

# Моделирование парного рождения гравитино на LHC

Отчет о научно-исследовательской работе

Консультант:  
Научный руководитель:  
Студент:

М.В.Савина  
К.М. Белоцкий  
С.Д. Франк-Каменецкая

- Оценка наблюдаемости парного рождения гравитино на LHC
- Гравитино - кандидат в частицу теплой темной материи

Теплая темная материя - выходит из кинематического равновесия с веществом (отщепляется) релятивистской, но к моменту перехода RD  $\rightarrow$  MD стадий нерелятивистская.

Преимущества модели теплой темной материи:

- подавление образования карликовых галактик (возмущений с современными длинами волн соответствующих карликовым галактикам)
- возможное объяснение наблюдаемых данных о профилях плотности темного гало

Гравитино как кандидат на роль частицы ТМ:

- легчайший суперпартнер (LSP), стабильно
- слабо взаимодействует с частицами Стандартной модели на низких энергиях
- $m_{\tilde{G}} \approx 1$  КэВ

Состав полей МССМ

Супер	Бозоны	Фермионы	$SU(3)$	$SU(2)$	$U_Y(1)$
Вектор					
$\mathbf{G}^a$	глюон $g^a$	глюино $\tilde{g}^a$	8	0	0
$\mathbf{V}^k$	слабые $W^k (W^\pm, Z)$	вино, зино $\tilde{w}^k (\tilde{w}^\pm, \tilde{z})$	1	3	0
$\mathbf{V}'$	гиперзаряд $B (\gamma)$	бино $\tilde{b}(\tilde{\gamma})$	1	1	0
Материя					
$\mathbf{L}_i$	слептоны $\left\{ \begin{array}{l} \tilde{L}_i = (\tilde{\nu}, \tilde{e})_L \\ \tilde{E}_i = \tilde{e}_R \end{array} \right.$	лептоны $\left\{ \begin{array}{l} L_i = (\nu, e)_L \\ E_i = e_R \end{array} \right.$	1	2	-1
$\mathbf{E}_i$			1	1	2
$\mathbf{Q}_i$	скварки $\left\{ \begin{array}{l} \tilde{Q}_i = (\tilde{u}, \tilde{d})_L \\ \tilde{U}_i = \tilde{u}_R \\ \tilde{D}_i = \tilde{d}_R \end{array} \right.$	кварки $\left\{ \begin{array}{l} Q_i = (u, d)_L \\ U_i = u_R^c \\ D_i = d_R^c \end{array} \right.$	3	2	1/3
$\mathbf{U}_i$			3*	1	-4/3
$\mathbf{D}_i$			3*	1	2/3
Хиггс					
$\mathbf{H}_1$	хиггс $\left\{ \begin{array}{l} H_1 \\ H_2 \end{array} \right.$	хиггсино $\left\{ \begin{array}{l} \tilde{H}_1 \\ \tilde{H}_2 \end{array} \right.$	1	2	-1
$\mathbf{H}_2$			1	2	1

## SUGRA

$$\text{гравитон } G, s=2, m=0 \rightarrow \text{гравитино } \tilde{G}, s=3/2, m_{3/2} = \frac{F_0}{\sqrt{3}M_{Pl}}$$

Суперсимметрия - приближенная симметрия и должна быть спонтанно нарушена.

Глобальное нарушение суперсимметрии дает голдстино, локальное нарушение суперсимметрии - супергравитацию (SUGRA) и гравитино.

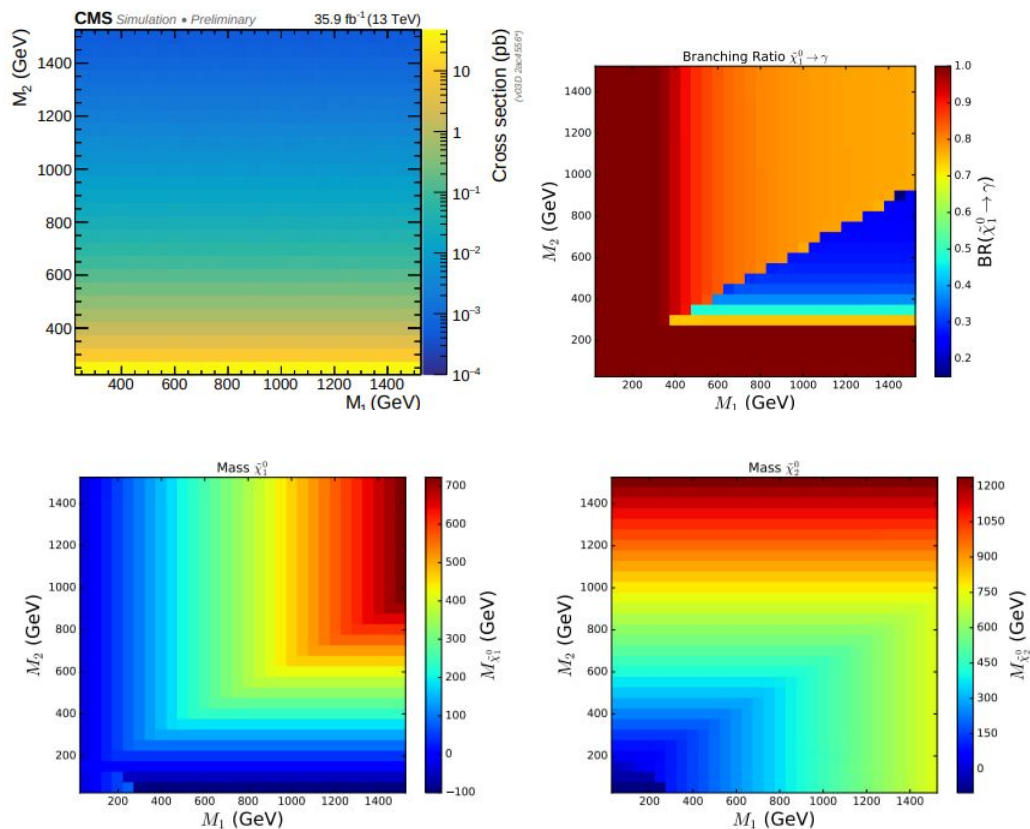
В MSSM нет поля с ненулевым вакуумным средним, поэтому появляются:

- видимый сектор (MS)
- скрытый сектор (HS), в котором происходит нарушение SUSY
- посредники (messengers), переносящие нарушения из HS в MS

Основные механизмы:

- gravity mediated
- gauge mediated
- gaugino mediated

# Моделирование парного рождения гравитино

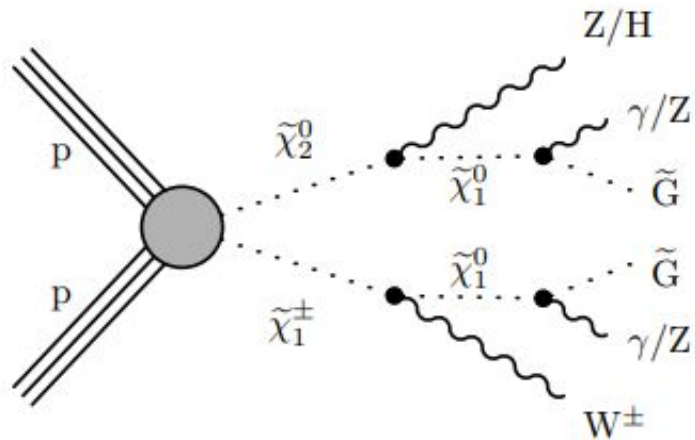
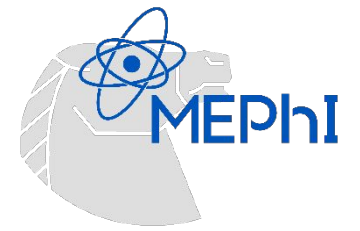


Гистограммы для сканирования по массам первого и второго нейтралينو [1]

[1]K. Kiesel, G. Pasztor, R. Patel, A. Reinsvold Hall, J. Schulz, S. Sharma, M. Sun, M. Weinberg, A. Whitbeck, "Combined search for supersymmetry with general gauge mediation in events with photons in pp collisions at 13 TeV", CMS Analysis Note CMS AN-2017/287 (2017), версия 2 от 15 августа 2018.

	General mediated (GGM)	gauge SUSY	Simplified supersymmetric model
strong channel	-		+
weak channel	+		+
squarks, gluino,	$m_u = m_d = m_e = m_H = 8 \text{ TeV}$		$m_e = m_h = 8 \text{ TeV}$
sleptons masses			$m_u = m_d = m_g = 1.5 \text{ TeV}$
neutralinos	$\tilde{\chi}_3^0, \tilde{\chi}_4^0 : m > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_2^0} > m_{\tilde{\chi}_1^0}$ $\Delta = 250 \text{ GeV}$		$\tilde{\chi}_3^0, \tilde{\chi}_4^0 : m > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_1^0} = m_{\tilde{\chi}_2^0} = m_{\tilde{\chi}_1^\pm}$
charginos	$m_{\tilde{\chi}_2^\pm} > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_1^\pm} < 2.5 \text{ TeV}$		$m_{\tilde{\chi}_2^\pm} > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_1^0} = m_{\tilde{\chi}_2^0} = m_{\tilde{\chi}_1^\pm}$
decays	$\tilde{\chi}_3^0/\tilde{\chi}_4^0 \not\rightarrow \tilde{\chi}_2^0, \tilde{\chi}_1^0$ $\tilde{\chi}_2^0 \rightarrow \tilde{\chi}_1^0$		$\tilde{\chi}_3^0/\tilde{\chi}_4^0 \not\rightarrow \tilde{\chi}_2^0, \tilde{\chi}_1^0$ $\tilde{\chi}_2^0 \not\rightarrow \tilde{\chi}_1^0$ ( $m_{\tilde{\chi}_2^0} = m_{\tilde{\chi}_1^0}$ ) $\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow \tilde{G}$ $\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^\pm$

# GGM. Channel 1



Cross Section for  $pp \rightarrow grv\ grv\ a\ a\ z\ w^\pm$

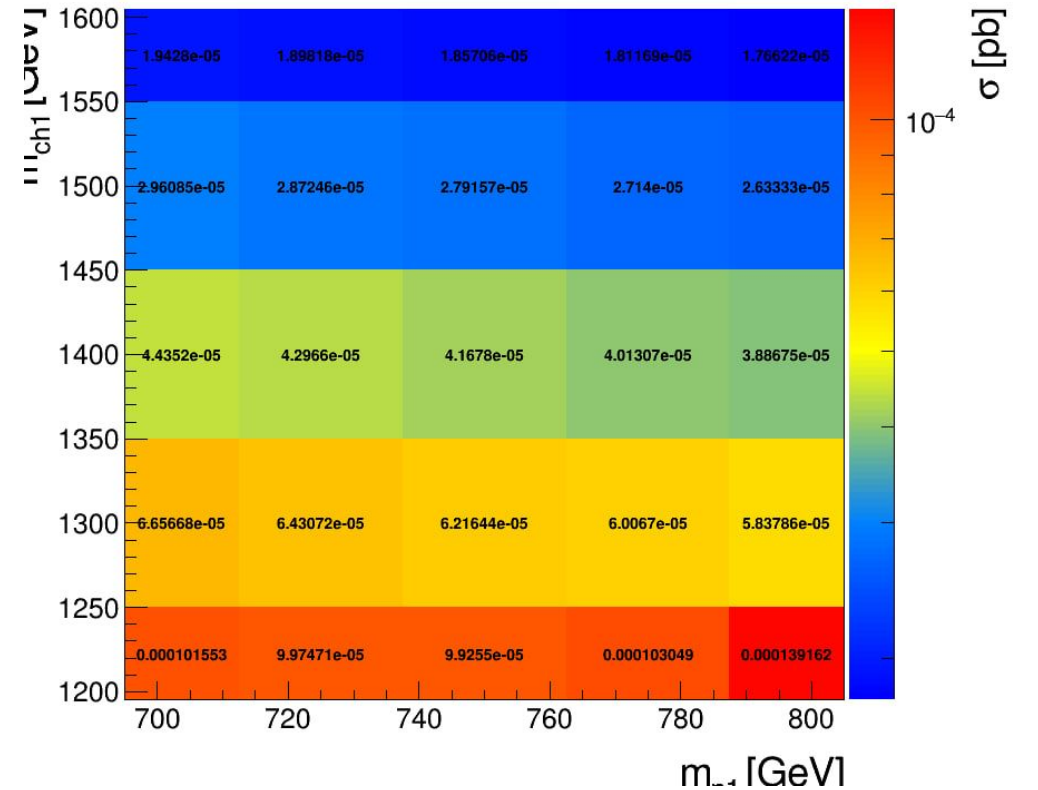


График 1. Сечение парного рождения гравитино в зависимости от массы первого (“бино-лайк”) и второго (“зино-лайк”) нейтралино-

# GGM. Channel 2

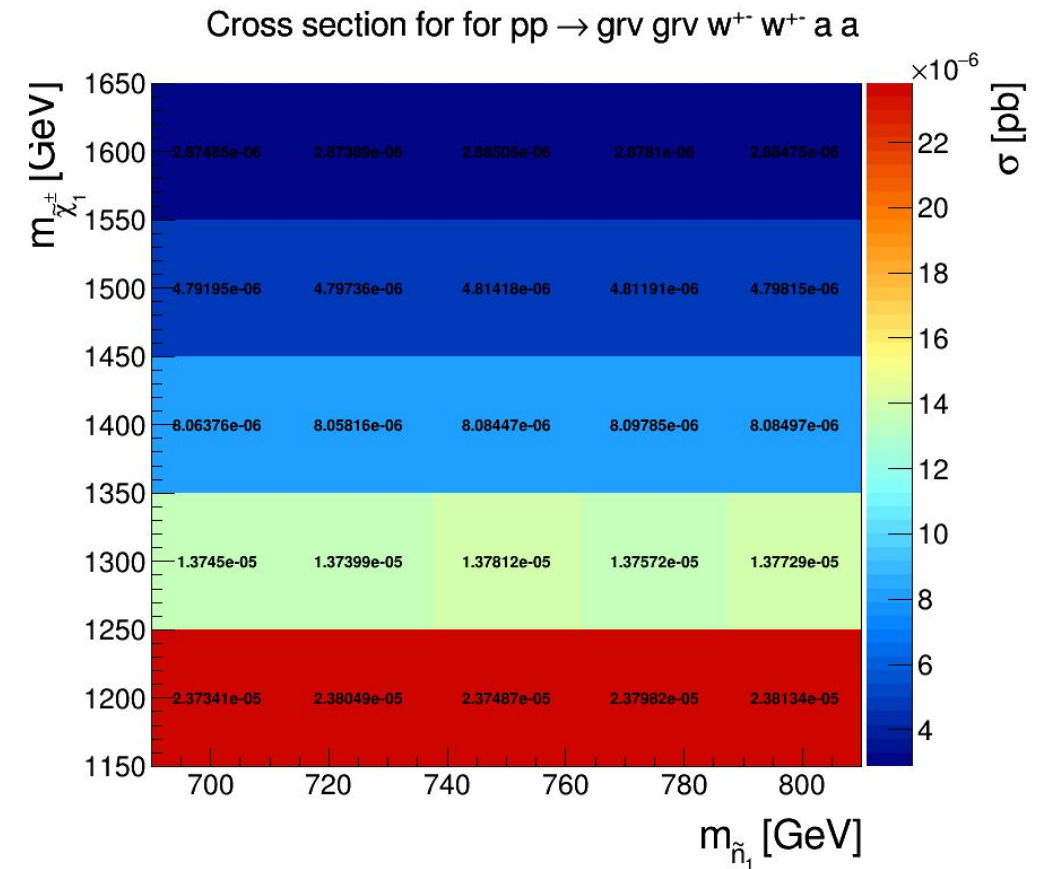
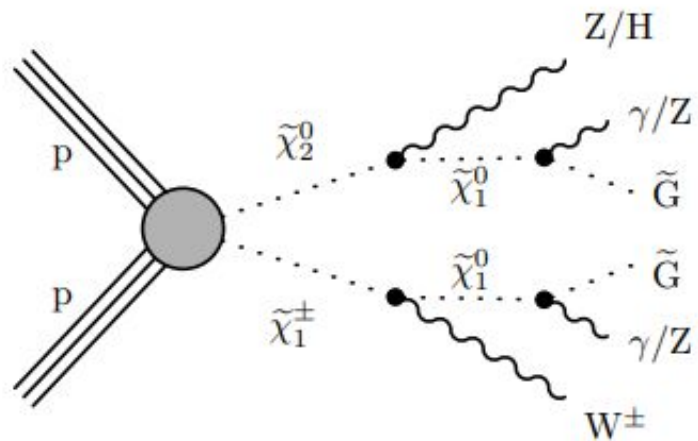


График 2. Сечение парного рождения гравитино в зависимости от массы первого (“бино-лайк”) и второго (“зино-лайк”) нейтралино-

# SSM. Weak channel.

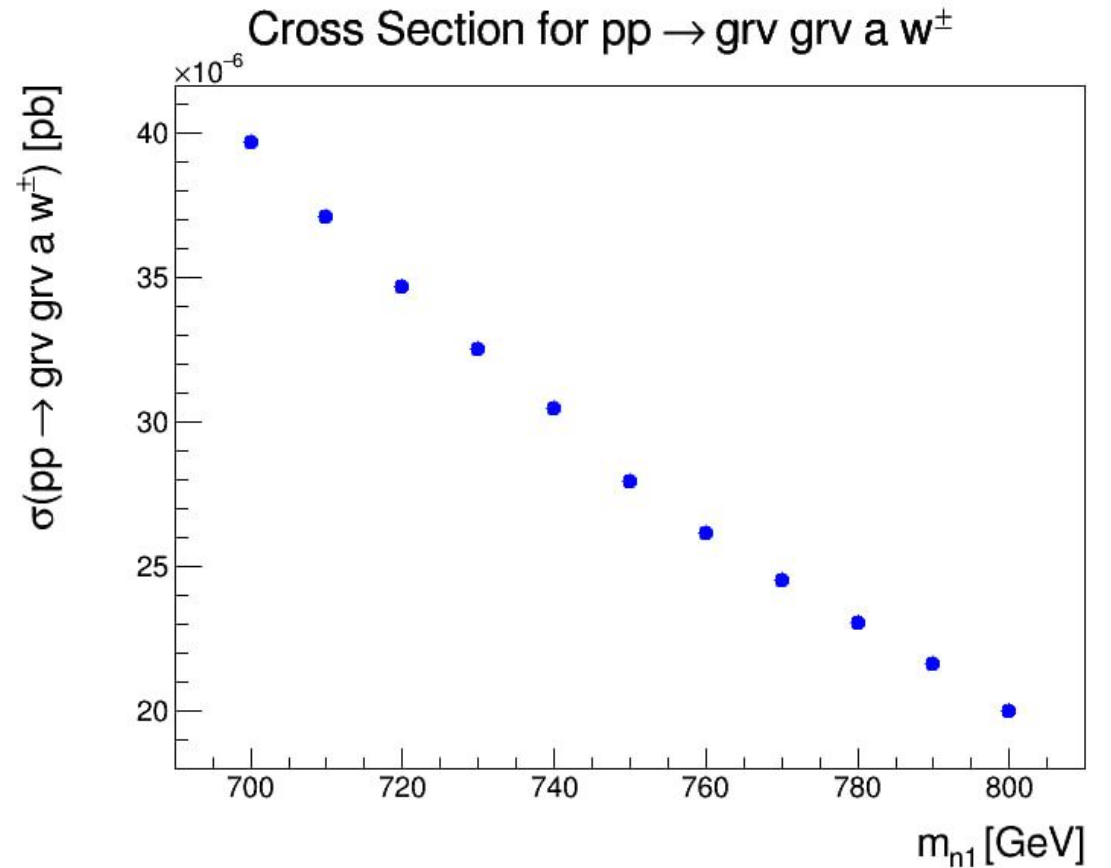
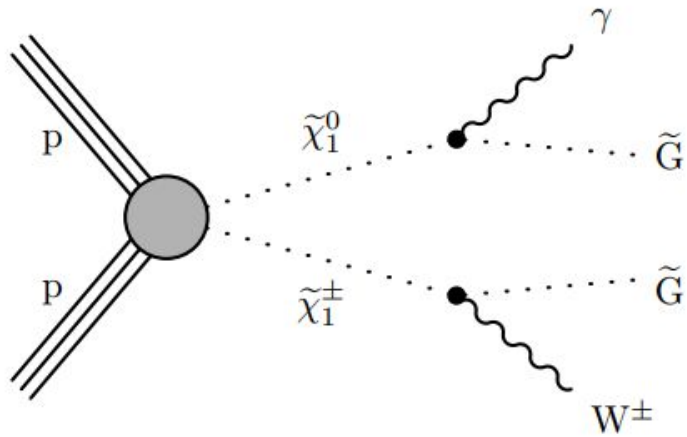
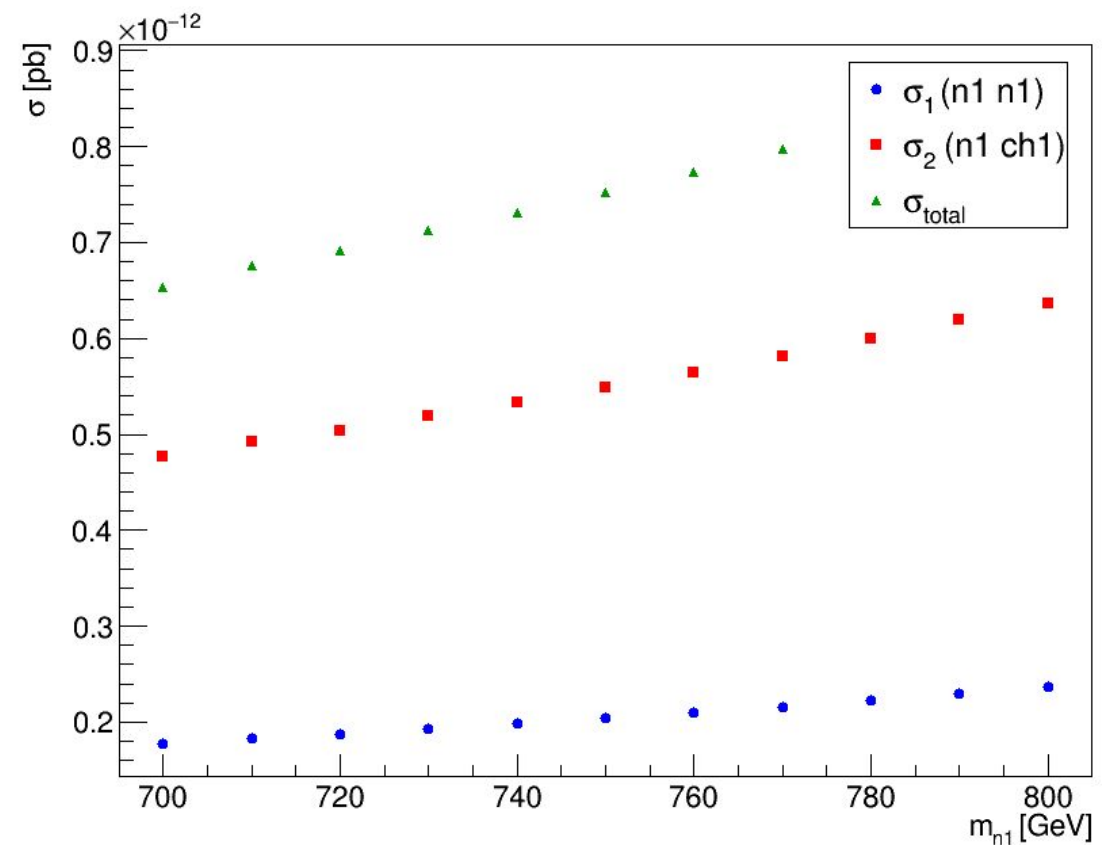
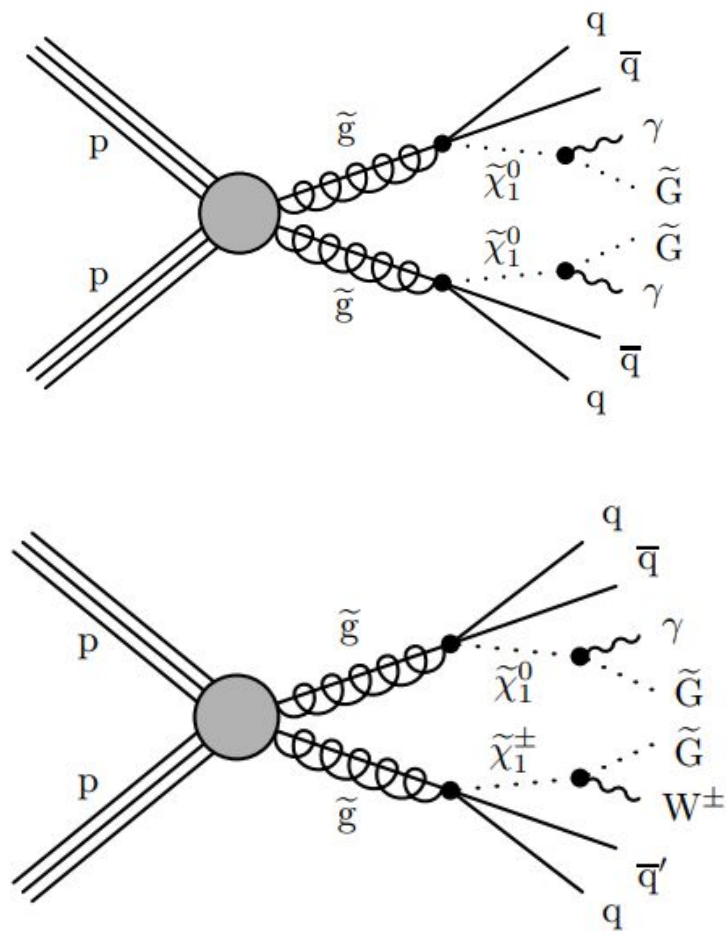
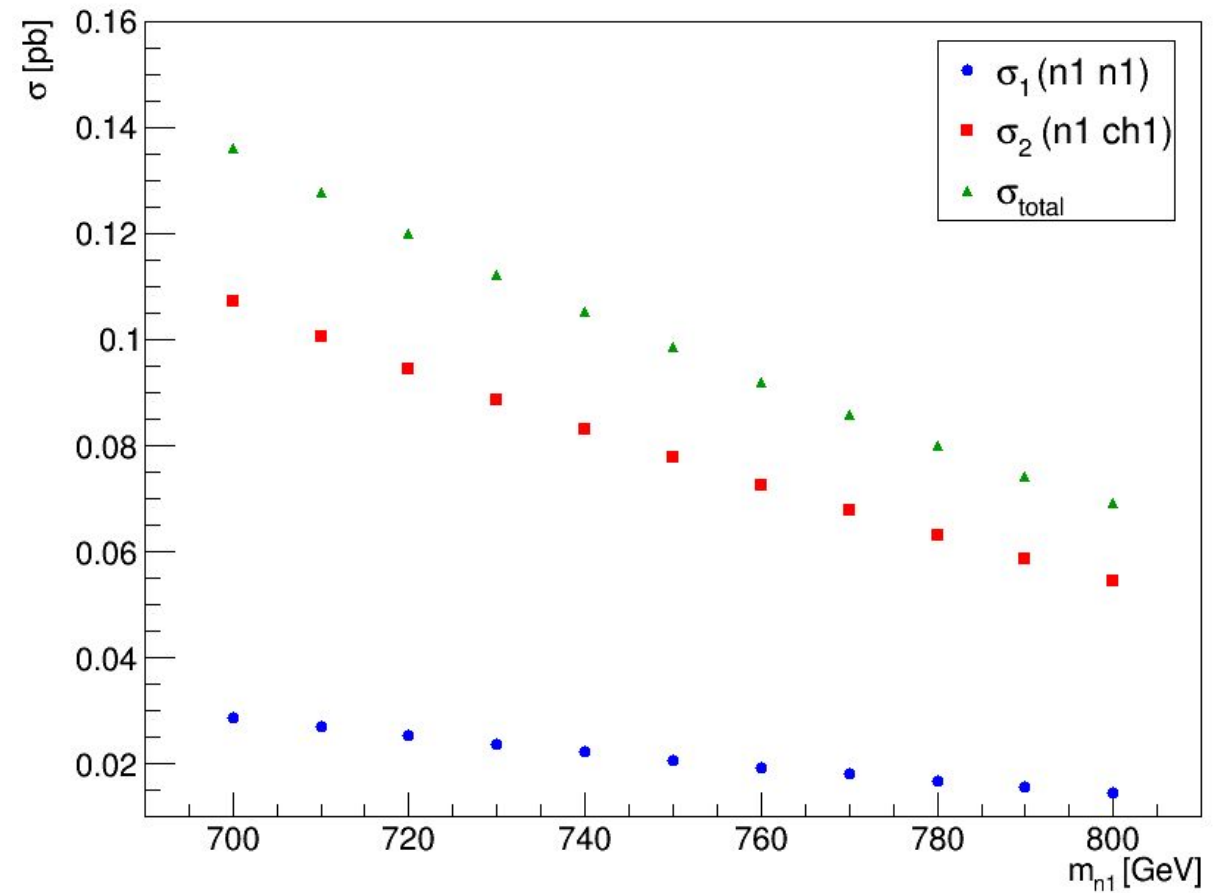
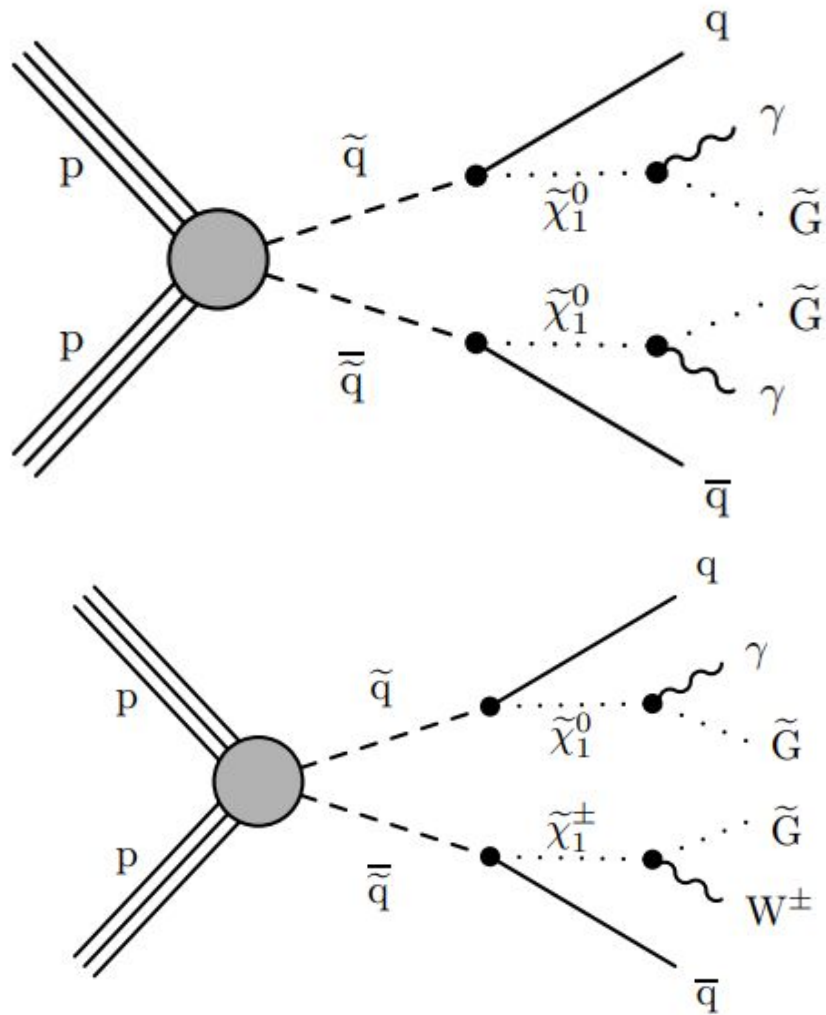


График 1. Сечение парного рождения гравитино

# SSM.Strong channel 1.



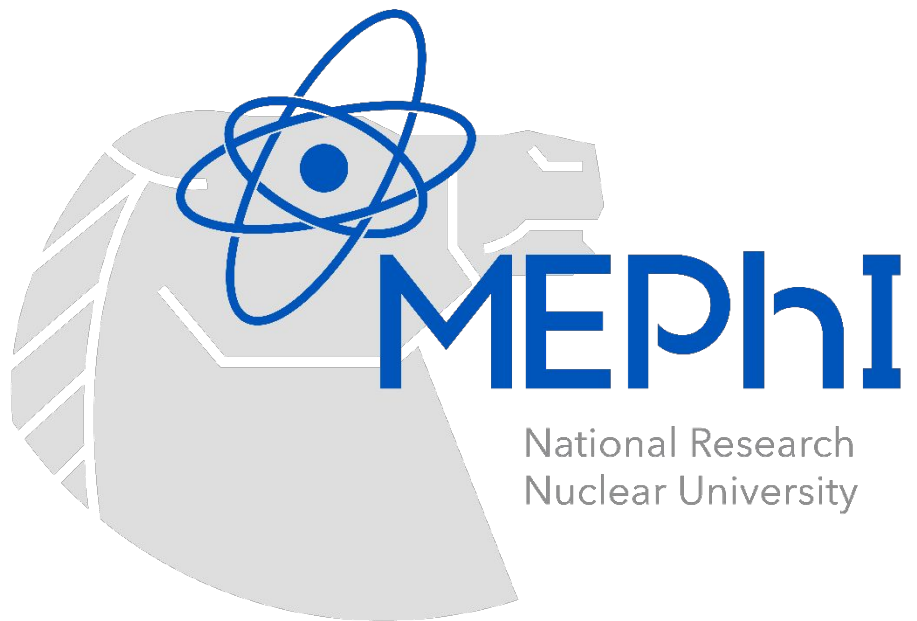
# SSM. Strong channel 2.



- По первичным оценкам процесс парного рождения гравитино (с массой 1 КэВ, что задает определенный масштаб нарушение SUSY) на LHC наблюдаем.
- В SSM при исследованных параметрах рождение гравитино по сильному каналу также подавлено.

## В дальнейшем:

- расширить область исследования параметров
- адронизация элементарных частиц



**Спасибо за внимание!**

	General mediated (GGM)	gauge SUSY	Simplified supersymmetric model
strong channel	-		+
weak channel	+		+
squarks, gluino, sleptons masses	$m_u = m_d = m_e = m_H = 8 \text{ TeV}$		$m_u = m_d = m_g = 1.5 \text{ TeV}$
neutralinos	$\tilde{\chi}_3^0, \tilde{\chi}_4^0 : m > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_2^0} > m_{\tilde{\chi}_1^0}$ $\Delta = 250 \text{ GeV}$		$\tilde{\chi}_3^0, \tilde{\chi}_4^0 : m > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_1^0} = m_{\tilde{\chi}_2^0} = m_{\tilde{\chi}_1^\pm}$
charginos	$m_{\tilde{\chi}_2^\pm} > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_1^\pm} < 2.5 \text{ TeV}$		$m_{\tilde{\chi}_2^\pm} > 2.5 \text{ TeV}$ $m_{\tilde{\chi}_1^0} = m_{\tilde{\chi}_2^0} = m_{\tilde{\chi}_1^\pm}$
decays	$\tilde{\chi}_3^0 / \tilde{\chi}_4^0 \not\rightarrow \tilde{\chi}_2^0, \tilde{\chi}_1^0$ $\tilde{\chi}_2^0 \rightarrow \tilde{\chi}_1^0$		$\tilde{\chi}_3^0 / \tilde{\chi}_4^0 \not\rightarrow \tilde{\chi}_2^0, \tilde{\chi}_1^0$ $\tilde{\chi}_2^0 \not\rightarrow \tilde{\chi}_1^0$ ( $m_{\tilde{\chi}_2^0} = m_{\tilde{\chi}_1^0}$ ) $\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow \tilde{G}$ $\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^\pm$

GGM - general gauge mediated model