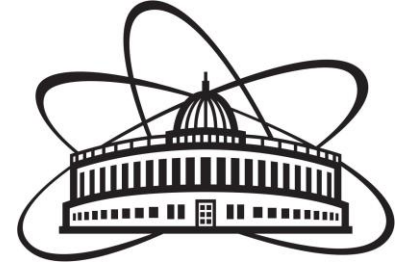


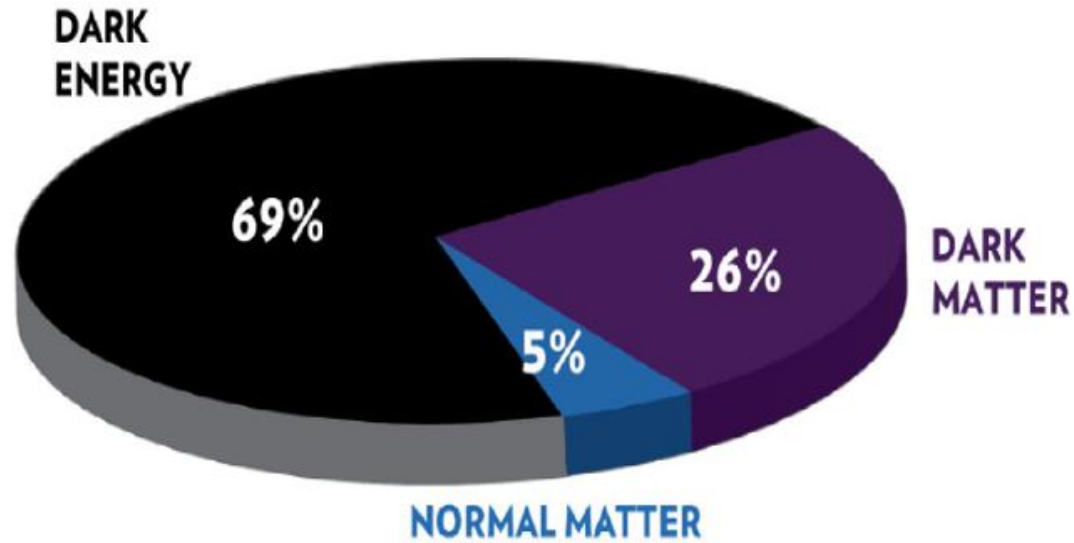
# Моделирование процессов рождения частиц темной материи для поисковой программы эксперимента CMS

Заявка на соискание гранта ОМУС и стипендий им. М.Г.  
Мещерякова и Н.Н. Говоруна

Слижевский К.



# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



- ПРИРОДА ТЕМНОЙ МАТЕРИИ ОСТАЕТСЯ НЕРЕШЕННОЙ ПРОБЛЕМОЙ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

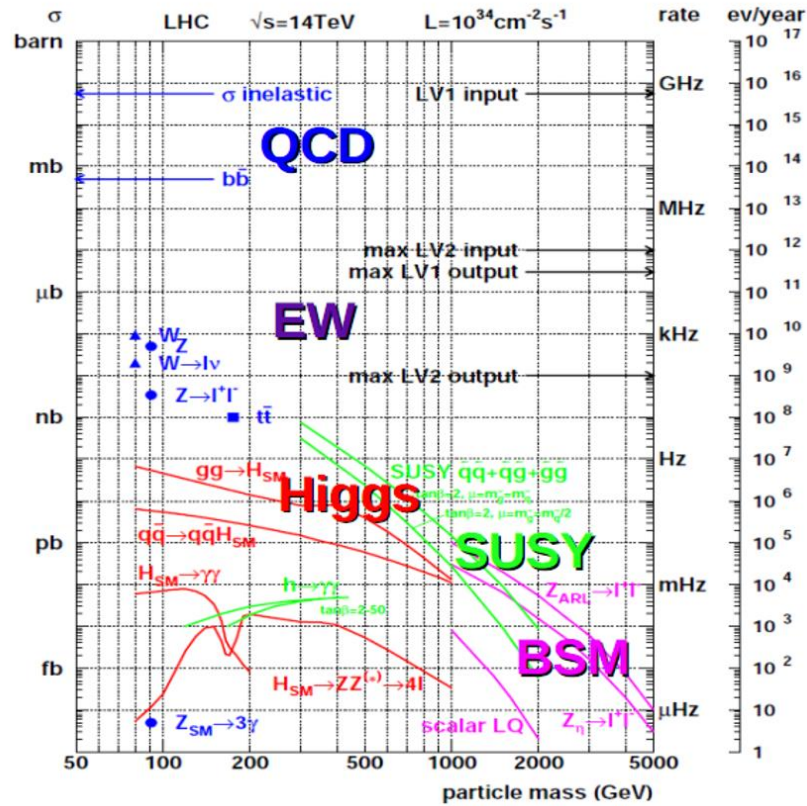


- АНАЛИЗ НОВЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ КОЛЛАБОРАЦИЕЙ CMS В ХОДЕ CMS RUN3



- ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ДАННЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСКАЗАНИЙ ТРЕБУЕТСЯ МОДЕЛИРОВАНИЕ

# ПОИСК ТЕМНОЙ МАТЕРИИ



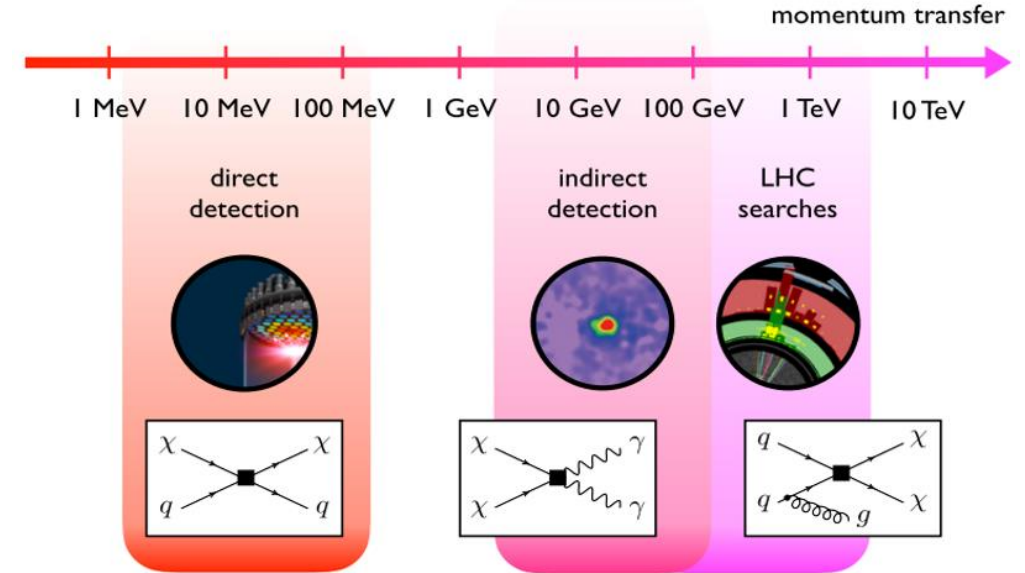
■ SM processes:

$$\sigma \sim 1/(100 \text{ MeV})^2$$

↑  
 $10^{-8}!$   
↓

■ New Physics:

$$\sigma \sim 1/(1 \text{ TeV})^2$$



Для поиска новой физики за рамками стандартной модели изучаются редкие процессы с сечениями порядка фемтобарна

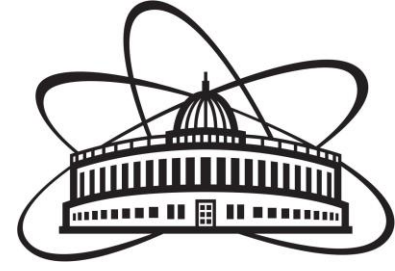
Темная материя может быть получена в ускорителях, если:

- Масса частиц темной материи достаточно мала
- Сечение достаточно велико
- Темная материя взаимодействует с обычной хотя бы слабо

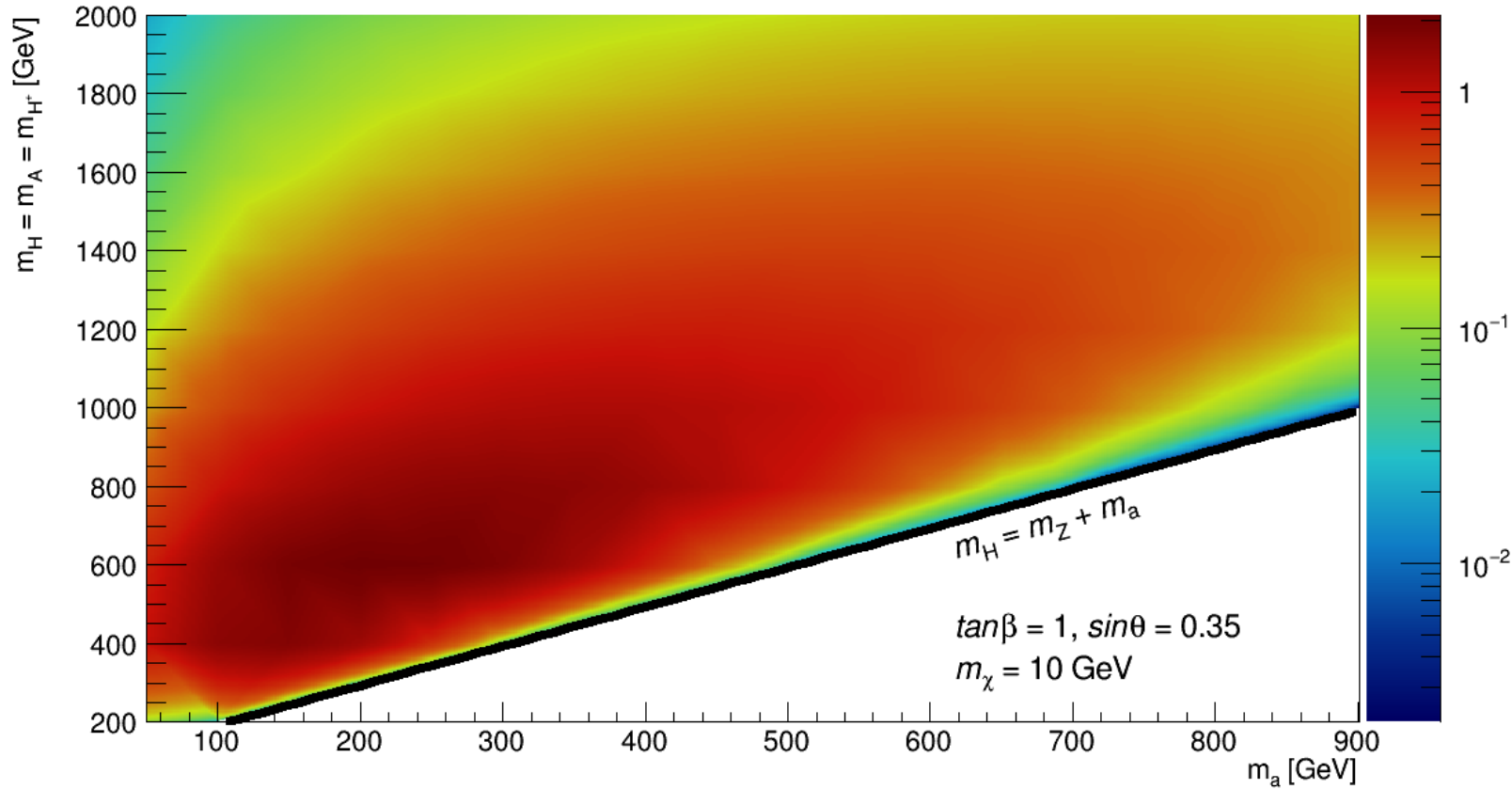




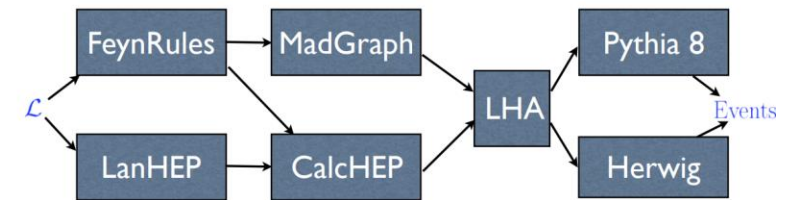
# ПОИСК ТМ В 2HDM+X



Cross section  $pp \rightarrow Z \chi \bar{\chi}$  (2HDM+a)

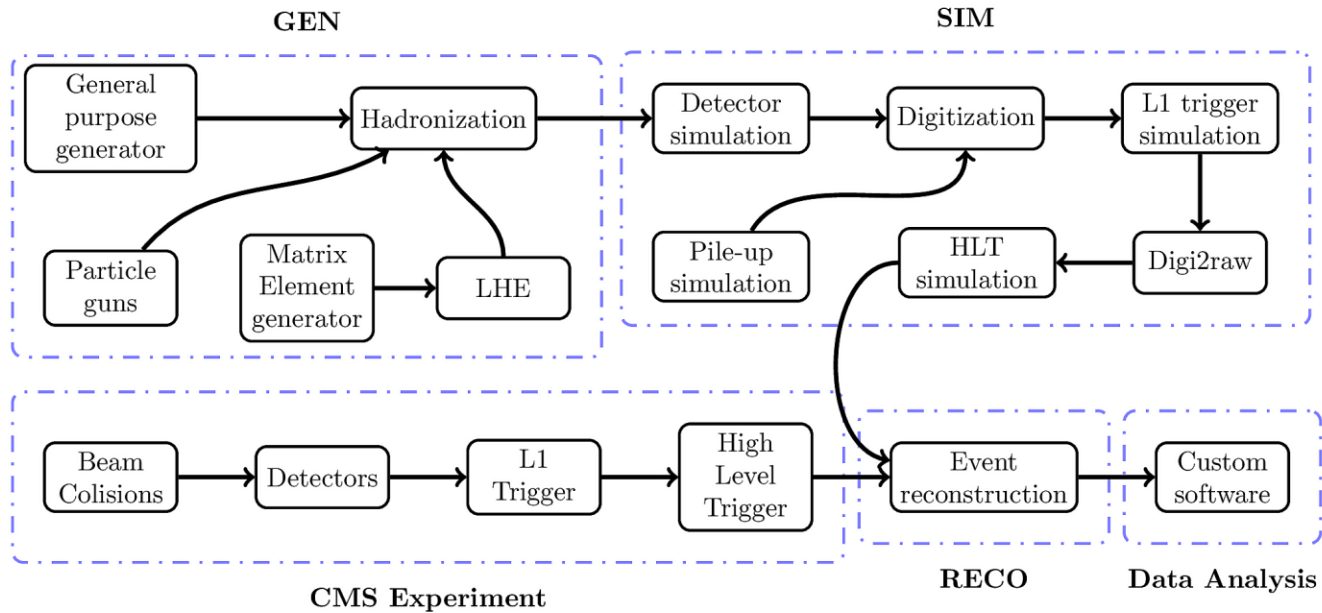
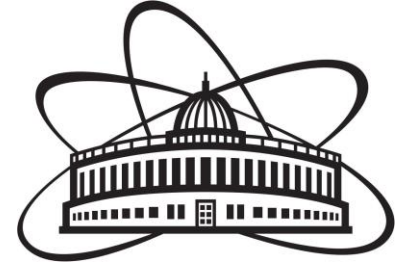


С помощью генераторов **MadGraph5 + FeynRules** проведено моделирование процессов рождения частиц темной материи в рамках двухдублетной хиггсовской модели с псевдоскалярным





# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССА

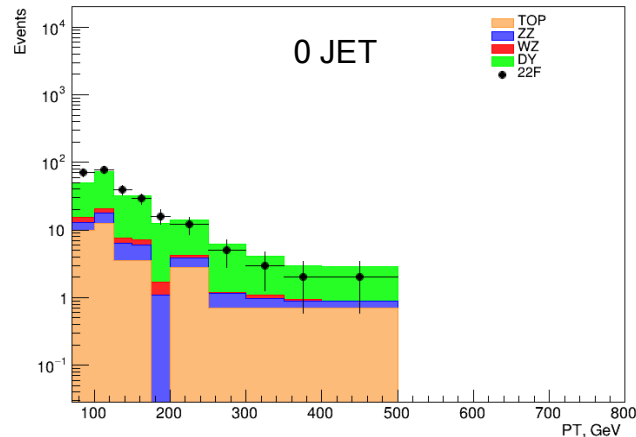
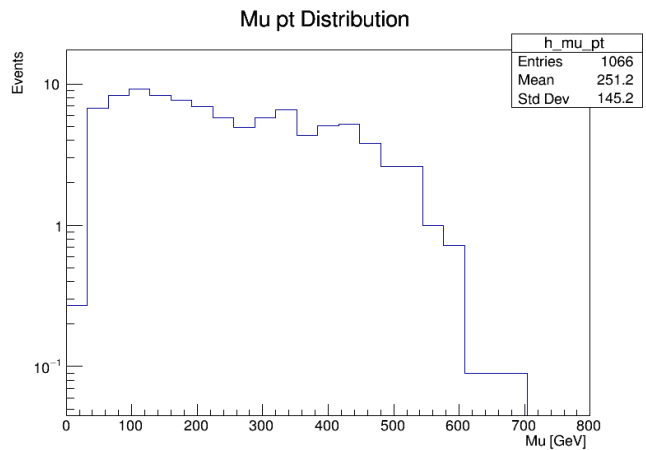
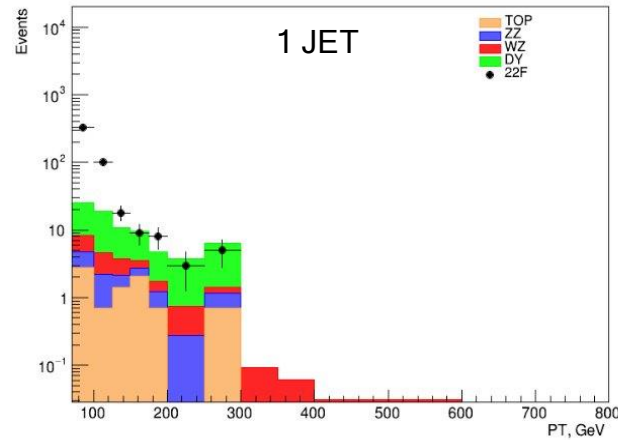
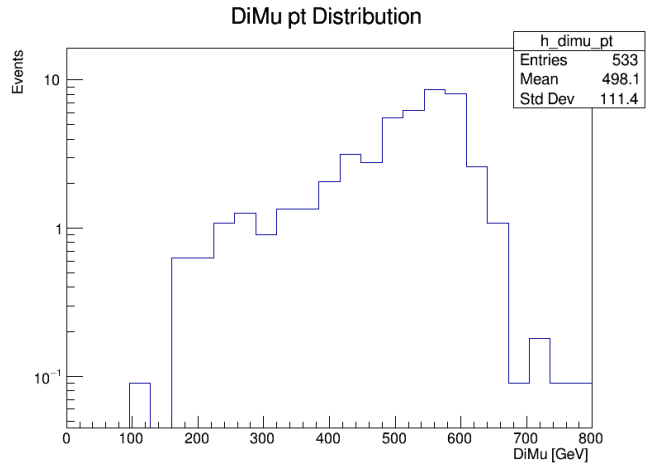
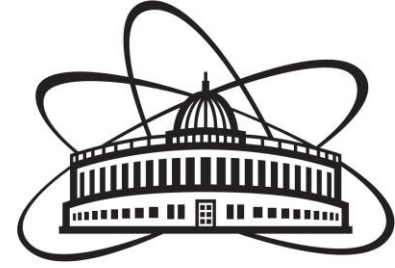


- ГЕНЕРАЦИЯ MADGRAPH5
- АДРОНИЗАЦИЯ В PYTHIA8
- СИМУЛЯЦИЯ ОТКЛИКА ДЕТЕКТОРА
- СИМУЛЯЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МАТЕРИАЛОМ ДЕТЕКТОРНЫХ СИСТЕМ В GEANT4
- СИМУЛЯЦИЯ L1 И HLT ТРИГГЕРНЫХ СИСТЕМ
- РЕКОНСТРУКЦИЯ В CMSSW\_13\_0\_2
- АНАЛИЗ МОДЕЛИРОВАННЫХ И РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ
- СРАВНЕНИЕ МС И ДАННЫХ CMS 22 ГОДА  
(В работе используется HTCondor)

ERA	Delivered by LHC [fb]	Recorded by CMS [fb]	Golden JSON [fb]	Monte Carlo Campaign
B	0.1277	0.1147	0.09656	
C	7.0067	6.3777	5.0104	Run3Summer22
D	3.8044	3.3773	2.9700	Run3Summer22
E	6.7495	6.2649	5.8070	Run3Summer22EE
F	20.1584	18.6049	17.7819	Run3Summer22EE
G	3.6185	3.2748	3.0828	Run3Summer22EE
<b>Total</b>	<b>41.4652</b>	<b>38.0143</b>	<b>34.7486</b>	



# АНАЛИЗ МС ДАТАСЕТОВ RUN3 (2022)

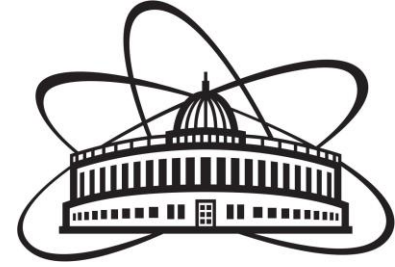


- ✓ Распределение основных кинематических характеристик для сигнального процесса.
- ✓ Смоделировано ~100 наборов данных в различных точках пространства модельных параметров.
- ✓ Применяются кинематические отборы позволяющие достичь отношения эффективности отбора событий для фоновых процессов и моделированных данных

$$\text{Eff}_{\text{SIGNAL}}/\text{Eff}_{\text{BG}} = 10^3 - 10^5$$

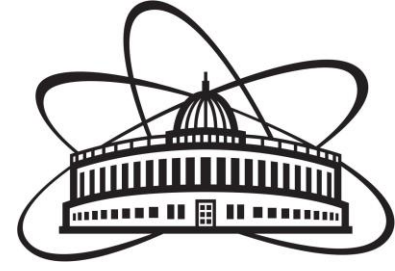


## ПЛАН РАБОТЫ НА 2025



- Изучение пространства модельных параметров расширенных двухдублетных хиггсовских моделей с дополнительным скалярным синглетом (2HDM+S) и псевдоскалярным синглетом (2HDM+a). С помощью генераторов MadGraph5 + FeynRules будет проведено моделирование соответствующих процессов, протекающих при взаимодействии пучков протонов с  $\sqrt{s} = 13.6$  ТэВ (RUN3 LHC), и выполнены процедуры полного моделирования отклика детекторных систем CMS.
- Проведение оффлайн отбора событий для данных полученных экспериментом CMS в 2023-2024 гг. и для смоделированных фоновых процессов. Оптимизация алгоритмов.
- Сравнение экспериментальных, смоделированных наборов данных и теоретических предсказаний.





## ПУБЛИКАЦИИ:

- Search for Dark Matter Produced in Association with a Leptonically Decaying Z Boson with the CMS Experiment at the LHC” Phys. Atom. Nucl. 86 (2023) 6, 1327-1331
- Поиск частиц темной материи, предсказываемых в модели скалярного портала с двухдублетным расширением хиггсовского сектора и одним дополнительным синглетом. Принят к публикации в ЭЧАЯ.

## ВЫСТУПЛЕНИЯ:

- 59th meeting of the PAC for Particle Physics 22 января 2024 - постер
- Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, Российская академия наук, Дубна, Россия 2024.- Устный доклад
- MMCP 2024 - Simulation of Dark Matter Production within the extended 2HDM models - Ереван, Армения - 2024 - Устный доклад

**Спасибо за внимание**