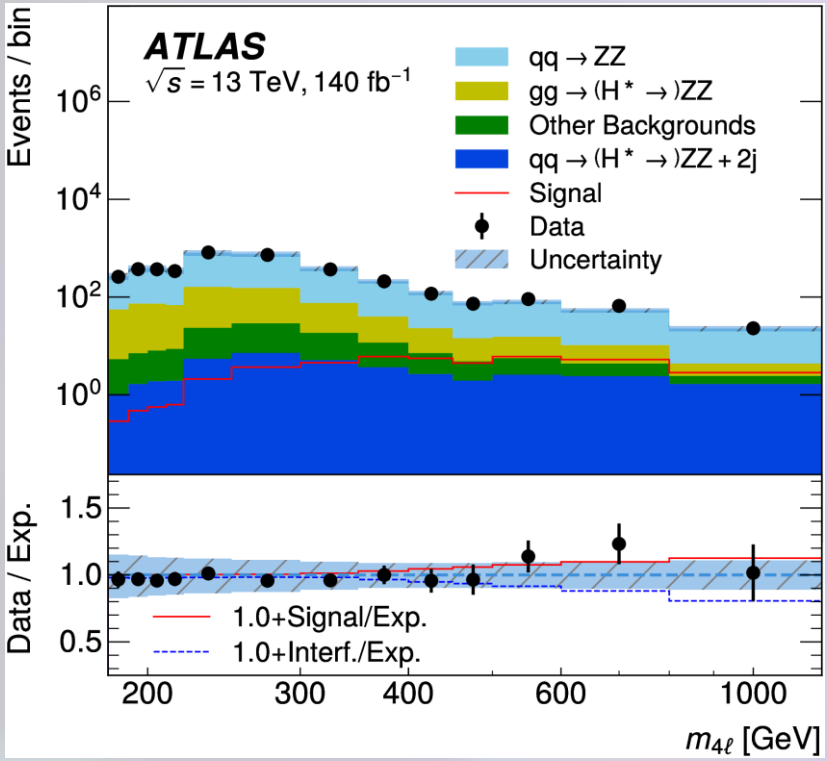


CERN-EP-2024-074 (arXiv:2403.15085), submitted to European Physical Journal C

- Used improved fitting technique and updated pdf (CT18).
- pp data recorded in 2011, $\sqrt{s} = 7$ TeV, 4.6 fb^{-1} (e), 4.1 fb^{-1} (μ).
- Recent fits to the proton parton distribution functions are incorporated.
- mW=80366.5±9.8(stat.)±12.5(syst.) (mW= 80366.5±15.9 MeV).
- SM value (electroweak fit): mW = 80355 ± 6 MeV
- width is measured as Γ_W=2202±32(stat.)±34(syst.) (Γ_W = 2202±47 MeV).
- Both results are consistent with the expectation from fits to electroweak precision data.

Higgs width (offshell)

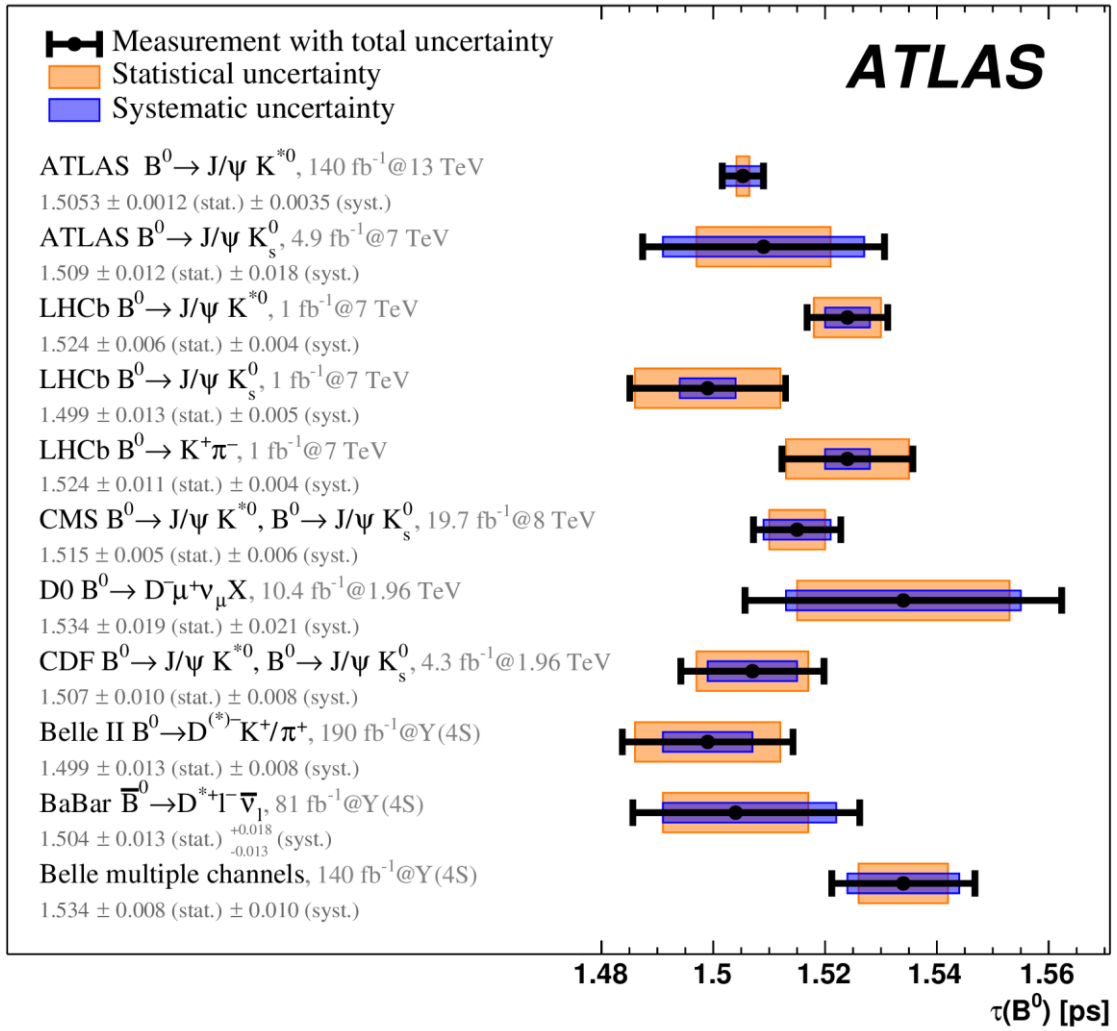




- A comparison of the off-shell and on-shell Higgs boson production rates allows an indirect measurement of the Higgs boson total width assuming that there is no beyond SM (BSM) physics that alters the on-shell and off-shell couplings differently.
- Data: pp, $\sqrt{s}$= 13 TeV, 140 fb^{-1}
- The data are analyzed with a neural simulation-based inference strategy in which neural networks are used to estimate a per-event contribution to the likelihood ratio between different hypotheses.
- The result is combined with the most recent measurement of the off-shell Higgs boson production in the $H* \rightarrow ZZ \rightarrow 2\ell 2\nu$ decay channel.
- The observed (expected) value of the off-shell Higgs boson signal strength is 1.06+0.62 –0.45 (1.00+0.83 –0.83) at 68% CL.
- The evidence for off-shell Higgs boson production using the $ZZ \rightarrow 4\ell$ decay channel has an observed (expected) significance of 2.5σ (1.3σ) (previous analysis 0.5σ).
- **The observed (expected) value of the Higgs boson width at 68% CL is $4.3^{+2.7}_{-1.9}$ $(4.3^{+3.5}_{-3.4})$ MeV, SM: 4.10 MeV**

e-Print: 2412.01548, submitted to Rep. Prog. Phys.

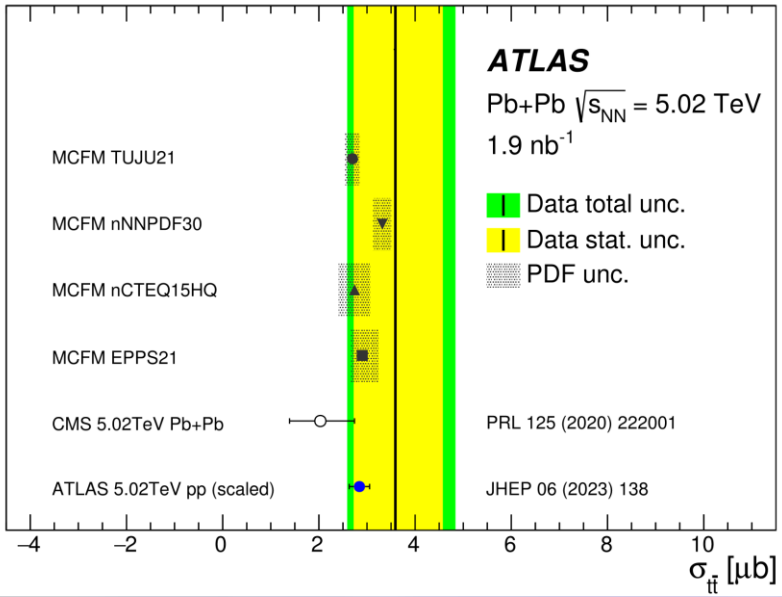
Measurements of lifetime and decay B0→J/ψ K*0

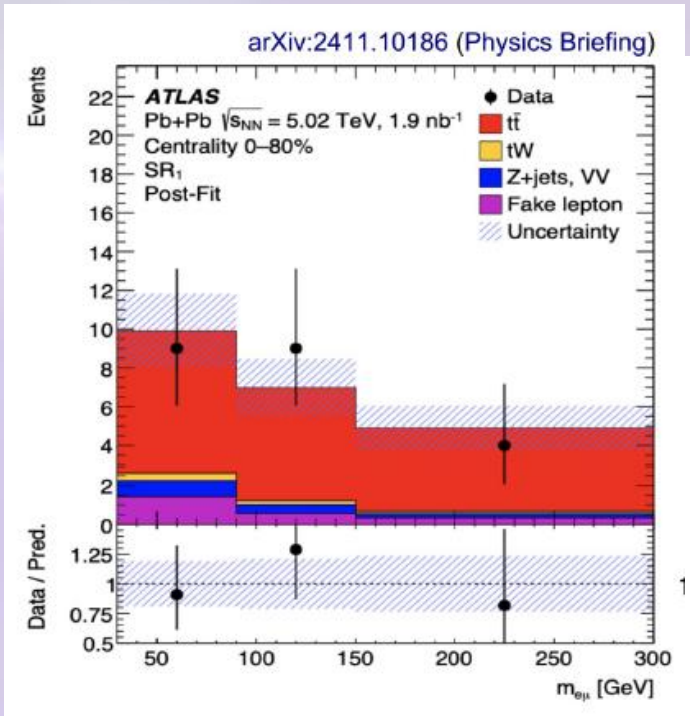


- Data: pp, $\sqrt{s}$= 13 TeV, 140 fb^{-1}
- The B^0 is identified using its decay mode $B0 \rightarrow J/\psi K^{*0}(892)$ with $J/\psi \rightarrow \mu+\mu-$ and $K^{*0}(892) \rightarrow K^{+}\pi^{-}$.
- τ = 1.5053 ± 0.0012 (stat.) ± 0.0035 (syst.) ps.
- Results are in agreement with theoretical predictions and with measurements by other experiments: e.g. BELLE II (latest) $\tau_{B^0} = (1.499 \pm 0.013 \pm 0.008)\, ps$
- This measurement provides the **most precise** result of the effective lifetime of the $B0$ meson to date.

CERN seminar, **arXiv:2411.09962, submitted to PRL**

ttbar in PbPb collisions



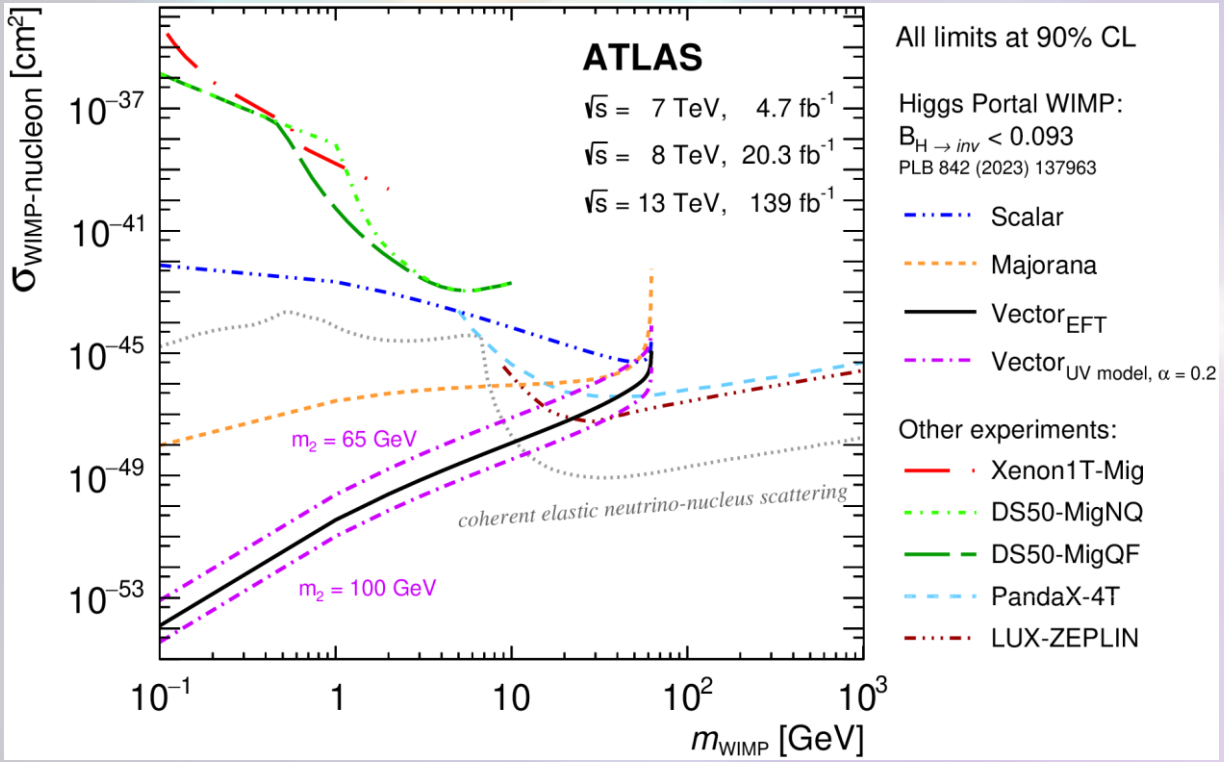


- (Pb+Pb) collisions at $\sqrt{s_{NN}}$=5.02 TeV. The data sample was recorded in 2015 and 2018, amounting to an integrated luminosity of 1.9 nb^{-1}.
- Events with exactly one electron and one muon and at least two jets are selected.
- Top-quark pair production is measured with an observed (expected) significance of 5.0 (4.1) standard deviations.
- The measured production cross-section: $\sigma_{t\bar{t}}$= $3.6^{+1.0}_{-0.9}(stat.)^{+0.8}_{-0.5}$ *(syst.)* μb, with a total relative uncertainty of 31%,
- consistent with theoretical predictions using a range of different nPDF.

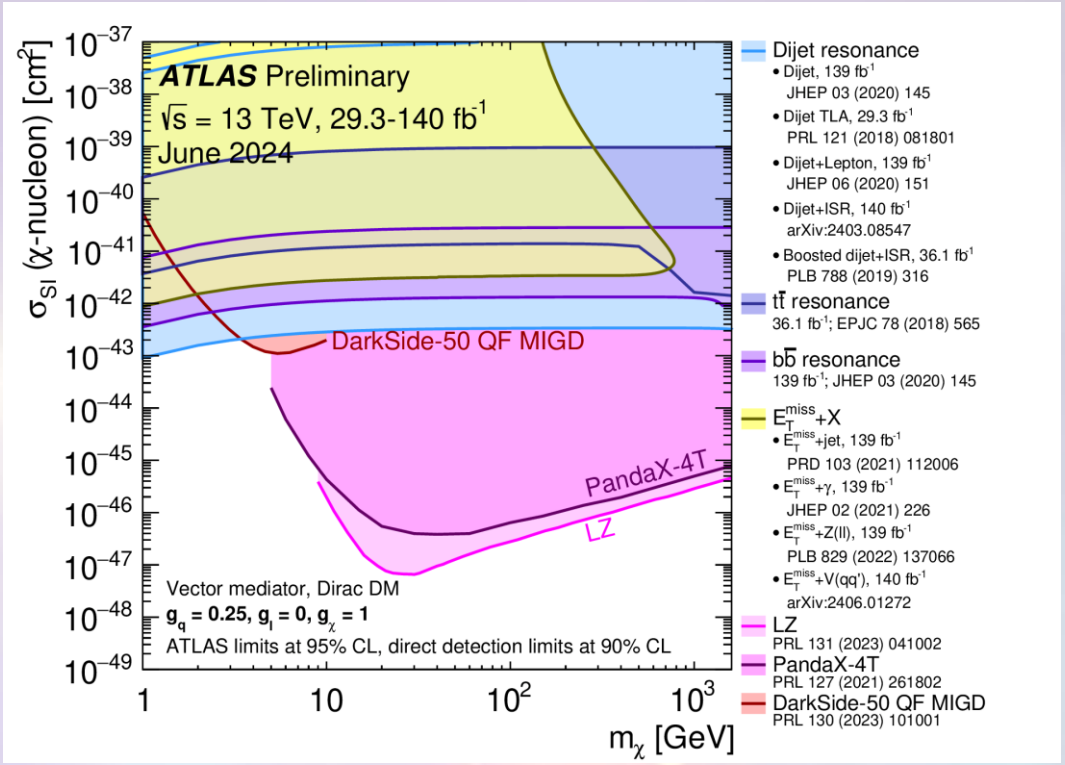
arXiv:2411.10186, submitted to PRL

The observation of this process consolidates the evidence of the existence of all quark flavors in the pre-equilibrium stage of the quark-gluon plasma at very high energy densities, similar to the conditions present in the early universe.

Searches for DM



Upper limit at the 90% CL on the spin-independent WIMP-nucleon scattering cross-section as a function of the WIMP mass for direct detection experiments and the interpretation of the H→invisible combination result in the context of Higgs portal models considering scalar, Majorana and vector WIMP hypotheses.



Comparisons of ATLAS limits with direct detection experiments with spin-independent χ-nucleon cross-sections, The results are compared with limits produced by direct detection experiments: DarkSide-50 QF MIGD [12], PANDAX , XENONnT , LZ, LUX, and PICO-60 C3F8. The ATLAS limits are shown at 95% CL and direct-detection limits are shown at 90% CL.

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)

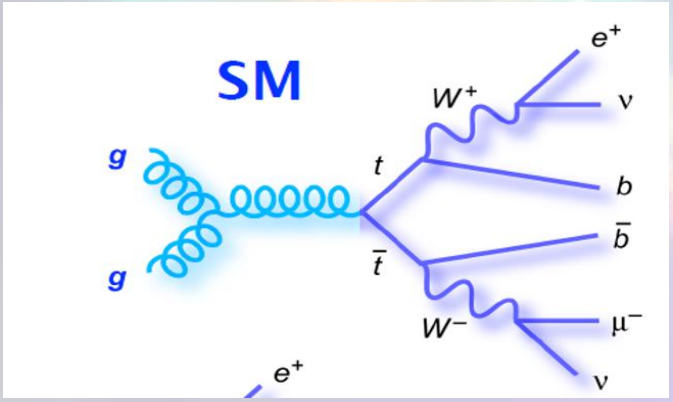
- **Физика за пределами Стандартной модели (BSM):**

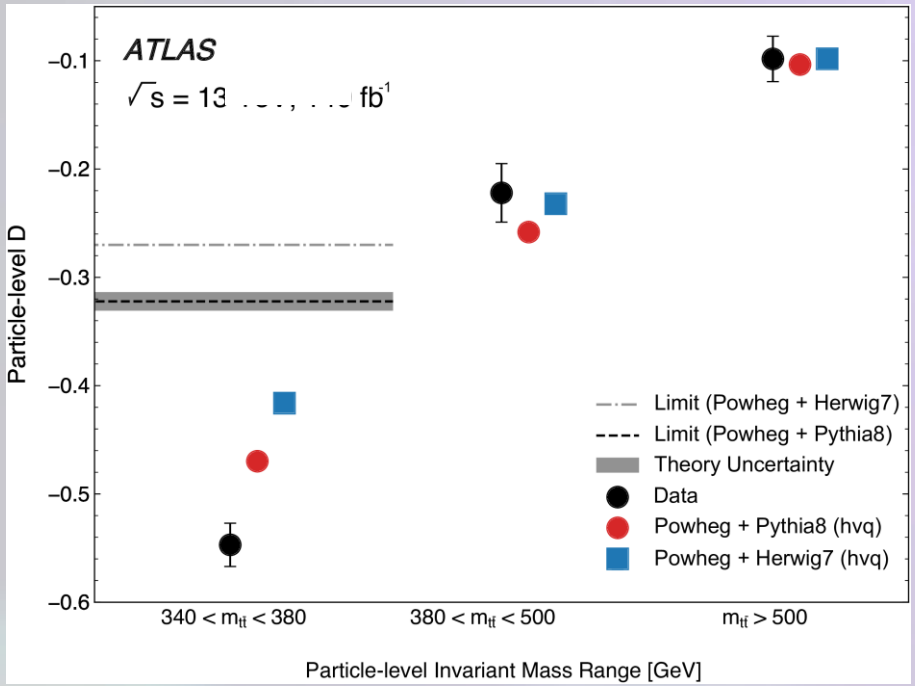
➢ поиски новых "невидимых" каналов распада бозона Хиггса СМ ("Higgs portal" model) в процессе VBF+MET

➢ поиски магнитных монополей (HIP)

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

Quantum Entanglement in $t\bar{t}$ system



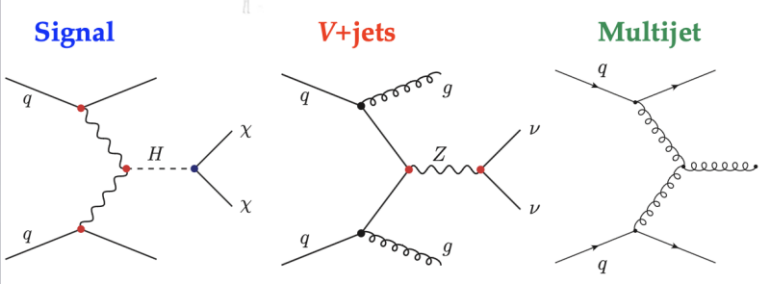


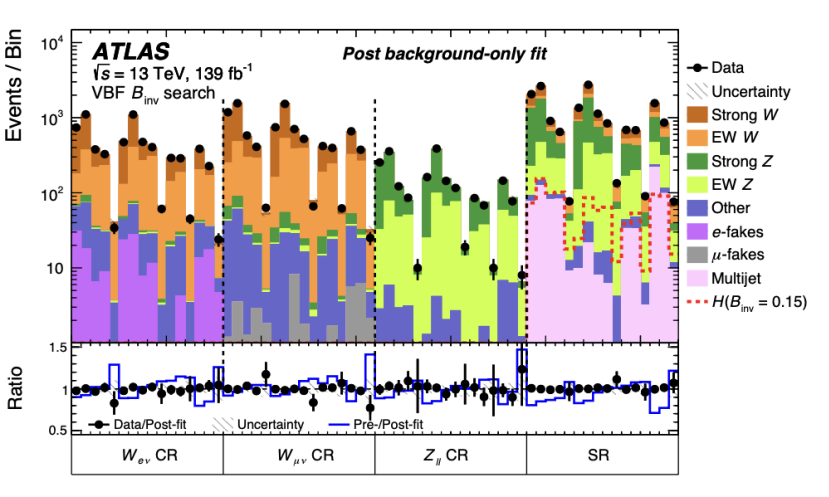
- Квантовая запутанность является «не ... одной, а скорее характерной чертой квантовой механики, той, которая обусловливает ее полный отход от классических линий мышления» Erwin Schrödinger.
- $\rho^{AB} \neq \sum_i p_i \rho_i^A \otimes \rho_i^B$ - система находится в "запутанном" состоянии, например синглетное состояние: $|0,0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(\uparrow\downarrow - \downarrow\uparrow)$
- Исследовались спиновые корреляции $t\bar{t}$
- Для проверки запутанности использовался Критерий Переса-Городецкого: $D = \frac{\mathrm{tr}[C]}{3} < -\frac{1}{3}$
- Дилептонный канал распада (t→Wb→lνb)
- $t\bar{t}$ – в синглетном состоянии в области $340 < m_{t\bar{t}} < 380\ GeV$
- D = -0.547 ± 0.002(стат.) ± 0.0196(сист.), отличие 3.9σ и 3.3σ от PP8 и PH7 генераторов.
- Эффект наблюдается со значимостью более 5σ.
- Наблюдаемое: D = -0.537 ± 0.002 [стат.] ± 0.019 [систем.]
- Ожидаемое: D = -0.470 ± 0.002 [стат.] ± 0.017 [систем.]
- Отклонение от предсказаний СМ ~ 3σ

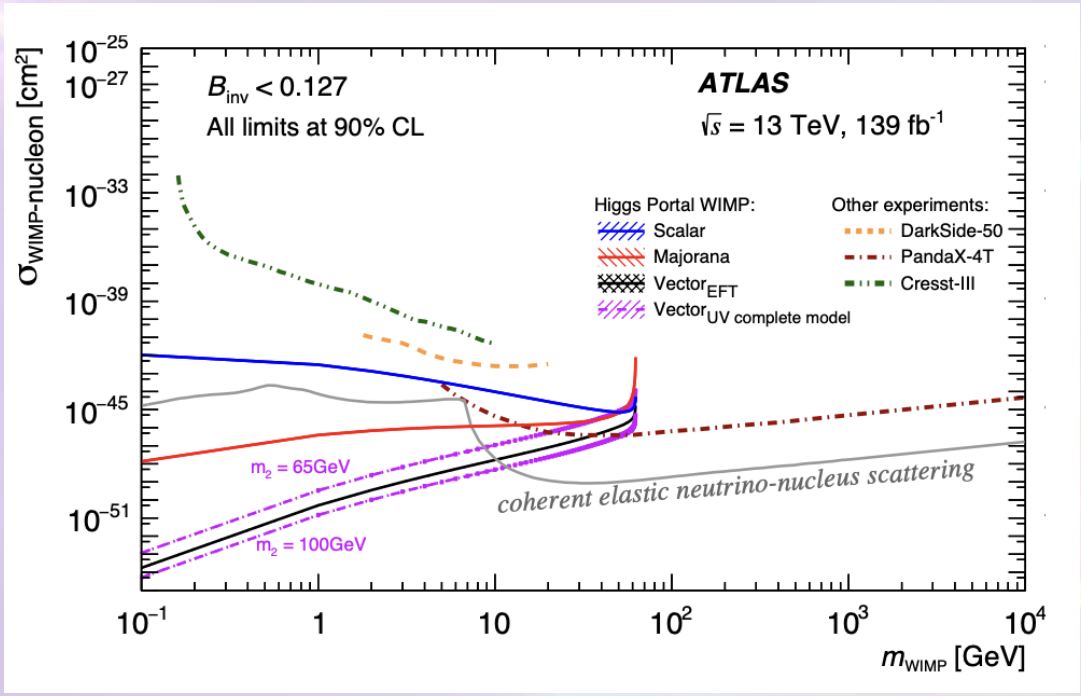
Nature 633 (2024) 542

H→inv поиск в процессе VBF+MET

В VBF+MET исследуемое конечное состояние $H \rightarrow$ inv характеризуется двумя струями с большим разделением по псевдобыстроте и большой инвариантной массой двух струй и E_T^{miss}.



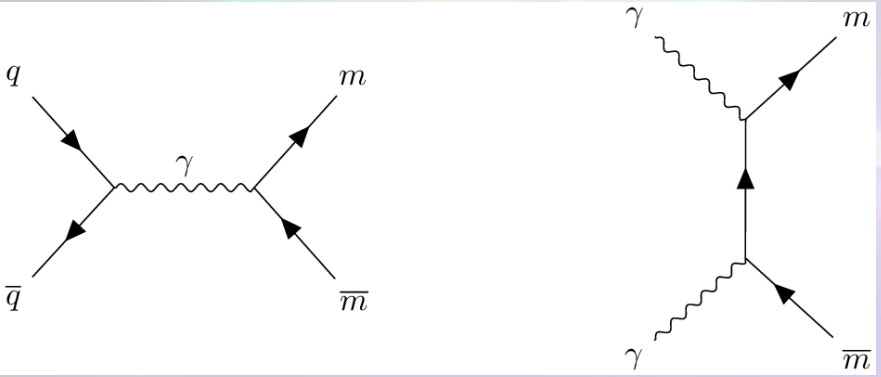




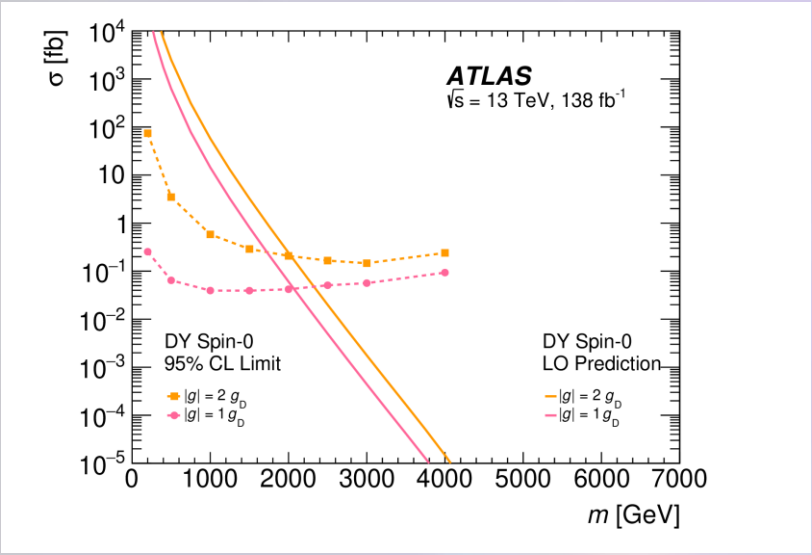
ATLAS Run2: B(H→inv) < 0.145 (0.103) при 95% CL

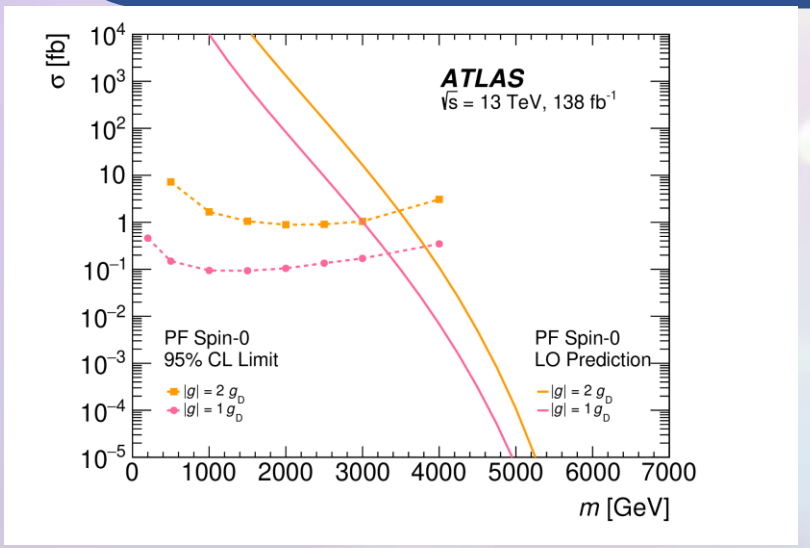
Phys. Lett. B 842 (2023) 137963

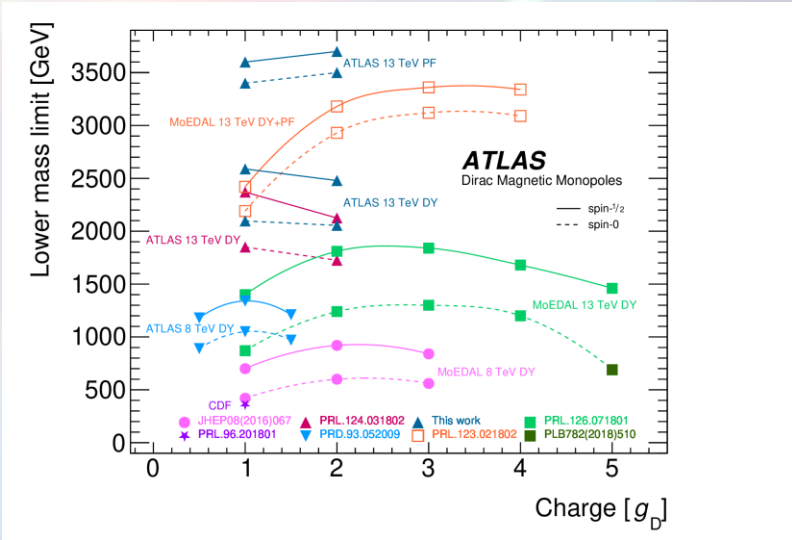
Search for magnetic monopoles



- Considering the Drell-Yan and photon-fusion pair production mechanisms as benchmark models
- many TRT HT hits in a region aligned with a narrow high-energy deposit in the LAr EM calorimeter.
- No HIPs candidate was observed.
- Spin -0 and spin ½ monopoles with magnetic charge $1g_D$ and $2g_D$ and high electric charge $20 \leq |z| \leq 100$ for masses between 200 GeV and 4000 GeV
- The ATLAS monopole searches $|\eta| < 1.75$ sensitive to $1g_D$ and $2g_D$ are complementary to those performed using the dedicated MoEDAL ($2<\eta<5$) experiment at the LHC





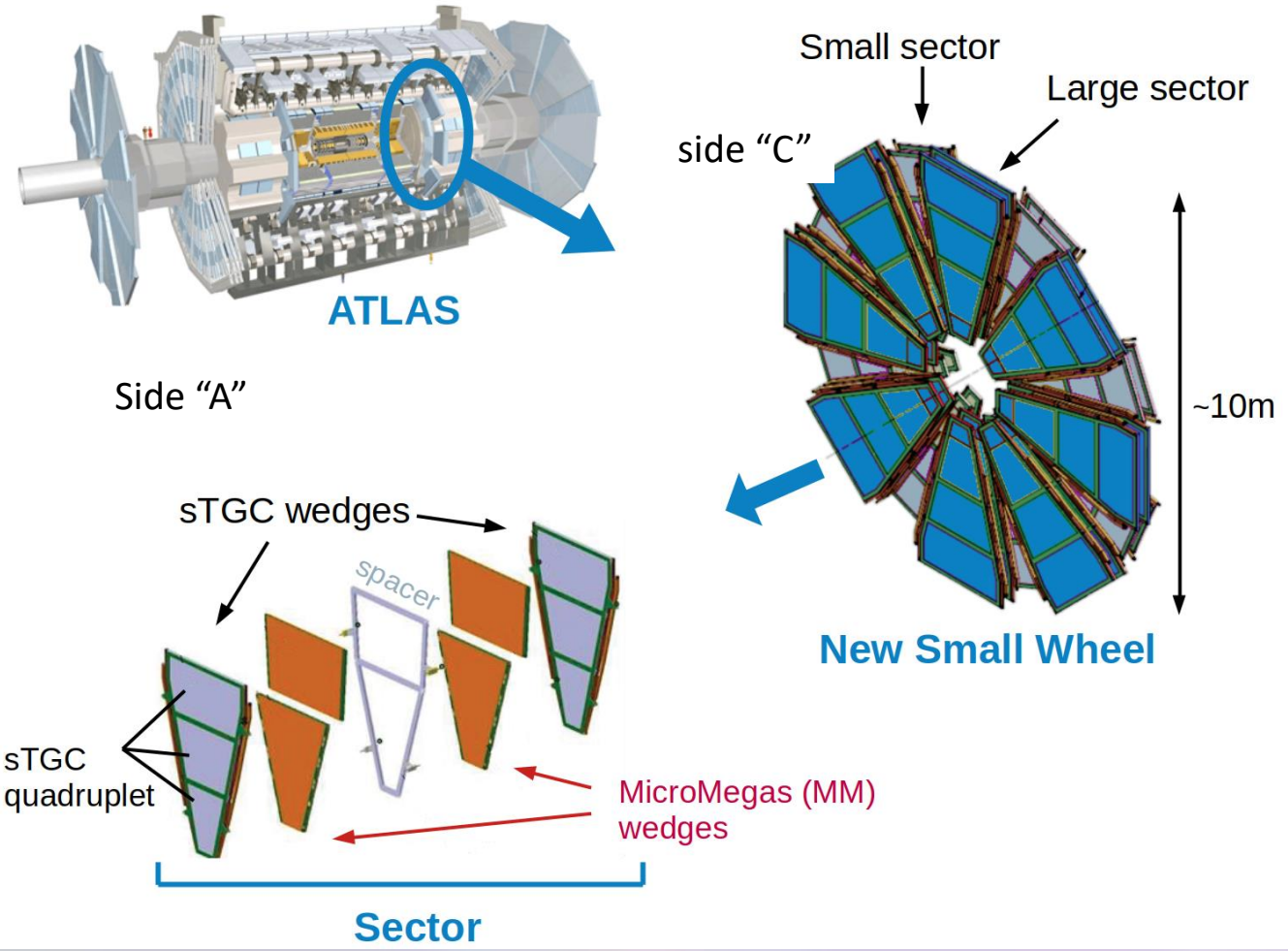


JHEP 11 (2023) 112

Работа на детекторе 2024

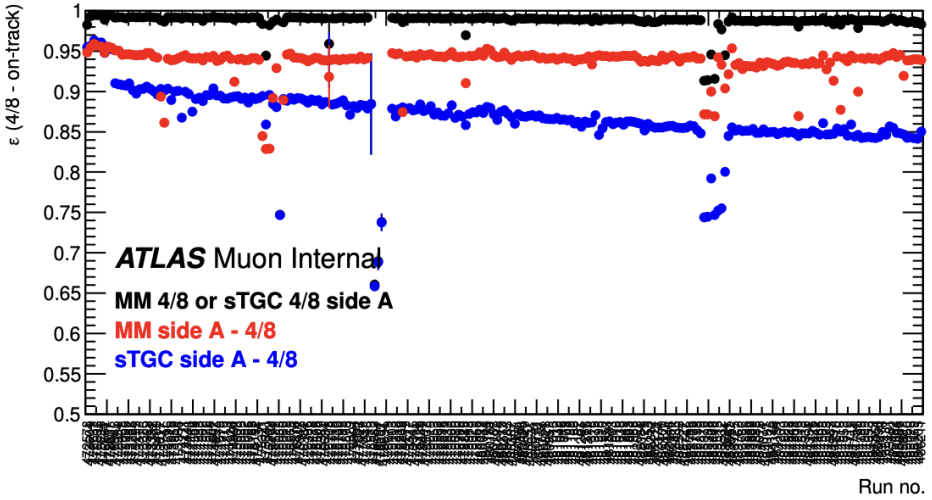
- Участие в группе контроля детектора (DCS): поддержка и развитие системы, включающей около 20 подсистем контроля детекторов установки ATLAS.
- Работы по модернизации инженерных систем.
- Поддержка мюонной системы детектора АТЛАС.
- Участие в сменах.

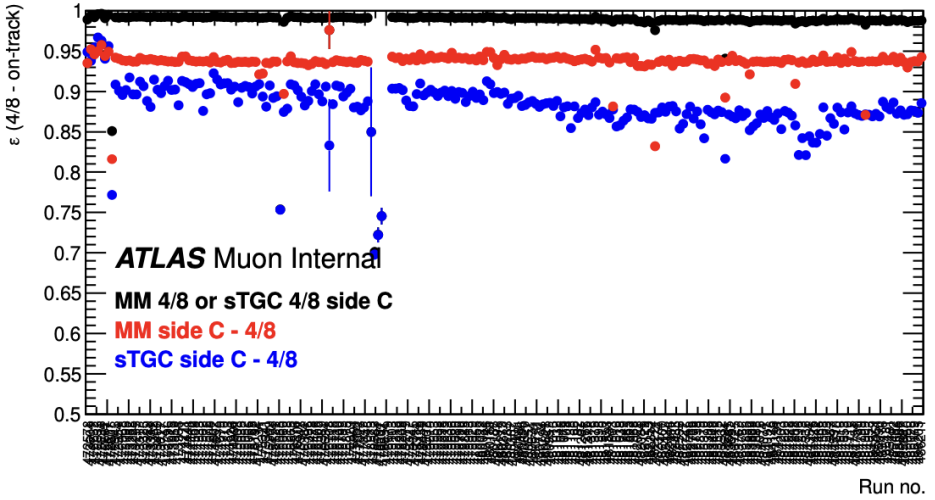
Поддержка детектора NSW мюонной системы детектора АТЛАС



- В ПИЯФ были изготовлена часть тонкозазорных камер (sTGC) для новой мюонной системы детектора АТЛАС.
- В течение всего сеанса Run III набора данных (2022 – 2024 гг.) NSW были включены в сбор данных в эксперименте ATLAS.
- В 2024 году NSW показывали достаточно высокую эффективность работы всей системы в целом в течение набора данных, высокий процент работающих высоковольтных каналов (~93%).
- NSW используются в мюонном триггере первого уровня L1 и при реконструкции треков мюонов.

Эффективность реконструкции мюонов





Эффективность реконструкции мюонов при наличии 4 сработавших камер MM (красный), 4 сработавших камер sTGC (синий) или комбинации MM/sTGC (черный), при использовании комбинированных (ID+MS) или standalone (MS) треков для колеса A (слева) и колеса C (справа).

По результатам работы в 2024 г. :

- Опубликовано:

  внутренних препринтов 2

  статей 1

- доклады на конференциях 6

Публикации по результатам работы в 2024 г.

1. G. Aad, ..., A. Ezhilov, O. Fedin, M. Levchenko, V. Maleev, Yu. Naryshkin, Y. Ryabov, V. Schegelsky, et.al., ATLAS Collaboration, " Observation of quantum entanglement in top-quark pairs using the ATLAS detector", Nature 633 (2024) 8030, 542-547.

2. Karentzos E., Khomutnikov V. "The New Small Wheel DCS Configuration Database and the Recipe Handling Tool for the High Voltage Projects"/ ATLAS Note (ATL-MUON-INT-2024-001), https://cds.cern.ch/record/2886701

3. Karentzos E., Khomutnikov V. "The New Small Wheel DCS Conditions data and the COOL Database folder configuration for the High Voltage Projects"/ ATLAS Note (ATL-MUON-INT-2024-004), https://cds.cern.ch/record/2886704

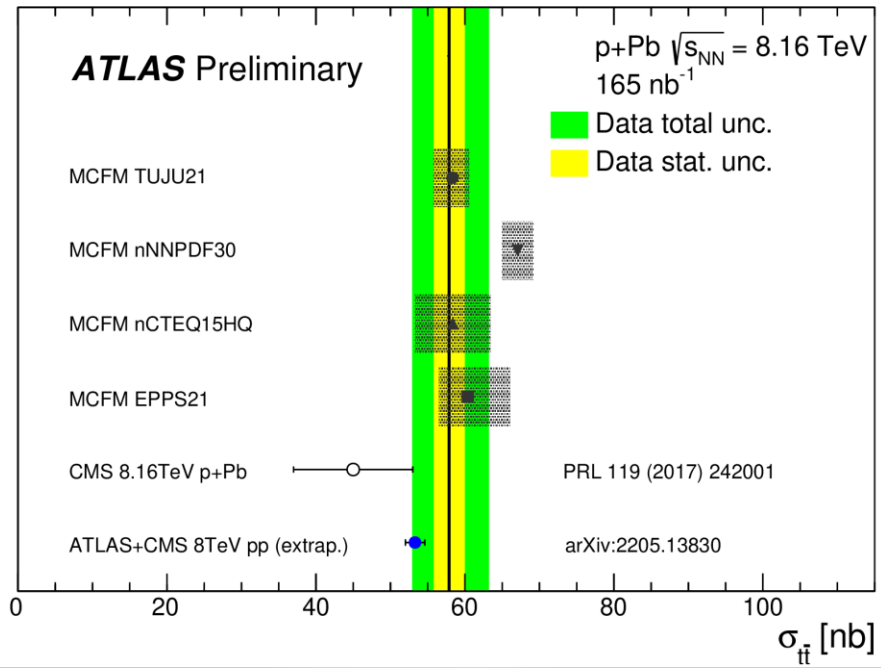
Выступления на конференциях в 2024 г.

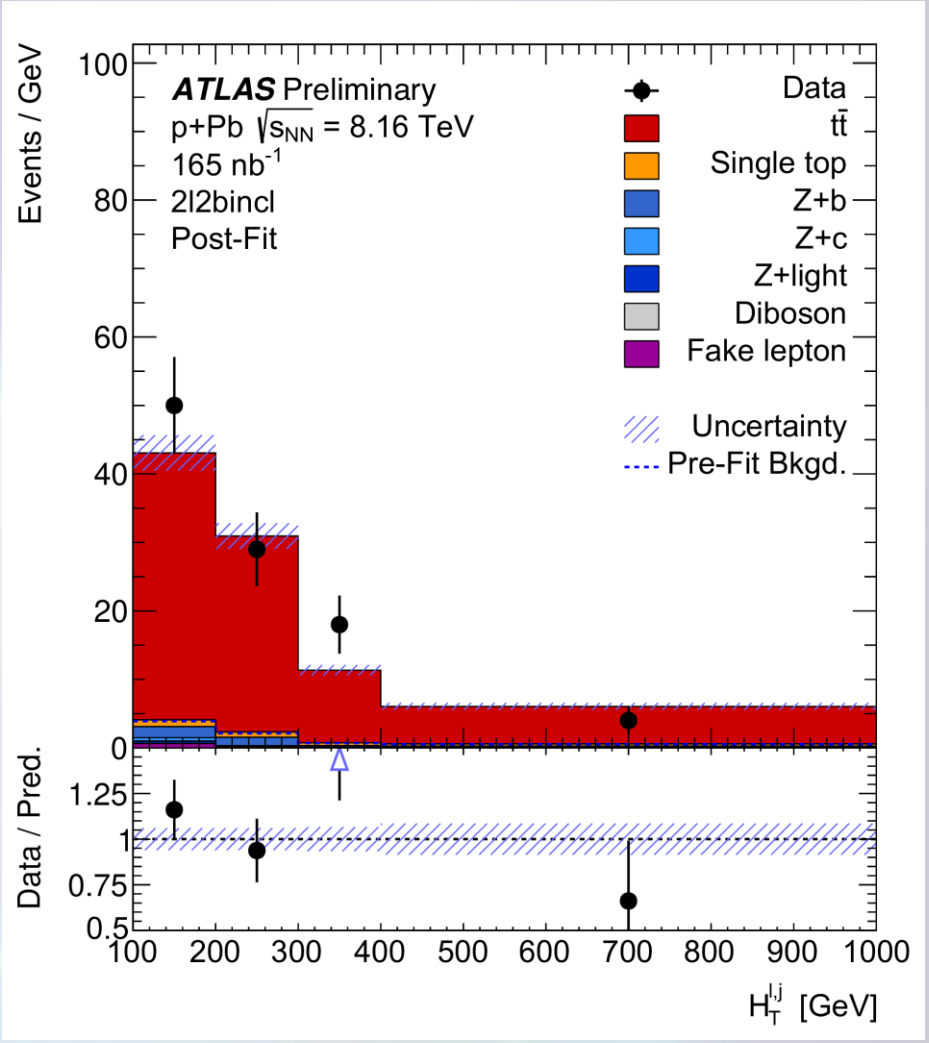
1. Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, ОИЯИ, Дубна, Россия, 1–5 апр. 2024 г., "Первое наблюдение эффекта квантовой запутанности в парном рождении топ и анти-топ кварков в эксперименте АТЛАС." Нарышкин Ю.Г.
2. Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, ОИЯИ, Дубна, Россия, 1–5 апр. 2024 г., "Поиски распадов Бозона Хиггса на частицы Темной Материи в эксперименте АТЛАС" Покидова М.В.
3. The 9th International Conference Hadron Structure and Fundamental Interactions: from Low to High Energies (HSFI-2024), ПИЯФ, Гатчина, Россия, 8 - 12 июля, "Observation of quantum entanglement in spin correlations of top and anti-top quarks pair in the ATLAS experiment at LHC" Нарышкин Ю.Г.
4. The 9th International Conference Hadron Structure and Fundamental Interactions: from Low to High Energies (HSFI-2024), ПИЯФ, Гатчина, Россия, 8 - 12 июля, "Latest results on searches for Higgs boson decays into Dark Matter particles in the ATLAS experiment" Покидова М.В.
5. The 7th international conference on particle physics and astrophysics (ICPPA-2024), МИФИ, Москва, Россия, 22-25 октября 2024 "Latest results of searches of Higgs Boson decays into Dark Matter particles in the ATLAS experiment" Покидова М.В.
6. Всероссийская конференция «Неделя науки ФизМех», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия, 1-5 апреля 2024, "Поиски распада бозона Хиггса на частицы ТМ в процессе его рождения при слиянии векторных бозонов в эксперименте АТЛАС" Покидова М.В

BACKUP

Observation of top-pair Production in p-Pb

- top quarks provide novel probes of nuclear modifications to parton distribution functions (nPDF) (arXiv:1711.03105)
- Run 2 data (2016) $\sqrt{s}$= 8.16 TeV, luminosity 165 nb^{-1}
- lepton+jets and the dilepton channels
- significance over 5 standard deviations in both channels
- $\sigma_{t\bar{t}}$= 57.9 ± 2.0 $(stat.)^{+4.9}_{-4.5}$ *(syst.) nb, good agreement with SM*





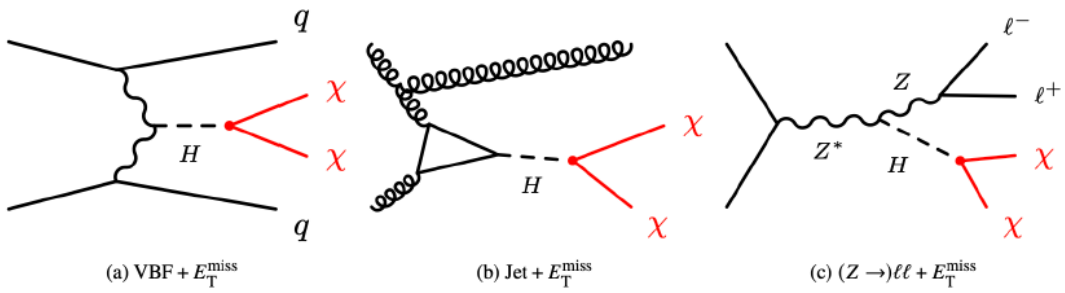
JHEP 11 (2023) 112

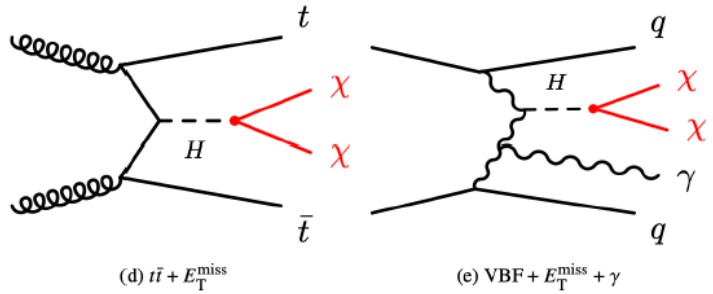
H→inv combinations

- 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(ll)
* tt+MET
* VBF+MET+γ
* monojet
* Run-1

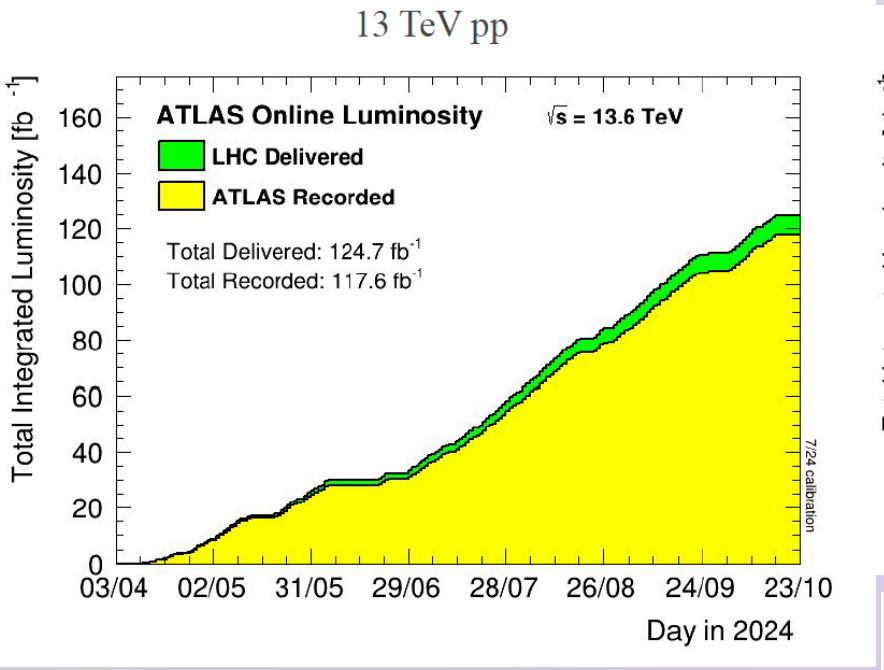
????

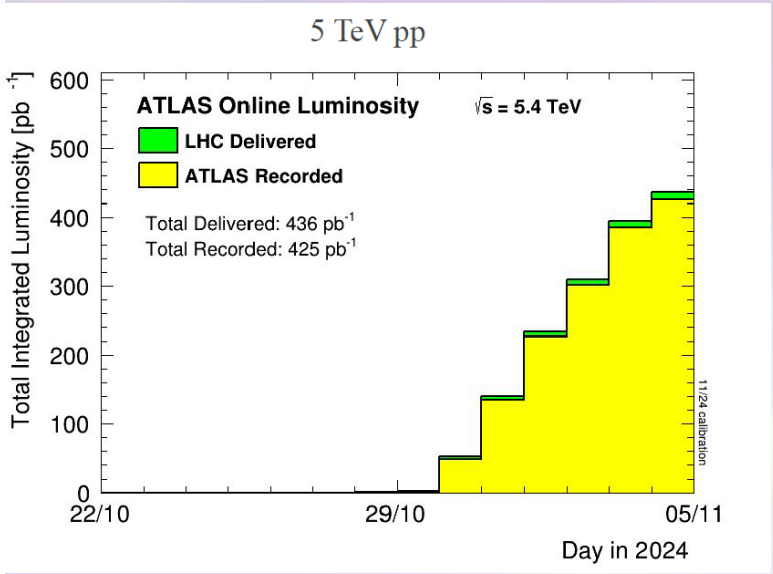


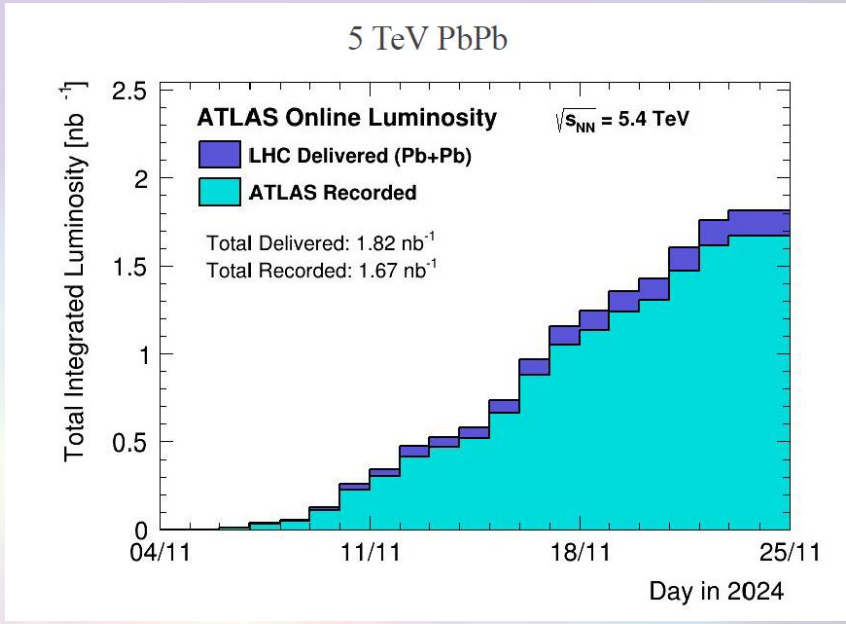


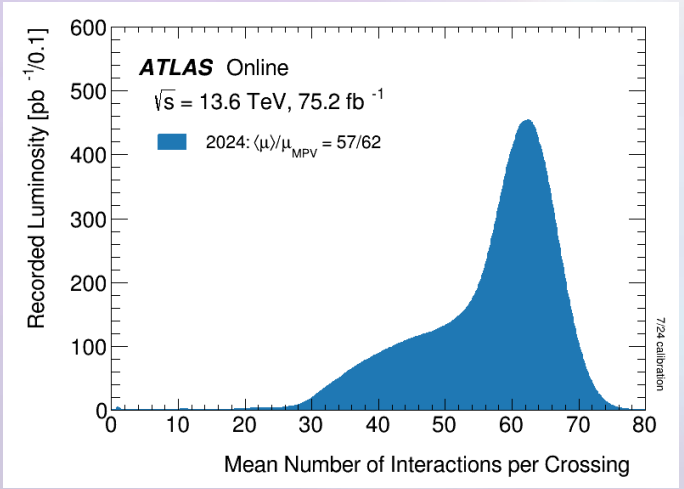
ATLAS operations in 2024

Luminosity 2024





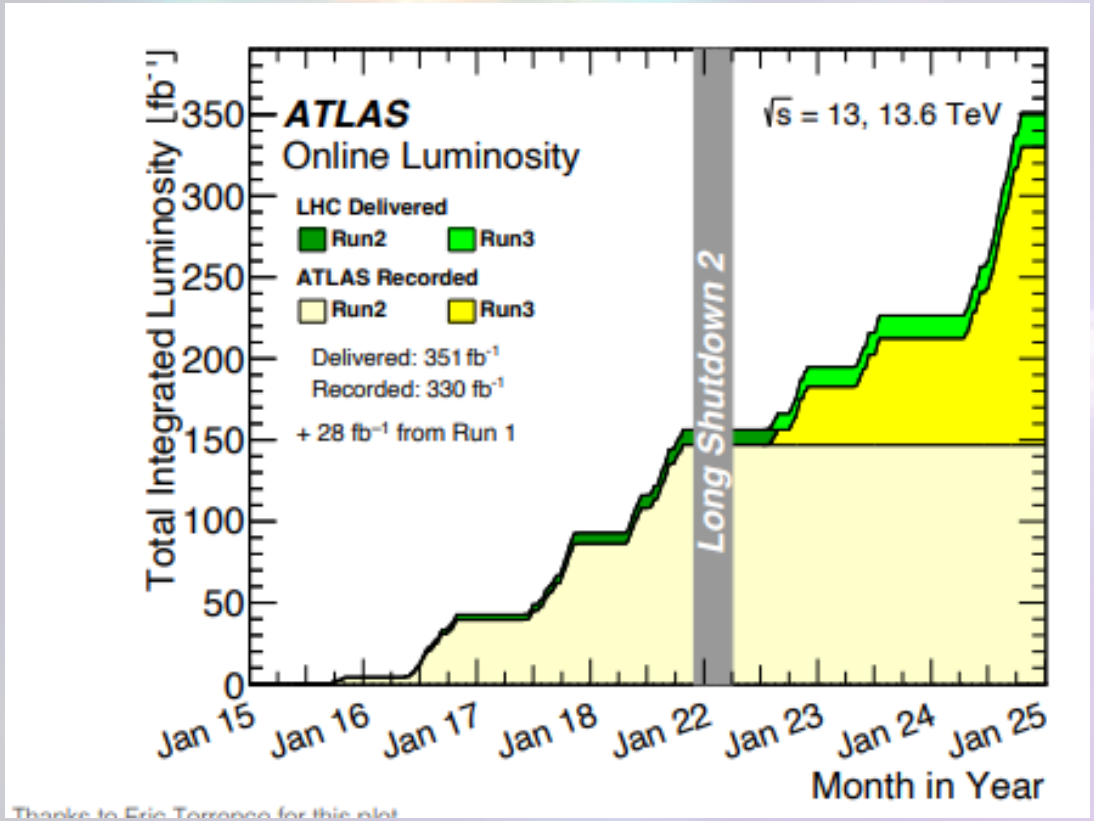




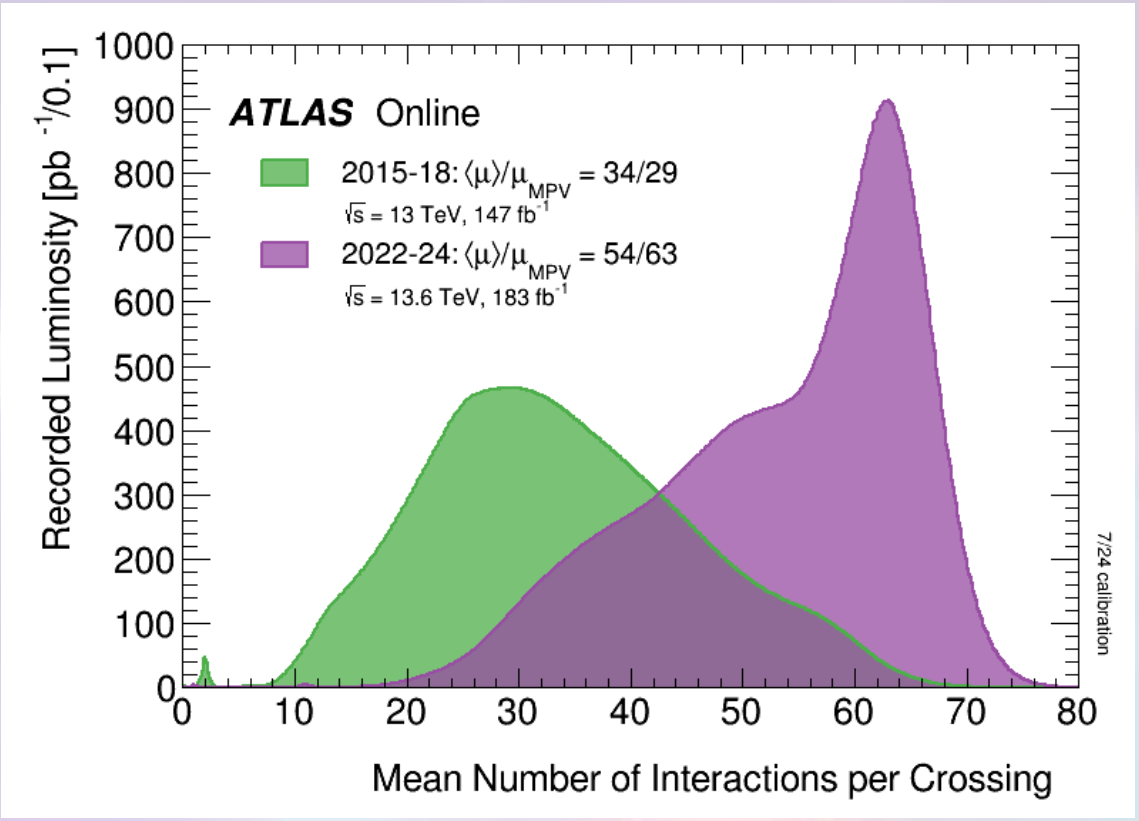
- Published 117 papers
- 16 CONF notes
- 23 PUB notes

- Run 3 extension until end of June 2026 + 7.5 months
- LS3 start on June 29th, 2026
- Close experimental caverns mid-May 2030
- Beam back in LHC early June 2030

ATLAS operations Run 2 + Run 3



Thanks to Eric Torrence for this plot



- Run 3 extension until end of June 2026 + 7.5 months
- LS3 start on June 29th, 2026
- Close experimental caverns mid-May 2030
- Beam back in LHC early June 2030
- LS3 - beam to beam: 3 years 11 months, 47 months