Поиск темной материи в канале ассоциированного рождения калибровочного бозона Z^0 и частицы темной материи

К.В. Слижевский, (ОИЯИ/Университет "Дубна") Группа: В.А. Алексахин, В.В. Шалаев, С.В. Шматов, М.В. Савина Защита магистерской диссертации ожидается в июне 2022 г.

Постановка задачи и цели работы

Поставленные задачи:

- Освоить генератор MadGraph5 aMC@NLO
- Построить полную цепочку рекострукции
- событий

Оценить кол-во ожидаемых событий в течении RUN3 с учетом эффективностей отбора событий

Некоторые недостатки Стандартной

- модели Не включает теорию
- гравитации
- Не объясняет, почему масса Хиггса такая легкая (проблема естественности / иерархии)
- Не имеет кандидата на темную материю
  Не объясняет барионную асимметрию

вселенной Два способа решения этой проблемы

- Bottom up: Нужно везде, где только можно, искать маленькие и большие отклонения от SM.
- Top down: Необходимо создавать новые модели, не противоречущие текущим результатам эксперимента и решающие одну из указанных проблем.

FeynRules model database

Коллекция моделей, которые уже реализованы в FeynRules https://feynrules.irmp.ucl.ac.be/wiki/ModelDatabaseMainPage https://feynrules.irmp.ucl.ac.be/wiki/NLOModels

Available models

Standard Model	The SM implementation of FeynRules, included into the distribution of the FeynRules package.
Simple extensions of the SM	Several models based on the SM that include one or more additional particles, like a 4th generation, colored scalars.
Supersymmetric Models	Various supersymmetric extensions of the SM, including the MSSM, the NMSSM and many more.
Extra-dimensional Models	Extensions of the SM including KK excitations of the SM particles.
Strongly coupled and effective field theories	Including Technicolor, Little Higgs, as well as SM higher-dimensional operators, vector-like quarks.
Miscellaneous	
NLO	Models ready for NLO computations

2HDM+S

2HDM+s (два комплексных скалярных

- дуплета) нейтрильные CP-четные h,H
- нейтральные CP-нечетное
- A Заряженные H^+, H^-

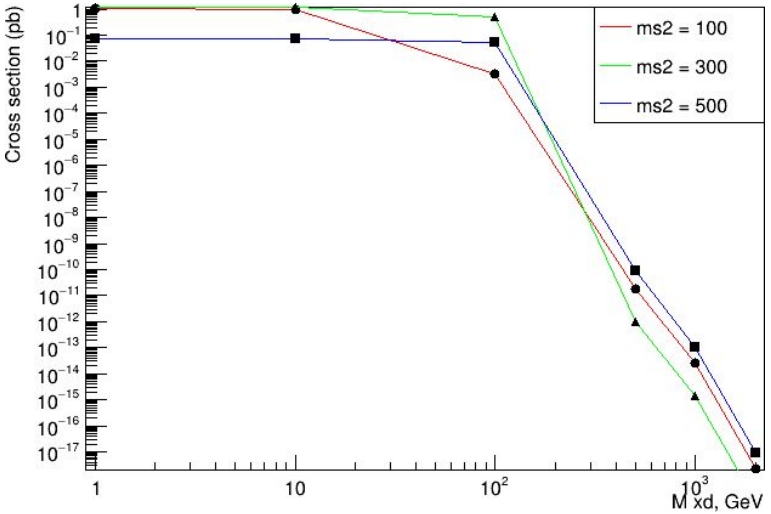
+ скалярный синглет S (нейтральный, спин 0) Модель имеет следующие параметры:

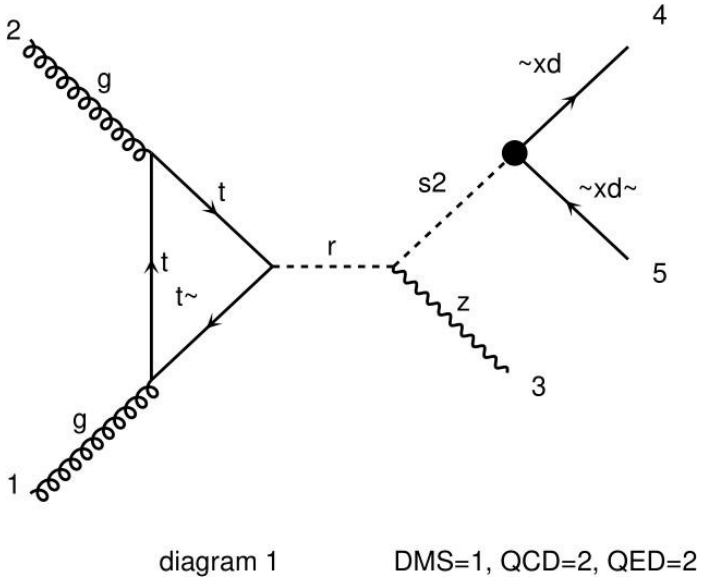
- Массы и ширины 2HDM+s
- Отношение вакуумных средних $tan(\beta) = \frac{v_1}{v_2}$, $v_1^2 + v_2^2 = v^2 = (246 GeV)^2$
- Угол смешивания двух скалярных состояний θ
- Юкавский сектор (связь скаляров и фермионов СМ)
- Константы взаимодействия между двумя хиггсовскими дублетами Сектор ТМ (массы частицы ТМ, константа связи ТМ)

Используемый генератор: MadGraph5MC@NLO.2.9.2 Используемая модель: 2HDM+s

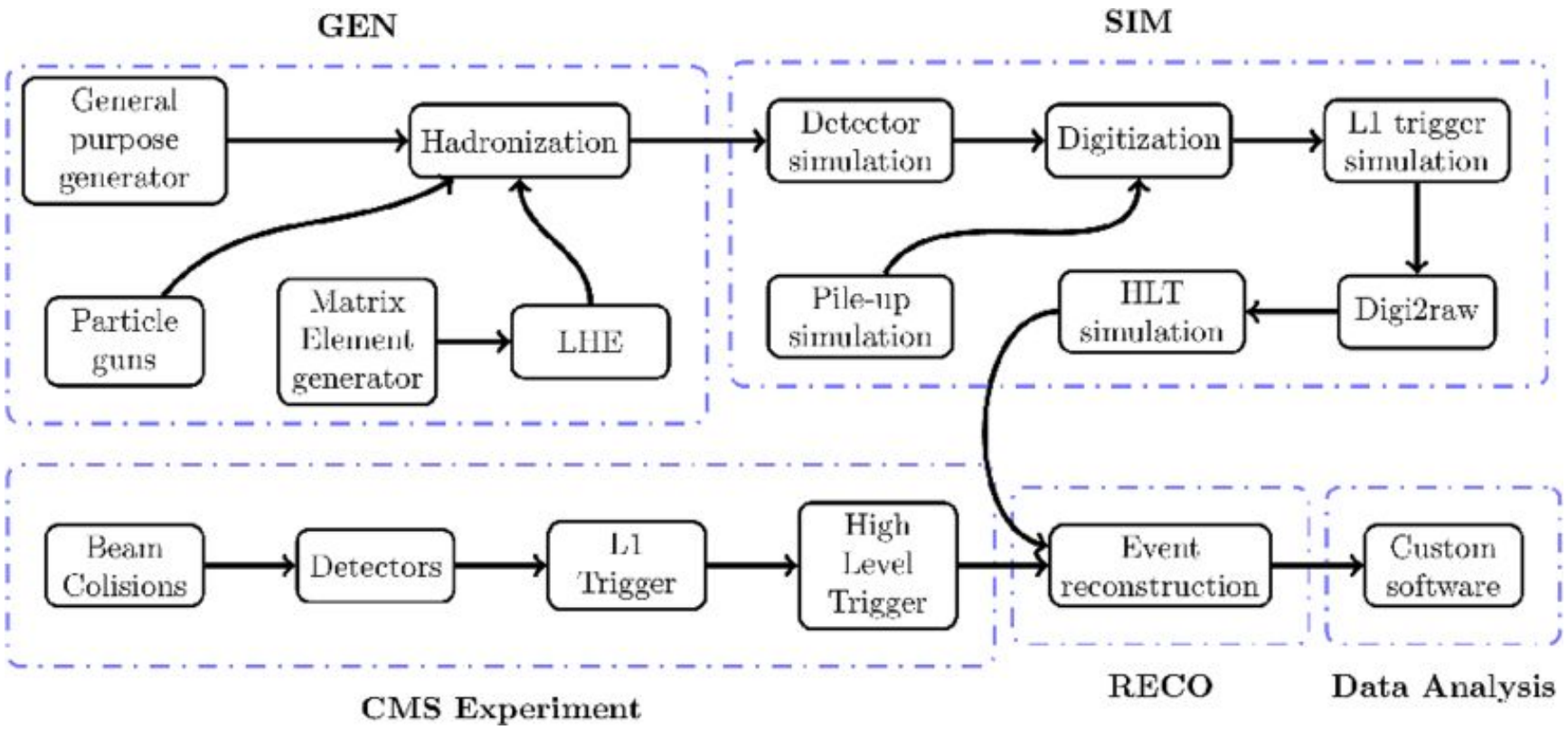
Процесс: p p > Z xd xd (16 независимых диаграмм)

Параметры: M_H = 600 ГэВ, $M_{H^\pm}$ = 600 ГэВ, M_A = 600 ГэВ, M_{xd} = 1 ГэВ, M_s = 300 ГэВ, $\tan(\beta) = 1$, $\sin(\theta) = 0.35$





Цепочка рекострукции событий



General information

- Processed on lxplus
- Environment: CMSSW
- (CMSSW.10.2.0) Generator:
- MadGraph5MC@NLO.2.9.2 Pythia 6
- Process: p p > z xd xd [QCD]
- Process page link: http://feynrules.irmp.ucl.ac.be/wiki/DMGISM0
- GEN + SIM → DIGI → L1 → DIGI2RAW → RAW2DIGI → L1RECO

  → RECO → MiniAOD

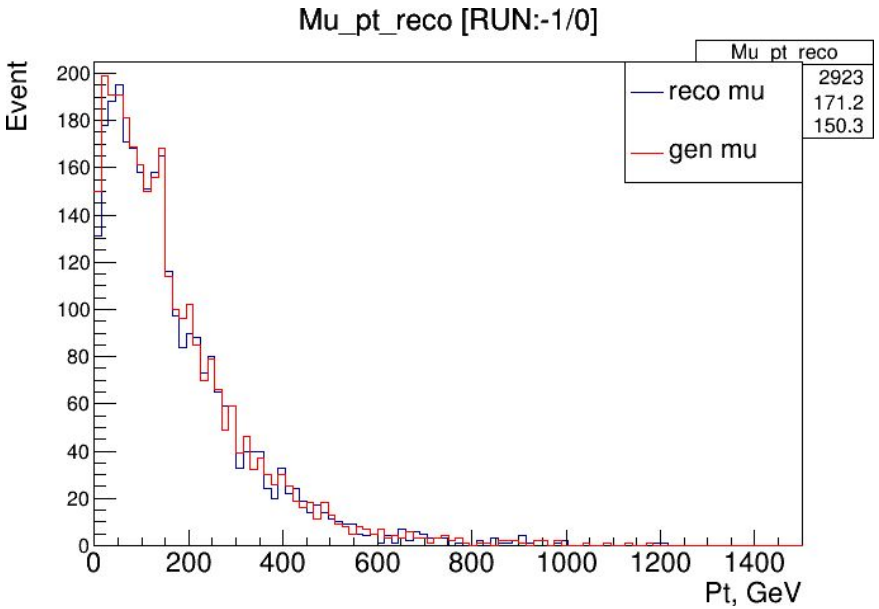
Event selection

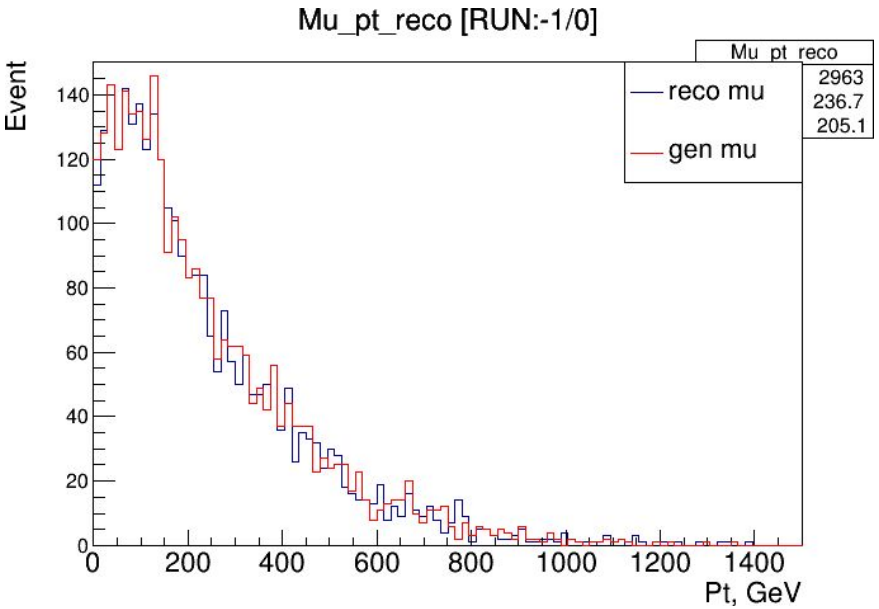
- В сигнальной области (SR) требуется, чтобы события имели два ($N_l = 2$) хорошо идентифицированных, изолированных электрона или мюона с одинаковым ароматом и противоположным зарядом (e^+e^- или $\mu^+\mu^-$).
- По крайней мере один электрон или мюон из пары должен иметь
- $p_T > 25$ ГэВ, а второй $p_T > 20$ ГэВ.

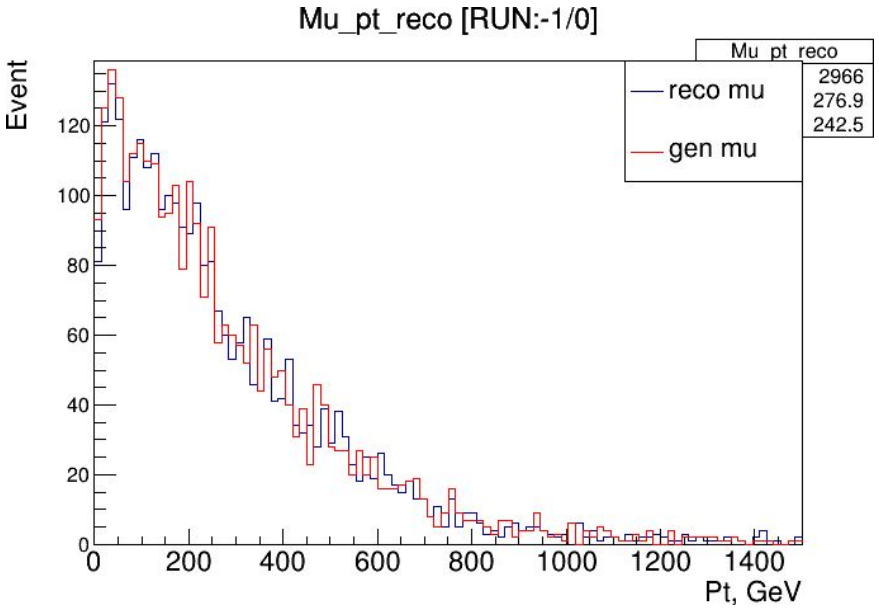
  Для уменьшения нерезонансного фона инвариантная масса дилептона должна быть в пределах 15 ГэВ от средней массы Z-бозона, чтобы p_T системы дилептонов p_T^{ll} было больше 60 ГэВ, чтобы отсечь большую часть фона DY.
- Кроме того, мы требуем, чтобы

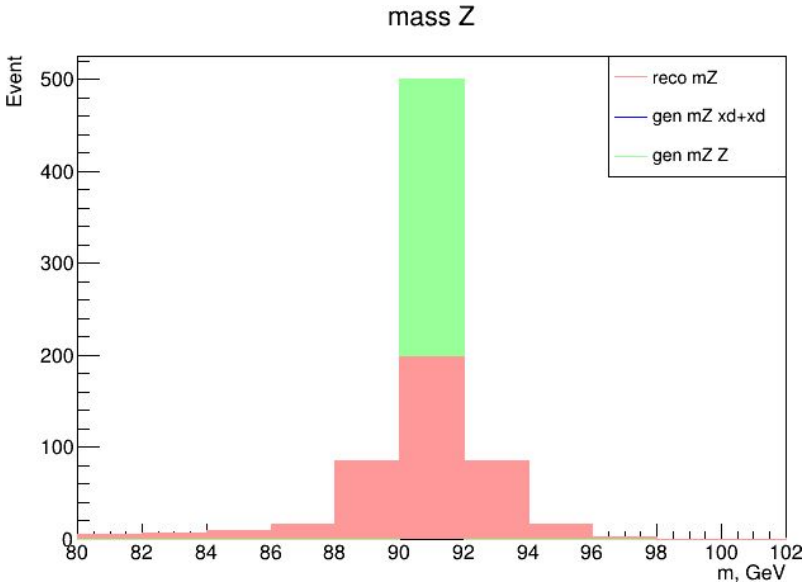
Table 1: Summary of the kinematic selections for the signal region.

Quantity	Requirement	Target backgrounds
N_ℓ	=2 with additional lepton veto	WZ, VVV
p_{T}^{ℓ}	>25/20 GeV for leading/subleading	Multijet
Dilepton mass	$\left\lvert m_{\ell\ell} - m_{\mathrm{Z}} \right\rvert < 15\,\mathrm{GeV}$	WW, top quark
Number of jets	≤1 jet with $p_{\mathrm{T}}^{\mathrm{j}} > 30\,\mathrm{GeV}$	DY, top quark, VVV
$p_{\mathrm{T}}^{\ell\ell}$	>60 GeV	DY
b tagging veto	0 b-tagged jet with $p_{\mathrm{T}} > 30\,\mathrm{GeV}$	Top quark, VVV
τ lepton veto	0 τ_{h} cand. with $p_{\mathrm{T}}^{\tau} > 18\,\mathrm{GeV}$	WZ
$\Delta\phi(\vec{p}_{\mathrm{T}}^{\mathrm{j}}, \vec{p}_{\mathrm{T}}^{\mathrm{miss}})$	>0.5 radians	DY, WZ
$\Delta\phi(\vec{p}_{\mathrm{T}}^{\ell\ell}, \vec{p}_{\mathrm{T}}^{\mathrm{miss}})$	>2.6 radians	DY
$\lvert p_{\mathrm{T}}^{\mathrm{miss}} - p_{\mathrm{T}}^{\ell\ell} \rvert / p_{\mathrm{T}}^{\ell\ell}$	<0.4	DY
$\Delta R_{\ell\ell}$	<1.8	WW, top quark
$p_{\mathrm{T}}^{\mathrm{miss}}$ (all but 2HDM+a)	>100 GeV	DY, WW, top quark
$p_{\mathrm{T}}^{\mathrm{miss}}$ (2HDM+a only)	>80 GeV	DY, WW, top quark
m_{T} (2HDM+a only)	>200 GeV	DY, WW, ZZ, top quark


Mu_pt_reco [RUN:-1/0]
Mu_pt_reco
2923
171.2
150.3
reco mu
gen mu
Event
Pt, GeV


Mu_pt_reco [RUN:-1/0]
Mu_pt_reco
2963
236.7
205.1
reco mu
gen mu
Event
Pt, GeV


Mu_pt_reco [RUN:-1/0]
Mu_pt_reco
2966
276.9
242.5
reco mu
gen mu
Event
Pt, GeV


mass Z
reco mZ
gen mZ xd+xd
gen mZ Z
Event
m, GeV

Заключение:

- Осмыслена постановка задачи
- Освоен генератор MadGraph5 aMC@NLO
- Построена полная цепочка рекострукции
- событий
- Построен расширеный список кинематических

характеристик Применены условия отбора событий

Дальнейшие ближайшие

- шаги Увеличить
- статистику

Оценить соответствующие эффективности отбора

С учетом эффективностей отбора оценить кол-во ожидаемых событий в течении RUN3