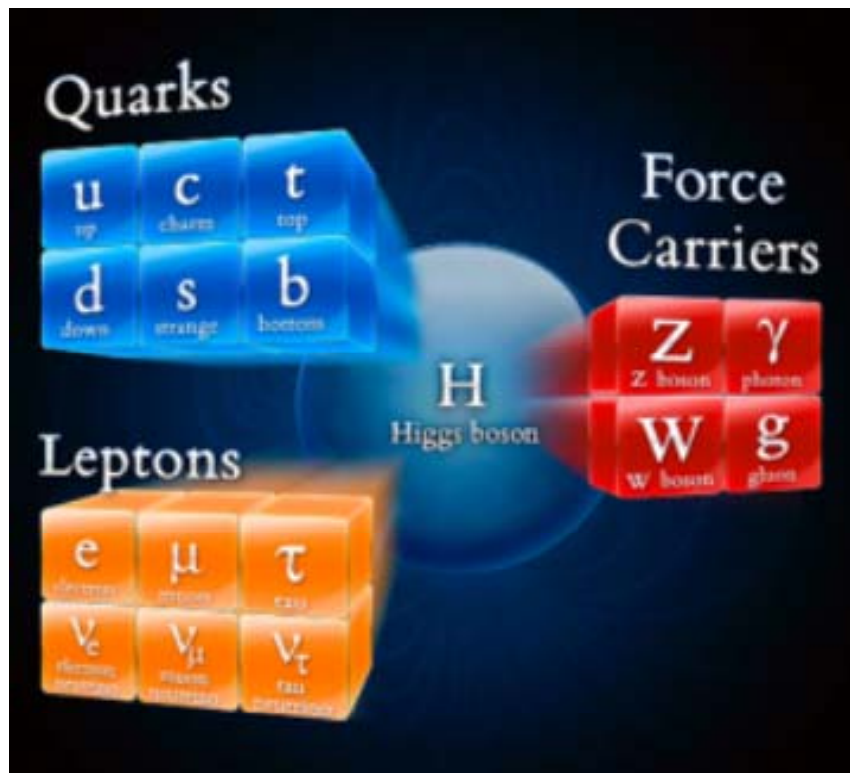


به نام خدا

قیدهای مونو-Z روی ماده تاریک
فرمیونی با واسطه شبه اسکالر در
LHC

مروری کوتاه بر مدل استاندارد ذرات بنیادی



✓ تقارن پیمانه ای مدل استاندارد:

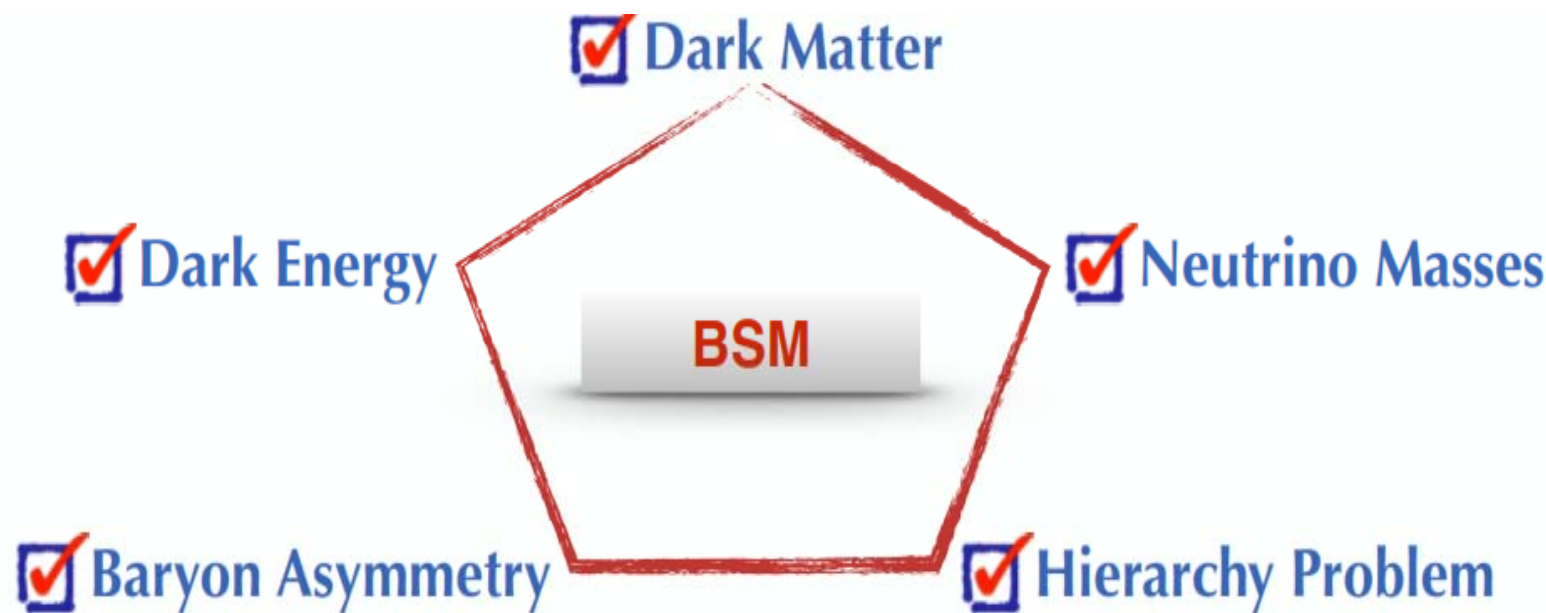
$$G = U(1)_Y \times SU(2)_L \times SU(3)_C$$

✓ شکست خودبه خود تقارن از

طریق میدان دوگانه هیگز:

$$SU(2)_L \times U(1)_Y \rightarrow U(1)_{em}$$

مدل استاندارد چارچوبی کامل و موفق در توصیف
پدیده های فیزیکی در مقیاس انرژی TeV می باشد.
کاستی های مدل استاندارد:



شواهد دال بر وجود ماده تاریک

فریتز زوئیکی ستاره شناس سوئیسی - آمریکایی مشهورترین و پیشگام ترین فرد در زمینه تحقیق در مورد ماده تاریک است.

❑ جرم مشاهده شده در عالم

❑ منحنی های دوران کهکشانی

❑ همگرایی گرانشی

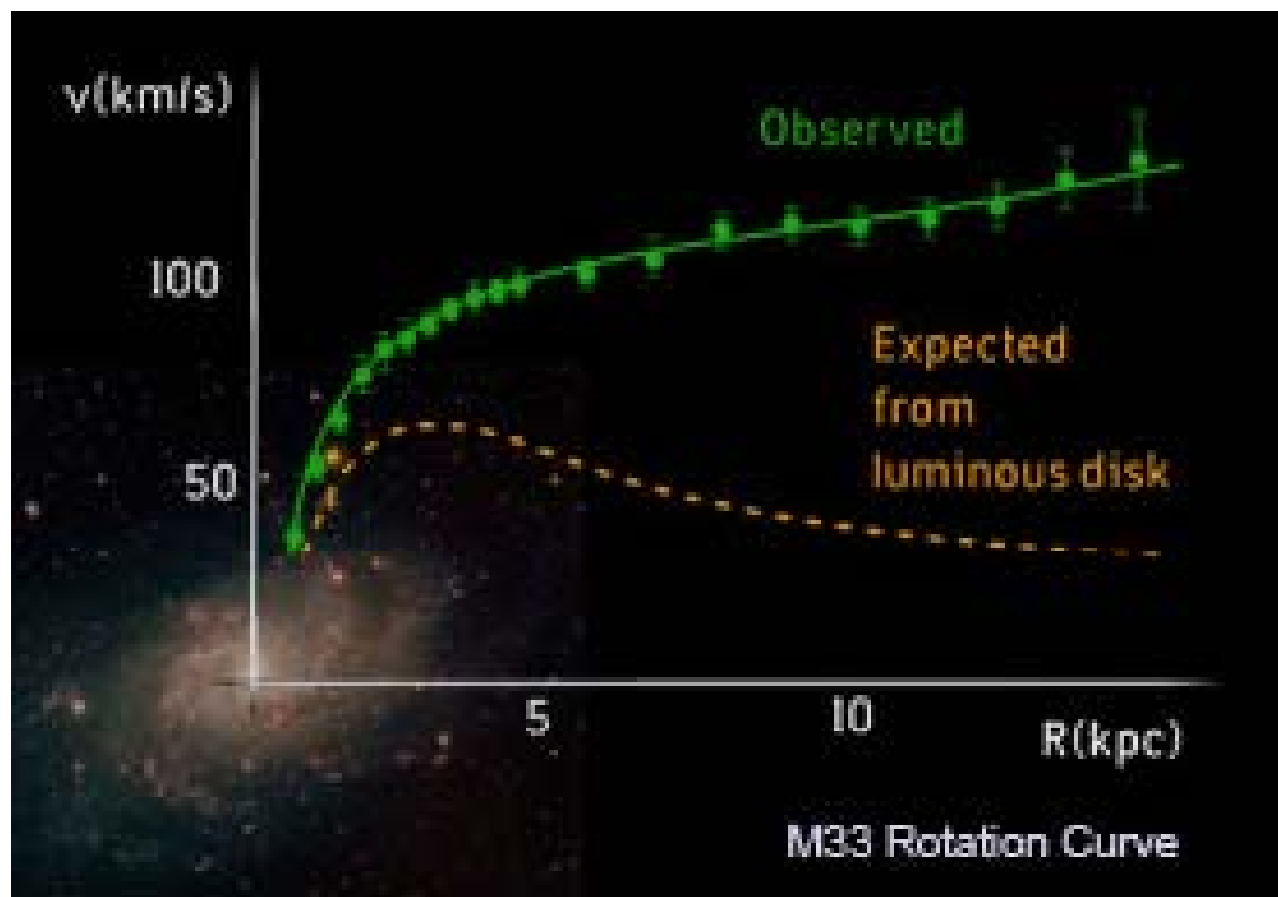
❑ تابش پس زمینه کیهانی

❑ شکل گیری ساختارها

منحنی دوران کهکشانی

از قوانین نیوتن در حرکت دایره ای انتظار داریم:

$$\frac{GM(r)m}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v(r) = \sqrt{\frac{GM(r)}{r}}$$



انواع ماده تاریک از دیدگاه فیزیک ذرات

❖ ماده تاریک سرد : $M > 100 \text{ KeV}$

❖ ماده تاریک گرم : $M = \text{few KeV to } 10 \text{ KeV}$

❖ ماده تاریک داغ : $M < \text{KeV}$

شرایط لازم برای کاندیدای ماده تاریک در فیزیک ذرات

0 خنثی از نظر بار (برهمکنش دوربرد غیر از گرانش ندارد)

0 پایدار با طول عمری بزرگتر یا مساوی عمر عالم

0 همخوانی با مشاهدات (چگالی ماده تاریک)

معرفی کاندیداهای ماده تاریک

■ **WIMP** به عنوان ماده تاریک ✕ نوترینوها

■ ذره اسکالر یا برداری

■ ذره فرمیون ✕ ذرات نظریه ابرتقارن

■ با جرمی از مرتبه چند GeV به بالا

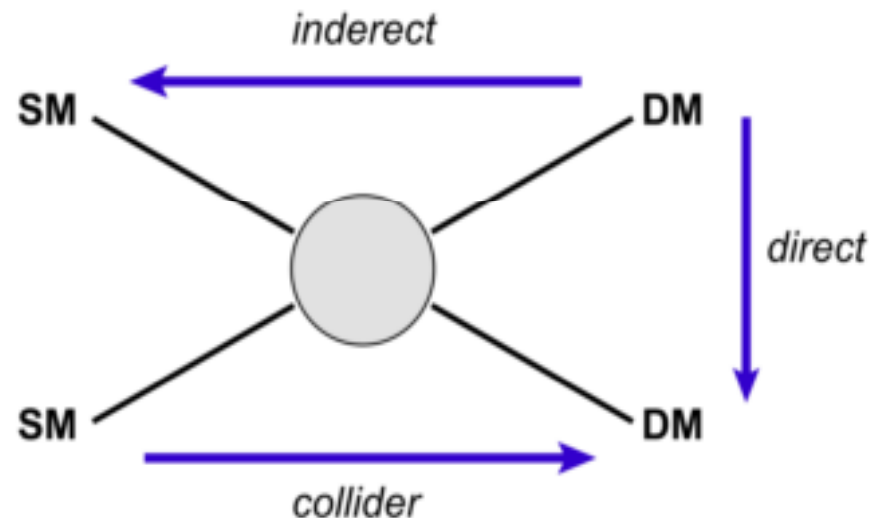
■ برهمکنش از مرتبه ضعیف ✕ اکسیون ها

✓ ویمپ ها

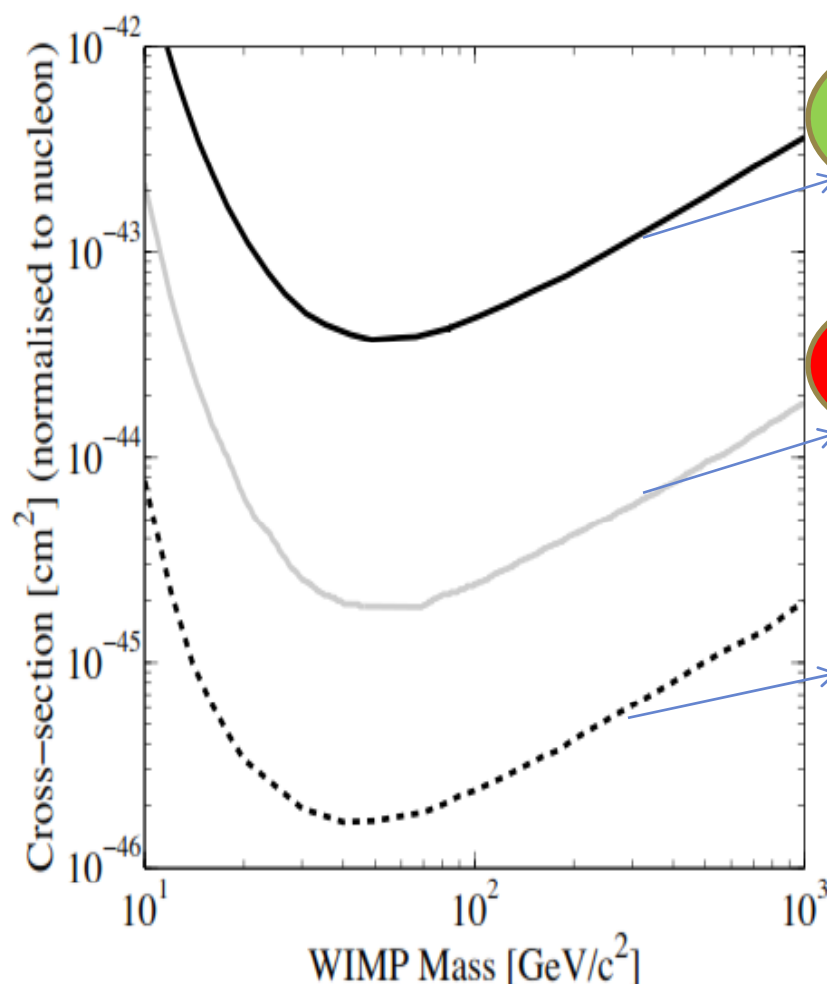
Weakly Interacting Massive Particle ✓

جستجو برای ماده تاریک

- آشکارسازی مستقیم (Direct Detection)
- آشکارسازی غیرمستقیم (Indirect Detection)
- تولید در برخورد دهنده ها (Production in Colliders)



آشکارسازی مستقیم (Direct Detection)



• در این آزمایش ها تمرکز بر روی جستجوی پس زنی های هسته ای ناشی از پراکندگی ویمپ ها توسط هسته های مختلف است که به عنوان هدف می باشند.

• XENON100

• ZEPLIN-III

• LUX(Large Underground Xenon)

این آشکارسازها در عمق زیادی در زیر زمین قرار دارند.

حد بالای سطح مقطع که از آشکارسازی مستقیم به دست می آید:

$$2 \times 10^{-46} \text{ cm}^2$$

آشکارسازی غیر مستقیم (Indirect Detection)

تکنیکی که از مشاهدات اخترفیزیکی ذرات مدل استاندارد استفاده می کند تا محصولات نابودی یا واپاشی ماده تاریک در کهکشان و کیهان را آشکار کند.

آزمایش های آشکارسازی غیرمستقیم:

(۱) تلسکوپ اشعه-گاما

(۲) آشکارساز نوترینو (IceCube)

(۳) آشکارسازهای اشعه کیهانی

چگالی دقیق ماده تاریک:

$$\Omega_{CDM} h^2 = 0.1196 \pm 0.0031$$

➤ آزمایش پلانک:

Plank Collaboration A&A (2013)

(68% C. L.).

$$\Omega_{CDM} h^2 = 0.1138 \pm 0.0045$$

G. Hinshaw, D. Larson APJS (2013)

➤ آزمایش WMAP:

(68% C. L.).

برخورددهنده هادرونی بزرگ (LHC)

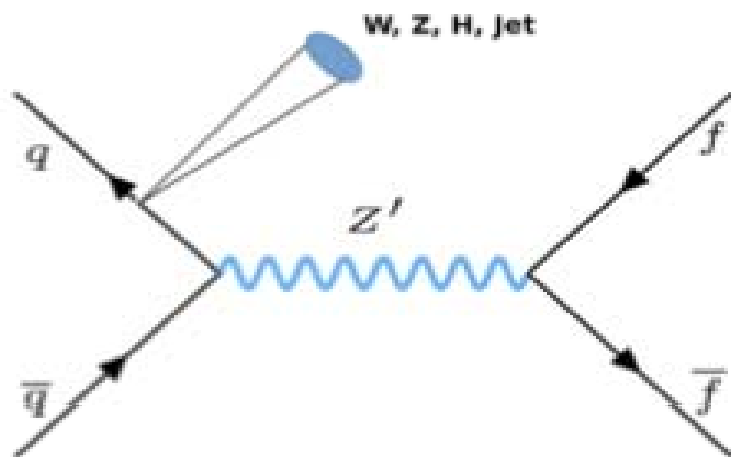
• MET(Missing Transverse Energy)

در فیزیک مربوط به برخوردهنده های انرژی بالای ذرات، انرژی گم شده به انرژی ای گفته می شود که در آشکارساز ذرات ذخیره نمی شود، ولی به خاطر قوانین بقای انرژی و تکانه وجود آن ضروری است.

• Mono-X

Mono-X فرایند تولید ماده تاریک در برخوردهنده ها است که یک حالت نهایی قابل مشاهده X دارند.

این شکل نشان دهنده Mono-H و
Mono-Z و Mono-W و
Mono-jet برای ماده تاریک است.



مکانیزم ایجاد ماده تاریک در جهان اولیه

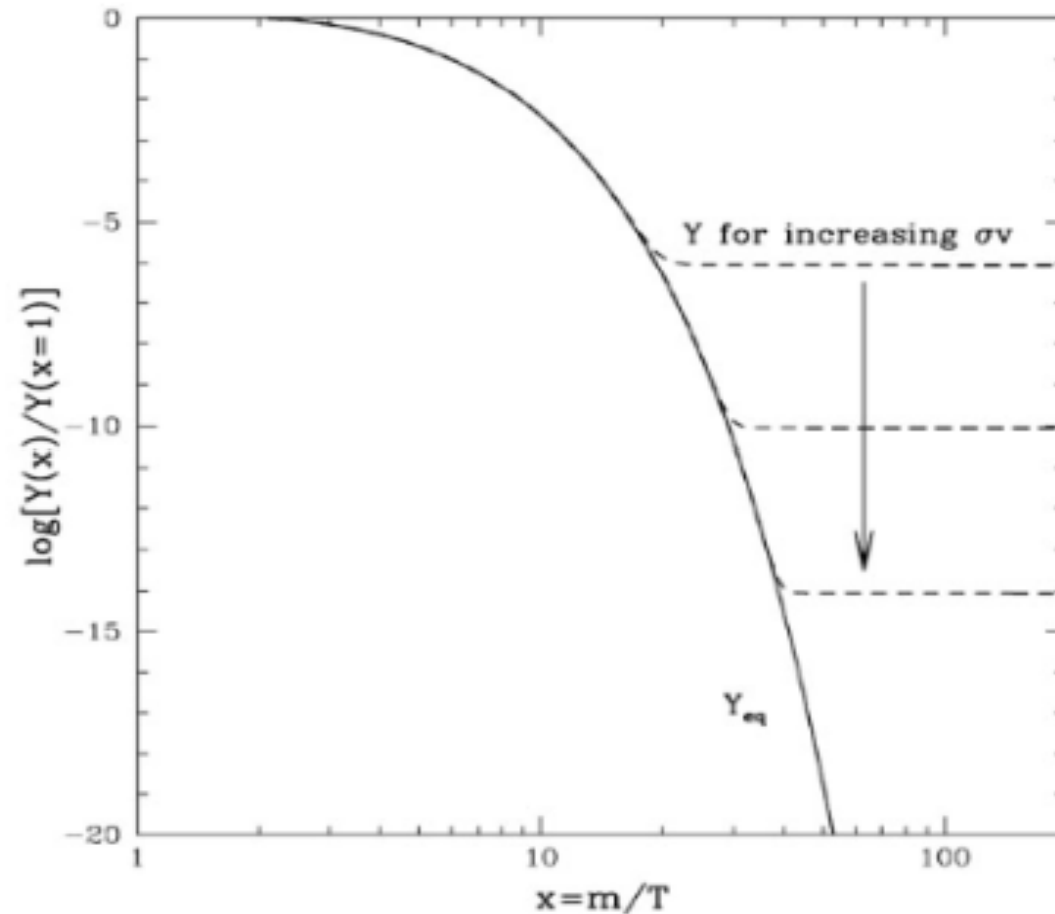
- یخ بستگی (Freeze-out)

ویمپ ها در جهان اولیه با ذرات مدل استاندارد در تعادل گرمایی و شیمیایی بوده اند. با انبساط جهان، ذرات ماده تاریک به طور فزاینده ای از هم فاصله می گیرند و نابودی ذرات-پادذرات ویمپ به ذرات مدل استاندارد در مقیاس بزرگ دیگر اتفاق نمی افتد. آنگاه ماده تاریک به اصطلاح یخ می بندد و چیزی که باقی می ماند، چگالی برجامانده ذرات ماده تاریک است که در عالم پراکنده شده است.

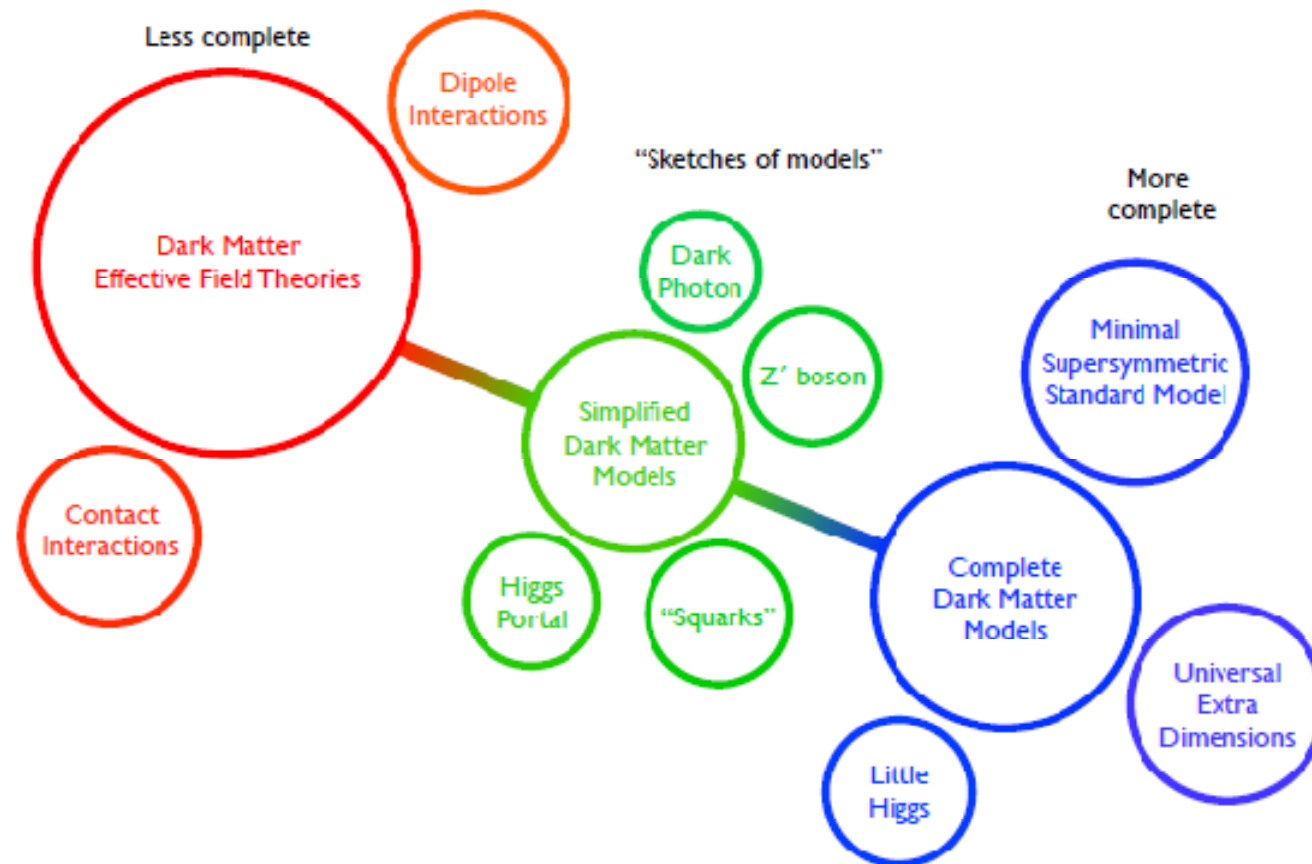
چگونگی تحول چگالی ماده تاریک

- تحول چگالی ماده تاریک با رابطه بولتزمن داده می شود :

$$\frac{dn_{\chi}}{dt} = - \langle \sigma_{ann} v_{rel} \rangle (n_{\chi}^2 - n_{\chi,eq}^2) - 3Hn_{\chi}$$



انواع مدل های ماده تاریک



مدل ماده تاریک فرمیونی با واسطه شبه اسکالر

مزیت این مدل به مدل های دیگر:

- به دلیل نوع برهم کنش، سطح مقطع برهم کنش ماده تاریک با ماده به قدری کوچک است که آشکارسازی مستقیم قیدی روی مدل نمی گذارد.
 - در این مدل ماده تاریک با واسطه شبه اسکالر در نظر گرفته می شود چون با واسطه اسکالر تقریباً تمام فضای پارامتر توسط آشکارسازی مستقیم حذف می شود.
- این دلایل انگیزه ما برای شبیه سازی در LHC هستند.

مدل ماده تاریک فرمیونی با واسطه شبه اسکالر

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{SM} + \mathcal{L}_{Dark} + \mathcal{L}_{\phi} + \mathcal{L}_{int} \quad \text{چگالی لاگرانژی کل:}$$

$$\mathcal{L}_{Dark} = \bar{\chi}(i\not{D} - m_D)\chi \quad \text{چگالی لاگرانژی ماده تاریک دیراک:}$$

$$\mathcal{L}_{\phi} = \frac{1}{2}(\partial_{\mu}\phi)^2 - \frac{m_{\phi}^2}{2}\phi^2 - \frac{\lambda}{24}\phi^4 \quad \text{چگالی لاگرانژی بوزون شبه اسکالر:}$$

$$\mathcal{L}_{int} = -ig_{\chi}\phi\bar{\chi}\gamma^5\chi - \lambda_1\phi^2 H^{\dagger}H \quad \text{چگالی لاگرانژی برهم کنشی:}$$

جفت شدگی های لاگرانژی

$$V_H = \mu_H^\dagger H^\dagger H + \lambda_H (H^\dagger H)^\dagger.$$

- پتانسیل هیگز به صورت زیر است:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ v_H + \tilde{h} \end{pmatrix}$$

- افت و خیز پیرامون مقدار انتظاری خلأ برای هیگز توسط میدان اسکالر $\tilde{h}$ توضیح داده می شود:

- فرض می کنیم یگانه شبه اسکالر یک مقدار انتظاری خلأ غیر صفر v_ϕ دارد که بسط آن به صورت زیر است:

$$\phi = v_\phi + S.$$

$$h = \sin \theta S + \cos \theta \tilde{h},$$

$$\rho = \cos \theta S - \sin \theta \tilde{h}.$$

- تعریف میدان های جدید و مقادیر جفت شدگی:

$$\lambda_H = \frac{m_\rho^\dagger \sin^\dagger \theta + m_h^\dagger \cos^\dagger \theta}{\sqrt{2} v_H^\dagger},$$

$$\lambda = \frac{m_\rho^\dagger \cos^\dagger \theta + m_h^\dagger \sin^\dagger \theta}{v_\phi^\dagger / \sqrt{2}},$$

$$\lambda_1 = \frac{m_\rho^\dagger - m_h^\dagger}{\sqrt{2} v_H v_\phi} \sin \sqrt{2} \theta.$$

بسط لاگرائی مدل

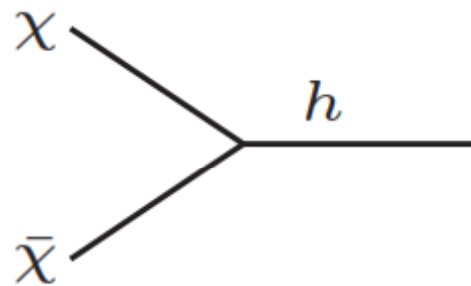
$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} = & \mathcal{L}_{SM} + \mathcal{L}_{Dark} + \frac{1}{f} [\partial_\mu (v_\phi + S)]^\dagger - \frac{m_\phi}{f} v_\phi^\dagger - m_\phi v_\phi^\dagger h \sin \theta - \lambda_1 v_\phi v_H^\dagger h \sin \theta \\
 & - i g_X \bar{\chi} \gamma^5 \chi h \sin \theta - \frac{\lambda}{f} v_\phi^\dagger h \sin \theta - m_\phi v_\phi^\dagger \rho \cos \theta - \lambda_1 v_\phi v_H^\dagger \rho \cos \theta - i g_X \bar{\chi} \gamma^5 \rho \cos \theta \\
 & - \frac{\lambda}{f} v_\phi^\dagger \rho \cos \theta - \frac{m_\phi}{f} h^\dagger \sin \theta - \frac{\lambda}{f} v_\phi^\dagger h^\dagger \sin \theta - \frac{\lambda_1}{f} v_H^\dagger h^\dagger \sin \theta \\
 & - \frac{m_\phi}{f} \rho^\dagger \cos \theta - \frac{\lambda}{f} v_\phi^\dagger \rho^\dagger \cos \theta - \frac{\lambda_1}{f} v_H^\dagger \rho^\dagger \cos \theta - m_\phi \rho h \sin \theta \cos \theta \\
 & - \frac{\lambda}{f} \lambda_1 \rho h \sin \theta \cos \theta - \lambda_1 v_H^\dagger \rho h \sin \theta \cos \theta - \frac{\lambda}{f^2} v_\phi^\dagger - \frac{\lambda}{f} v_\phi h^\dagger \sin \theta \\
 & - \frac{\lambda}{f} v_\phi h^\dagger \sin \theta \rho \cos \theta - \frac{\lambda}{f} v_\phi h \sin \theta \rho^\dagger \cos \theta - \frac{\lambda}{f} v_\phi \rho^\dagger \cos \theta \\
 & - \frac{\lambda}{f^2} h^\dagger \sin \theta - \frac{\lambda}{f} h^\dagger \sin \theta \rho \cos \theta - \frac{\lambda}{f} h^\dagger \sin \theta \rho^\dagger \cos \theta - \frac{\lambda}{f} h \sin \theta \rho^\dagger \cos \theta \\
 & - \frac{\lambda}{f^2} \rho^\dagger \cos \theta - i g_X v_\phi \bar{\chi} \gamma^5 \chi - \frac{\lambda_1}{f} v_\phi^\dagger v_H - \frac{\lambda_1}{f} v_\phi^\dagger h^\dagger \cos \theta - \frac{\lambda_1}{f} v_\phi^\dagger \rho^\dagger \sin \theta \\
 & + \lambda_1 v_\phi^\dagger \rho h \sin \theta \cos \theta - \lambda_1 v_\phi^\dagger v_H h \cos \theta + \lambda_1 v_\phi^\dagger v_H \rho \sin \theta - \frac{\lambda_1}{f} h^\dagger \sin \theta \cos \theta \\
 & - \frac{\lambda_1}{f} \rho^\dagger \sin \theta \cos \theta + \lambda_1 h^\dagger \rho^\dagger \sin \theta \cos \theta - \frac{\lambda_1}{f} h^\dagger \rho^\dagger \sin \theta
 \end{aligned}$$

بسط لاگرانژی مدل

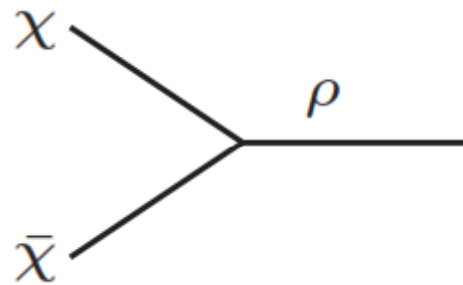
$$\begin{aligned}
 & -\frac{\lambda_1}{2} h^\dagger \rho^\dagger \cos^\dagger \theta + \lambda_1 h^\dagger \rho^\dagger \sin^\dagger \theta \cos \theta + \lambda_1 h \rho^\dagger \sin \theta \cos^\dagger \theta - \lambda_1 h^\dagger \rho \sin \theta \cos^\dagger \theta \\
 & -\lambda_1 h \rho^\dagger \sin^\dagger \theta \cos \theta - \lambda_1 v_H h^\dagger \sin^\dagger \theta \cos \theta + \imath \lambda_1 v_H h \rho^\dagger \sin^\dagger \theta \cos \theta \\
 & -\imath \lambda_1 v_H h^\dagger \rho \cos^\dagger \theta \sin \theta + \lambda_1 v_H \rho^\dagger \cos \theta \sin^\dagger \theta + \lambda_1 v_H h^\dagger \rho \sin^\dagger \theta - \lambda_1 v_H h \rho^\dagger \cos^\dagger \theta \\
 & -\lambda_1 v_\phi h^\dagger \sin \theta \cos^\dagger \theta + \imath \lambda_1 v_\phi h \rho^\dagger \cos^\dagger \theta \sin \theta - \lambda_1 v_\phi \rho^\dagger \sin^\dagger \theta \cos \theta \\
 & + \imath \lambda_1 v_\phi h^\dagger \rho \sin^\dagger \theta \cos \theta - \lambda_1 v_\phi h \rho^\dagger \sin^\dagger \theta - \lambda_1 v_\phi h^\dagger \rho \cos^\dagger \theta - \imath \lambda_1 v_\phi v_H h^\dagger \sin \theta \cos \theta \\
 & + \imath \lambda_1 v_\phi v_H \rho h \sin^\dagger \theta - \imath \lambda_1 v_\phi v_H \rho h \cos^\dagger \theta + \imath \lambda_1 v_\phi v_H \rho h \sin \theta \cos \theta \\
 & -\frac{\mu_H^\dagger}{2} (v_H^\dagger + h^\dagger \cos^\dagger \theta + \rho^\dagger \sin \theta - \imath h \rho \cos \theta \sin \theta + \imath v_H h \cos \theta - \imath v_H \rho \sin \theta) \\
 & -\frac{\lambda_H}{2} v_H^\dagger - \lambda_H v_H^\dagger h \cos \theta + \lambda_H v_H^\dagger \rho \sin \theta - \frac{\imath}{2} \lambda_H v_H^\dagger h^\dagger \cos^\dagger \theta \\
 & -\frac{\imath}{2} v_H^\dagger \rho^\dagger \sin^\dagger \theta + \imath \lambda_H v_H^\dagger h \rho \sin \theta \cos \theta - \lambda_H v_H h^\dagger \cos^\dagger \theta + \imath \lambda_H v_H h^\dagger \rho \cos^\dagger \theta \sin \theta \\
 & -\imath \lambda_H v_H h \rho^\dagger \cos \theta \sin^\dagger \theta + \lambda_H v_H h \rho^\dagger \sin^\dagger \theta - \frac{1}{2} \lambda_H h^\dagger \cos^\dagger \theta + \lambda_H h^\dagger \rho \cos^\dagger \theta \sin \theta \\
 & -\frac{\imath}{2} \lambda_H h^\dagger \rho^\dagger \cos^\dagger \theta \sin^\dagger \theta + \lambda_H h \rho^\dagger \cos \theta \sin^\dagger \theta - \frac{1}{2} \lambda_H \rho^\dagger \sin^\dagger \theta.
 \end{aligned}$$

ورتکس های پایه ی مدل

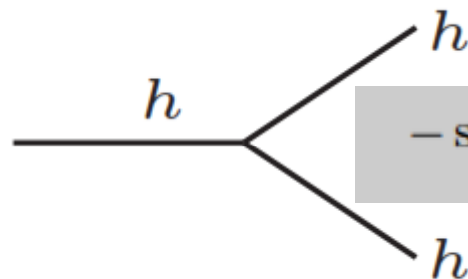
قدرت ورتکس ها متناسب است با:



$$-ig_{\chi}\gamma^0 \sin \theta$$

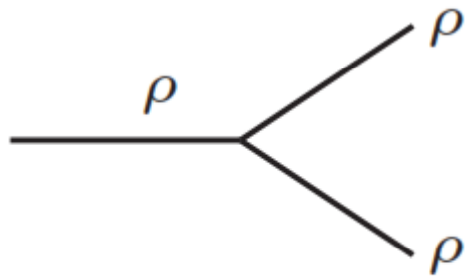


$$-ig_{\chi}\gamma^0 \cos \theta$$

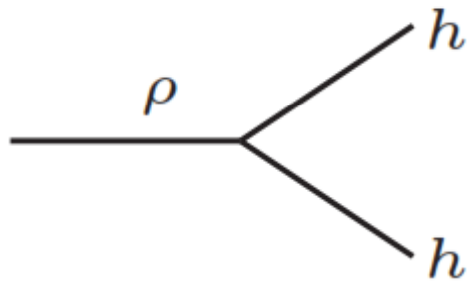


$$-\sin^2 \theta \lambda v_{\phi} - \epsilon \sin^2 \theta \cos \theta \lambda_1 v_H - \epsilon \sin \theta \cos^2 \theta \lambda_1 v_{\phi} - \epsilon \cos^2 \theta \lambda_H v_H$$

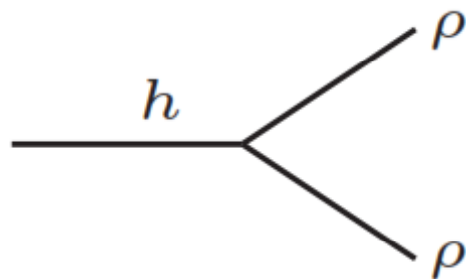
ورتکس های پایه ی مدل



$$\theta \lambda v_\phi - \xi \sin^2 \theta \cos \theta \lambda_1 v_\phi + \xi \sin \theta \cos^2 \theta \lambda_1 v_H + \xi \sin^2 \theta \lambda_H v_H$$

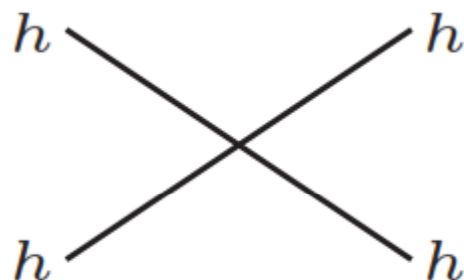


$$\begin{aligned} & -\cos \theta \sin^2 \theta \lambda v_\phi + \xi \cos^2 \theta \sin \theta \lambda_H v_H + \xi \sin^2 \theta \lambda_1 v_H \\ & -\eta \sin \theta \lambda_1 v_H + \xi \cos \theta \sin^2 \theta \lambda_1 v_\phi - \eta \cos \theta \lambda_1 v_\phi. \end{aligned}$$

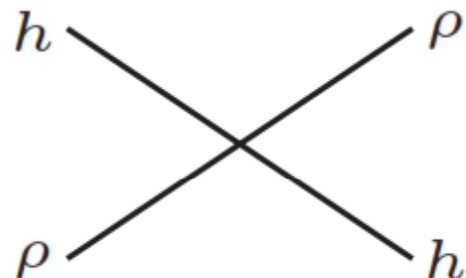


$$\begin{aligned} & -\cos^2 \theta \sin \theta \lambda v_\phi - \xi \cos \theta \sin^2 \theta \lambda_H v_H + \xi \cos \theta \sin^2 \theta \lambda_1 v_H \\ & -\eta \cos \theta \lambda_1 v_H - \xi \sin^2 \theta \lambda_1 v_\phi + \eta \sin \theta \lambda_1 v_\phi. \end{aligned}$$

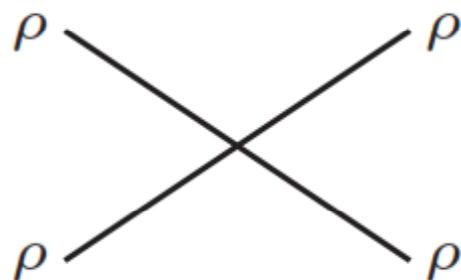
ورتکس های پایه ی مدل



$$-\sin^2 \theta \lambda - \epsilon \cos^2 \theta \lambda_H + \mathcal{V} \sin^2 \theta \cos^2 \theta \lambda_1.$$

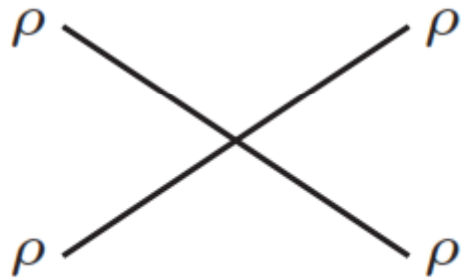


$$-\cos^2 \theta \sin^2 \theta \lambda - \epsilon \cos^2 \theta \sin^2 \theta \lambda_H + \mathcal{V} \sin^2 \theta \cos^2 \theta \lambda_1 - \mathcal{V} \lambda_1.$$

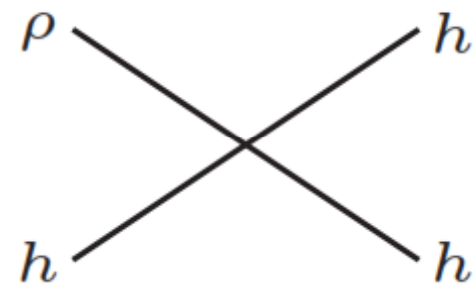


$$-\cos^2 \theta \lambda - \epsilon \sin^2 \theta \lambda_H - \mathcal{V} \cos^2 \theta \sin^2 \theta \lambda_1.$$

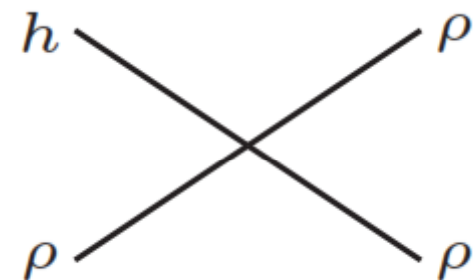
ورتکس های پایه ی مدل



$$-\cos^2 \theta \lambda - \xi \sin^2 \theta \lambda_H - \mathcal{V} \cos^2 \theta \sin^2 \theta \lambda_1.$$



$$-\cos \theta \sin \theta [\sin^2 \theta \lambda - \xi \cos^2 \theta \lambda_H - \mathcal{V} \sin^2 \theta \lambda_1 + \xi \lambda_1].$$



$$-\cos \theta \sin \theta [\cos^2 \theta \lambda - \xi \sin^2 \theta \lambda_H + \mathcal{V} \sin^2 \theta \lambda_1 - \xi \lambda_1].$$

کدهای استفاده شده در مدل

MicroOMEGAs که خود CalcHep را به کار می گیرد. □

MadGraph5aMC@NLO تا رویدادهای سیگنال و پس زمینه را تولید کنیم. سپس برای بارش پارتونی و هادرونیزه کردن آن ها را از Pythia عبور می دهیم.

در ضمن برای شبیه سازی آشکارساز، Delphes3، را به کار می گیریم که خود از Fastjet با شعاع $R=0.5$ استفاده می کند تا امکان تولید جت با استفاده از الگوریتم anti-kt را داشته باشد.

همچنین از کتابخانه LHAPDF و به کار بردن تابع توزیع پارتونی Nn23lo1 برای مونو-Z بهره برده ایم.

MadAnalysis5 که ابزاری برای آنالیز فایل های تولید شده توسط MadGraph5aMC@NLO در مرتبه های پارتونی، هادرونی یا پس از شبیه سازی آشکارساز می باشد. همچنین به کمک آن می توان انواع قیدهای انتخابی را روی رویدادها گذاشت و بازدهی ها را به دست آورد. □

پارامترهای آزاد مدل

$$m_\chi, m_\rho, g_\chi, \theta, v_\phi$$

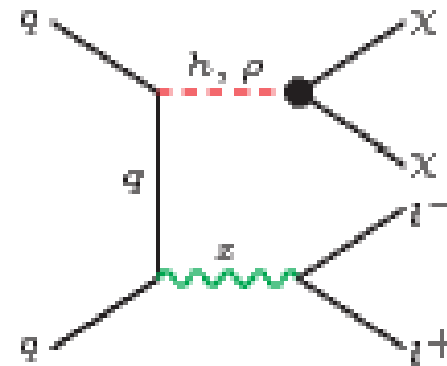
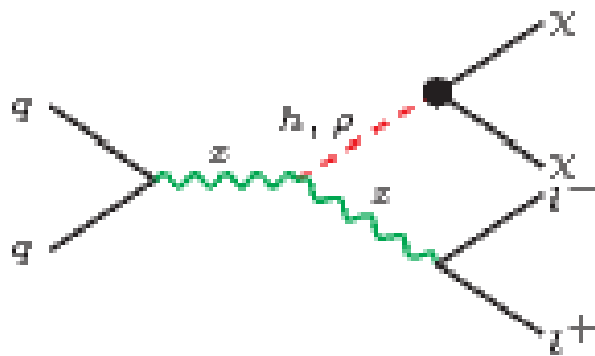
پارامترهای آزاد مدل:

در ادامه محاسبات برای رسم نمودارهای سطح مقطع بر حسب

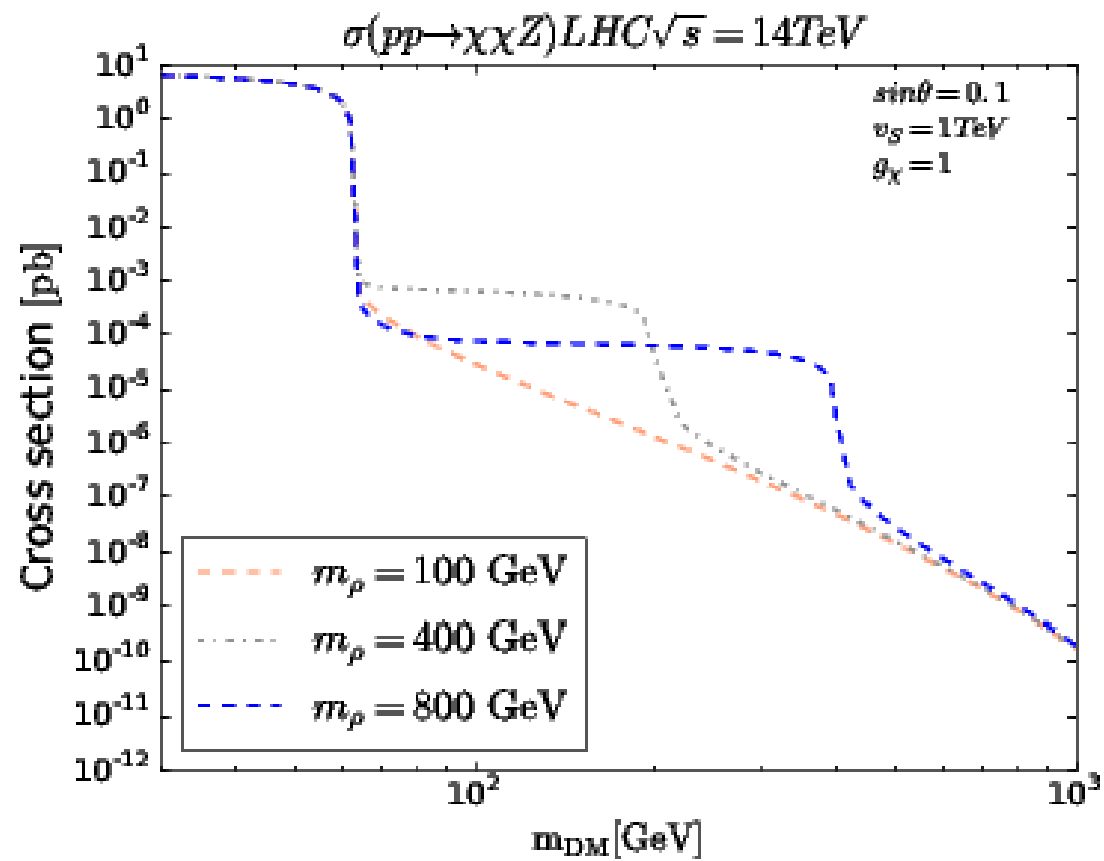
جرم ماده تاریک، مقادیر $g_\chi = 1$ و $\sin \beta = 0.1$ و $v_\phi = 1 \text{ TeV}$ قرار می دهیم.

Mono-Z

ردپای Mono-Z در LHC



نمودارهای فاینمن مربوط به تولید Mono-Z در LHC در فرایند $pp \rightarrow Z\chi\chi$



سطح مقطع تولید Mono-Z از طریق $pp \rightarrow Z\chi\chi$

کانال واپاشی لپتونی

سیگنال در این کانال به صورت $Z \rightarrow l^+ l^-$ می باشد که $\chi \bar{\chi} Z$

مهمترین پس زمینه ها برای حالت نهایی $l^+ l^- + MET$

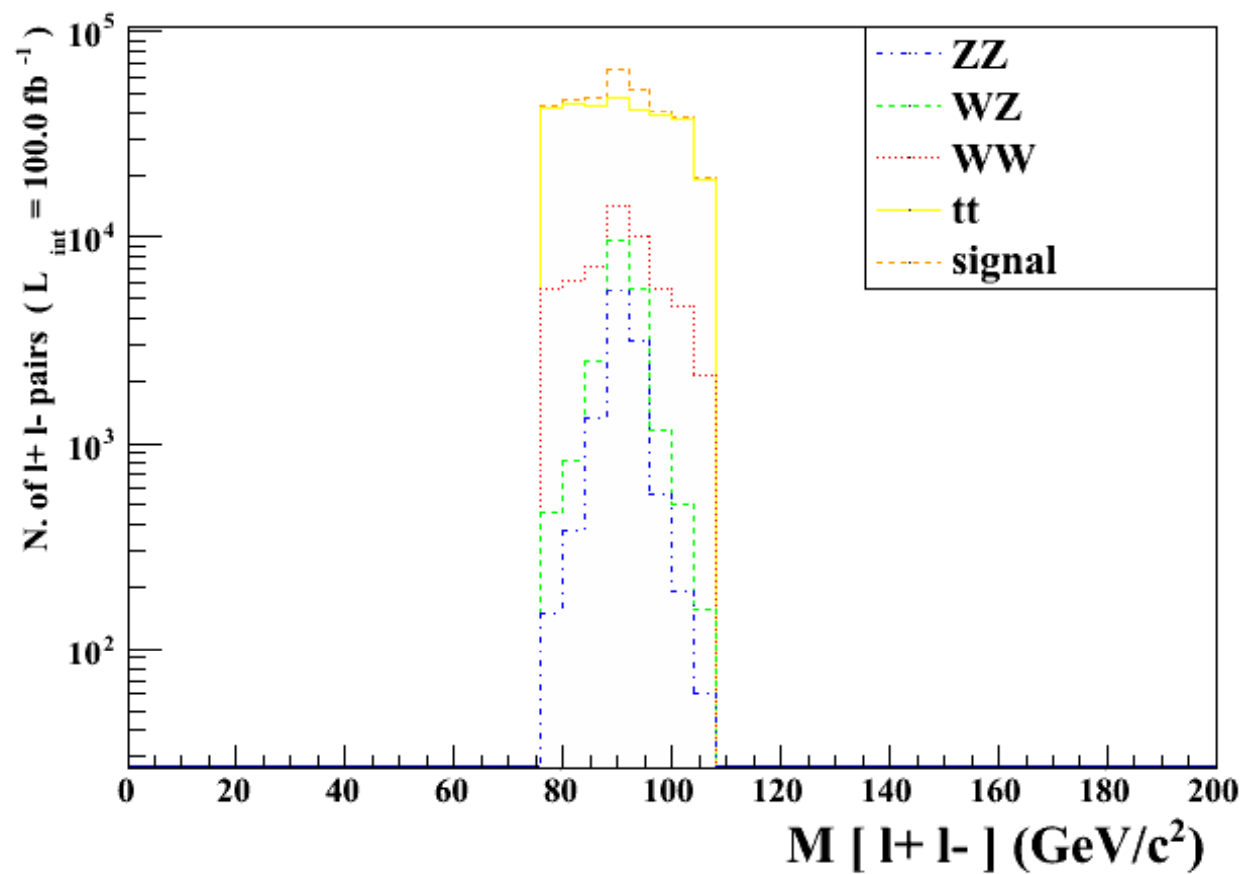
(۱) حالت نهایی ZZ با $Z \rightarrow l^+ l^-$ و $Z \rightarrow \nu \bar{\nu}$

(۲) حالت نهایی WW با $W^+ \rightarrow l^+ \nu_l$ و $W^- \rightarrow l^- \bar{\nu}_l$

(۳) حالت نهایی WZ با $W^+ \rightarrow l^+ \nu_l$ و $W^- \rightarrow l^- \bar{\nu}_l$ و $Z \rightarrow l^+ l^-$

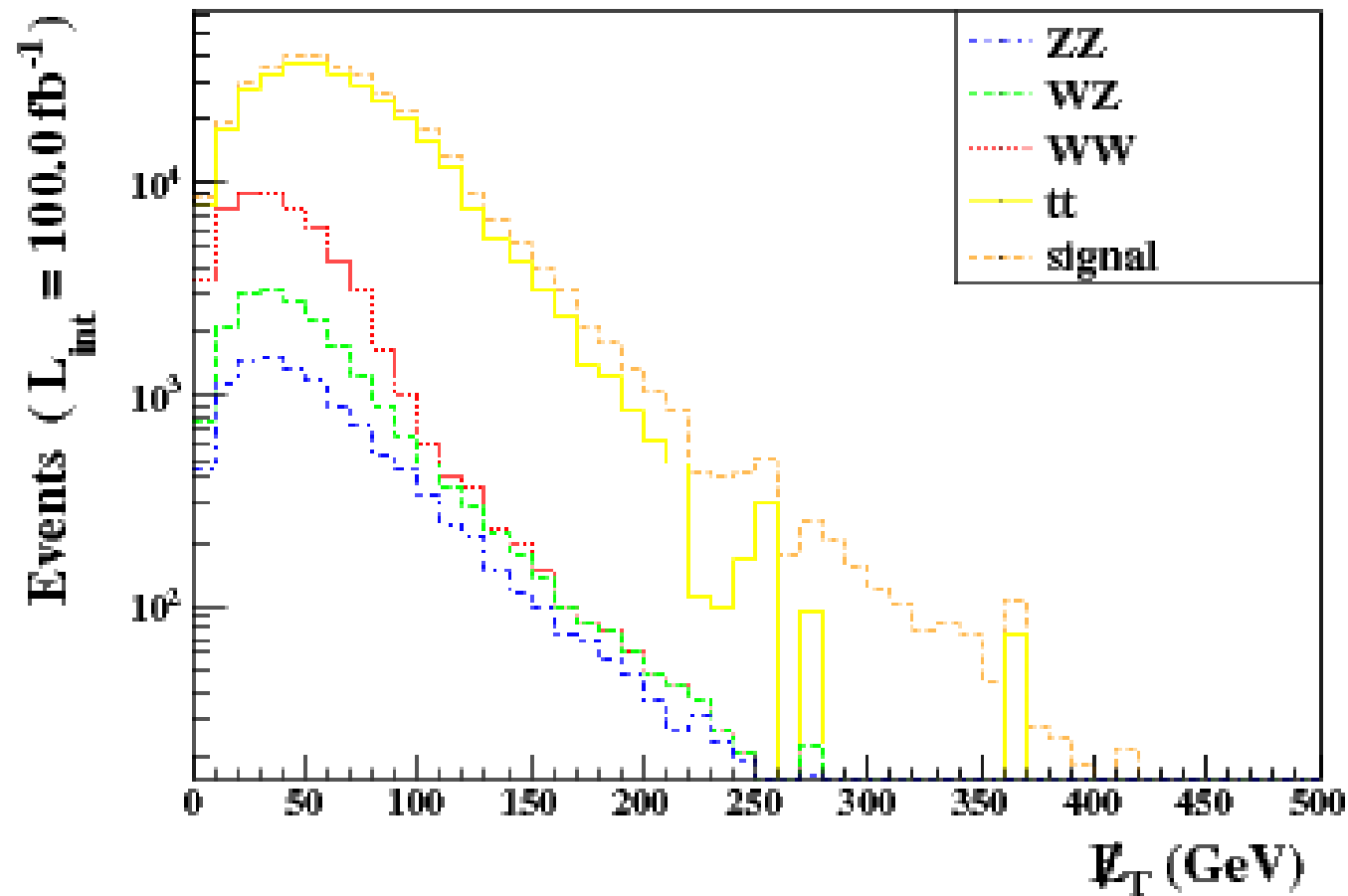
(۴) حالت نهایی $t\bar{t}$ با $t \rightarrow b W^+$ که $W^+ \rightarrow l^+ \nu_l$ و $\bar{t} \rightarrow \bar{b} W^-$ که

$$W^- \rightarrow l^- \bar{\nu}_l$$



جرم ناوردای برای l^+l^- در کانال $l^+l^- + MET$ در انرژی مرکز جرم $\sqrt{s} = 14\text{TeV}$

با درخشندگی تجمعی $L = 100\text{fb}^{-1}$.



توزیع انرژی عرضی گم شده رویدادهای سیگنال و پس زمینه بعد از اعمال برش ها در کانال

با $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ و درخشندگی تجمعی $L = 100 \text{ fb}^{-1}$.

$pp \rightarrow l^+l^- + \cancel{E}_T$	$\cancel{E}_T > 220 GeV$
ZZ	56.59 ± 7.52
WZ	2.6 ± 1.6
WW	0 ± 0
tt	72.81 ± 8.53
پس زمینه کل	132 ± 17.65
سیگنال	$652_m \pm 25.5$

تعداد سیگنال و پس زمینه ها برای کانال $l^+l^- + MET$ با درخشندگی تجمعی

$L = 100 fb^{-1}$ در $\sqrt{s} = 14 TeV$ بعد از اعمال برش ها و انتخاب رویدادها.

رویدادهای سیگنال برای جرم های $m_{DM} = 60 GeV$ و $m_\rho = 400 GeV$ می باشد.

بازدهی ها

برای به دست آوردن فضای پارامتر حذف شده قدر را برای سیگنال S و پس زمینه B تعریف می کنیم. $S = S/\sqrt{S+B}$ با توجه به اینکه هنوز مونو- Z در LHC پیدا نشده، سطح مقطع حذف شده با مقدار قدر $\approx 2\sigma$ به دست می آید.

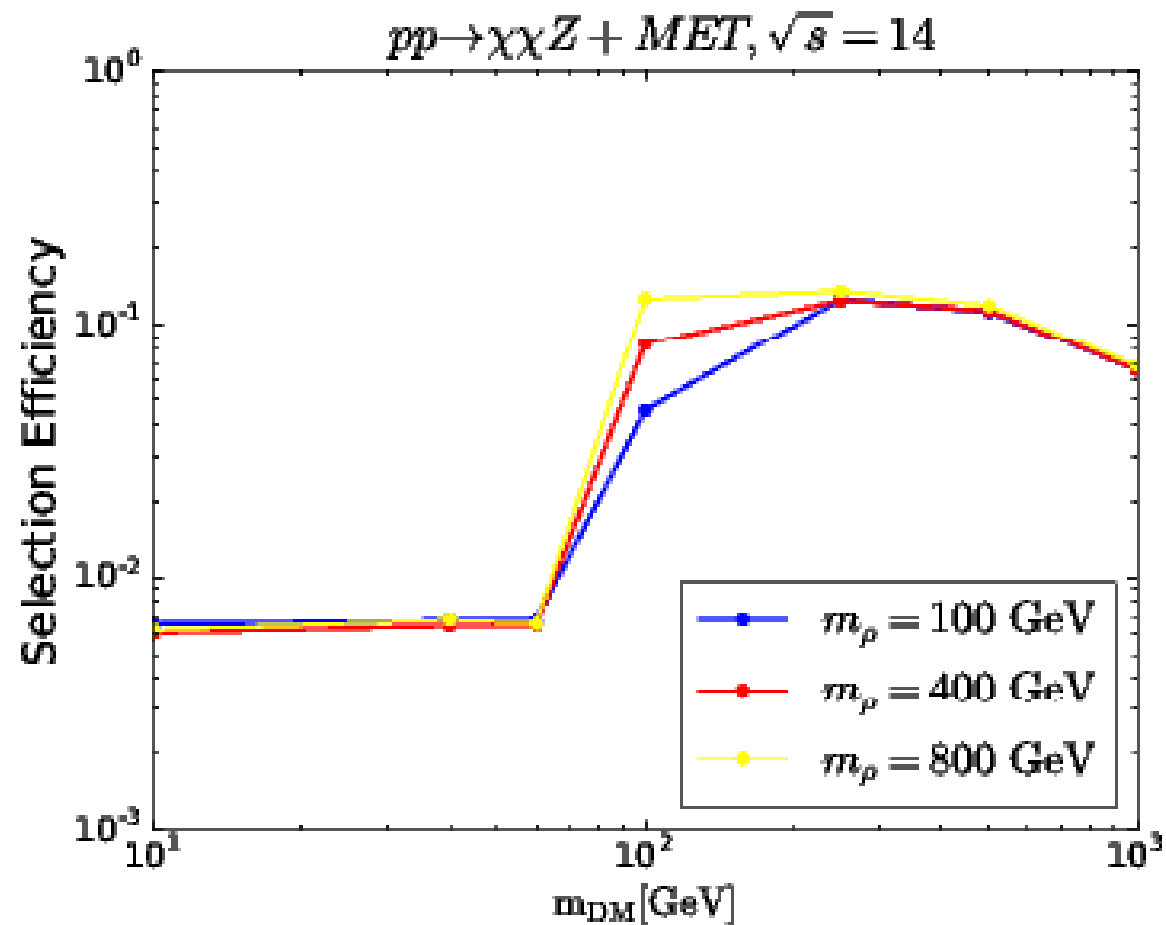
تعداد رویدادهای سیگنال و پس زمینه به کمک رابطه به دست می آید.

$$S = \epsilon_s \times \sigma_s \times \mathcal{L}$$

بازدهی
سیگنال

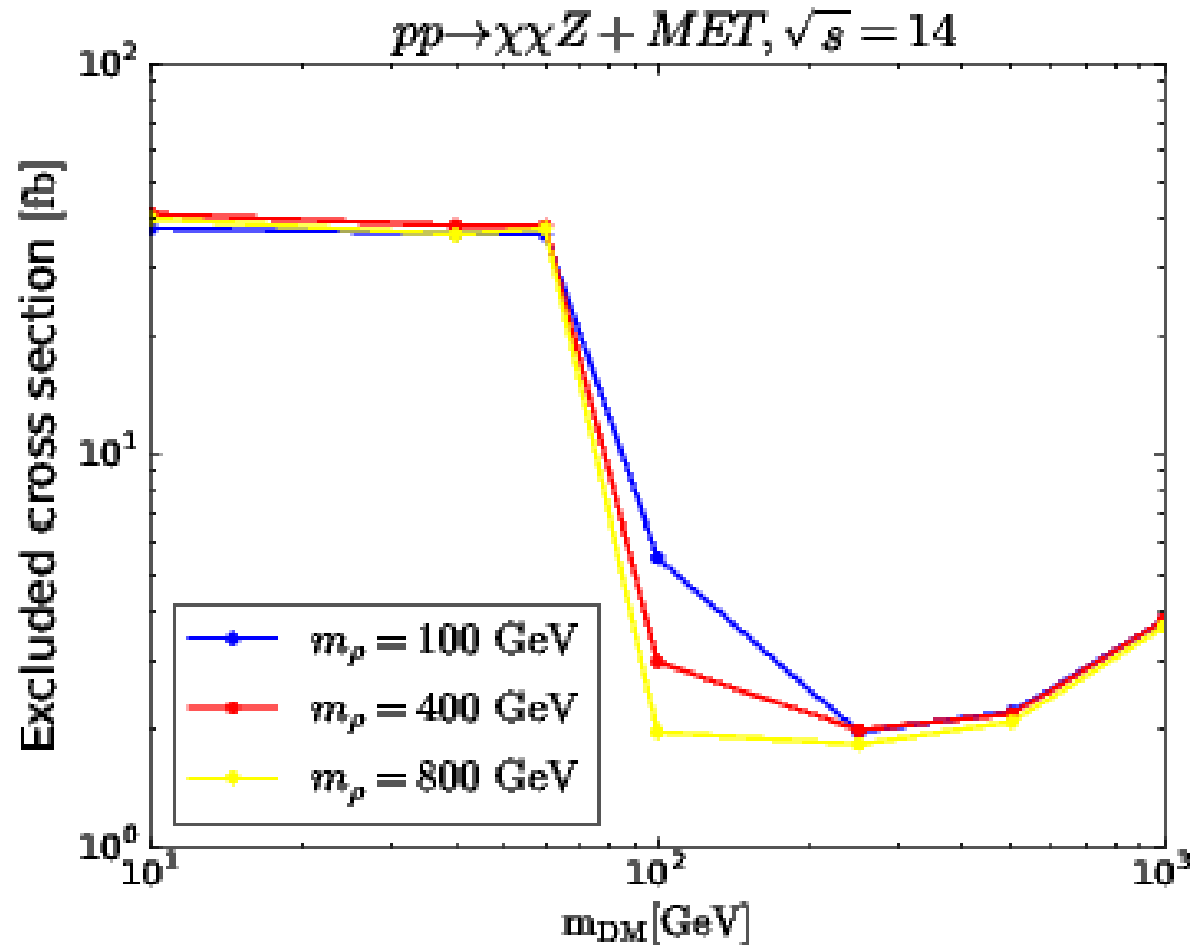
سطح مقطع
سیگنال

درخشندگی
تجمعی



بازدهی سیگنال برای سطح مقطع $\sigma(pp \rightarrow l^+ l^- \chi \bar{\chi})$ بر حسب جرم ماده تاریک برای سه

جرم ذره واسطه در انرژی $\sqrt{s} = 14 TeV$ و درخشندگی تجمعی $L = 100 fb^{-1}$ در LHC.



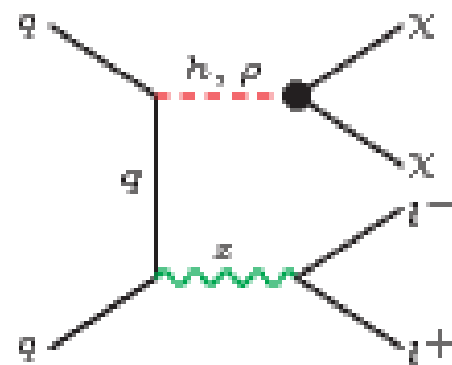
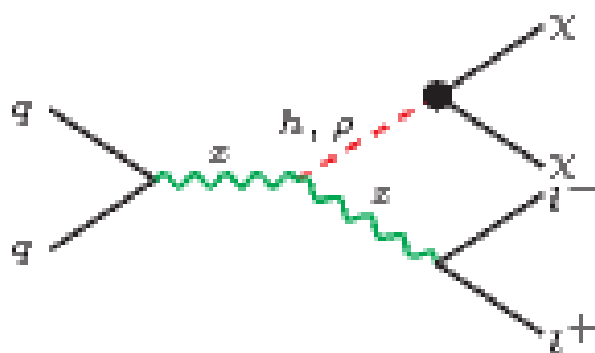
حد بالا برای سطح مقطع $\sigma(pp \rightarrow l^+ l^- \chi \bar{\chi})$ بر حسب جرم ماده تاریک برای سه جرم ذره

واسطه در انرژی $\sqrt{s} = 14 TeV$ و درخشندگی تجمعی $L = 100 fb^{-1}$ در LHC.

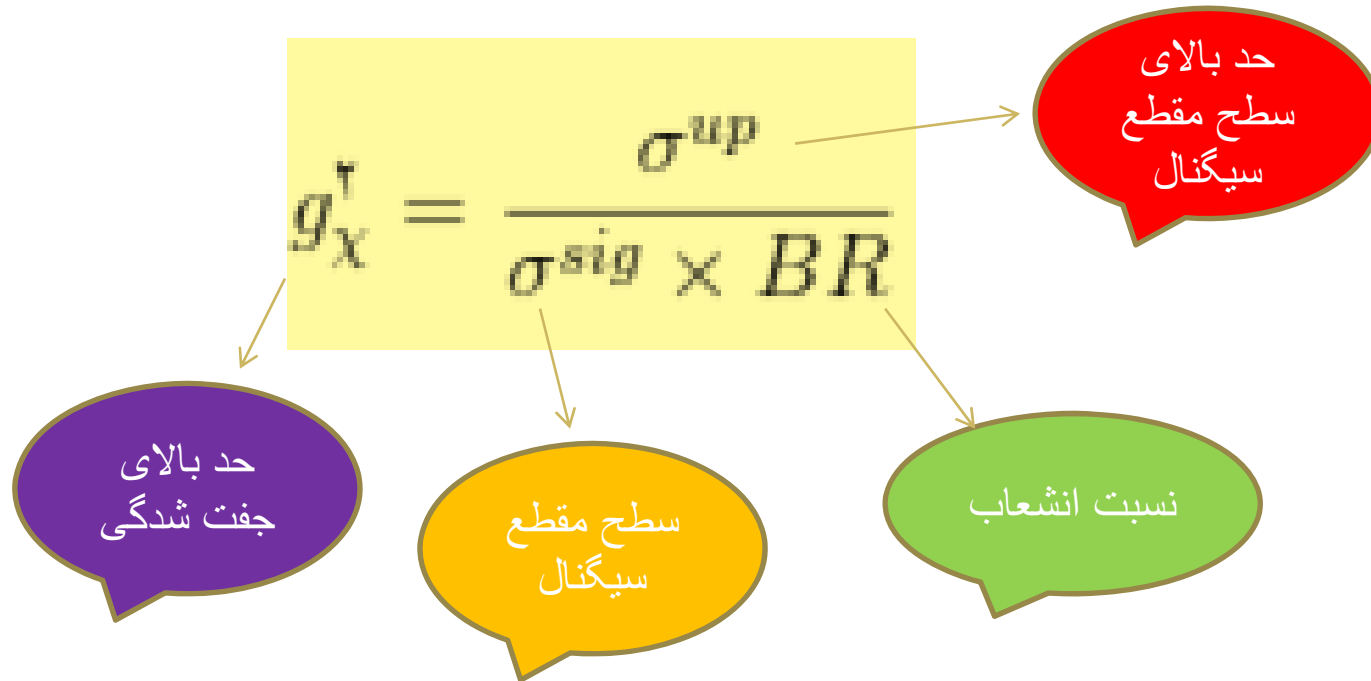
رابطه سطح مقطع با ضریب جفت شدگی

سطح مقطع پراکندگی با توجه به نمودارهای فاینمن متناسب است

با ضریب جفت شدگی به توان دو. $\sigma \propto g_{\chi}^2$



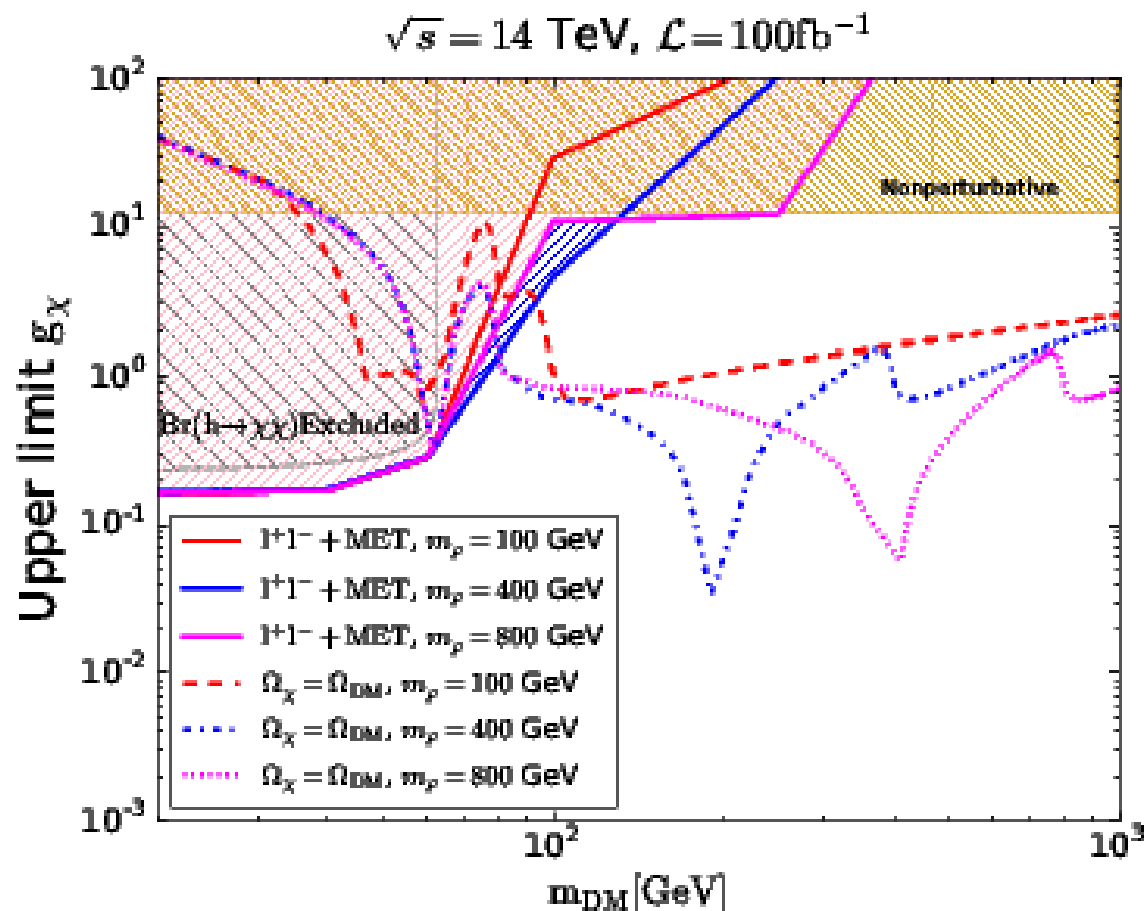
حد بالای جفت شدگی یو کاوا



$$Z \rightarrow \tau^+ \tau^- \text{ و } Z \rightarrow \mu^+ \mu^-, Z \rightarrow e^+ e^-$$

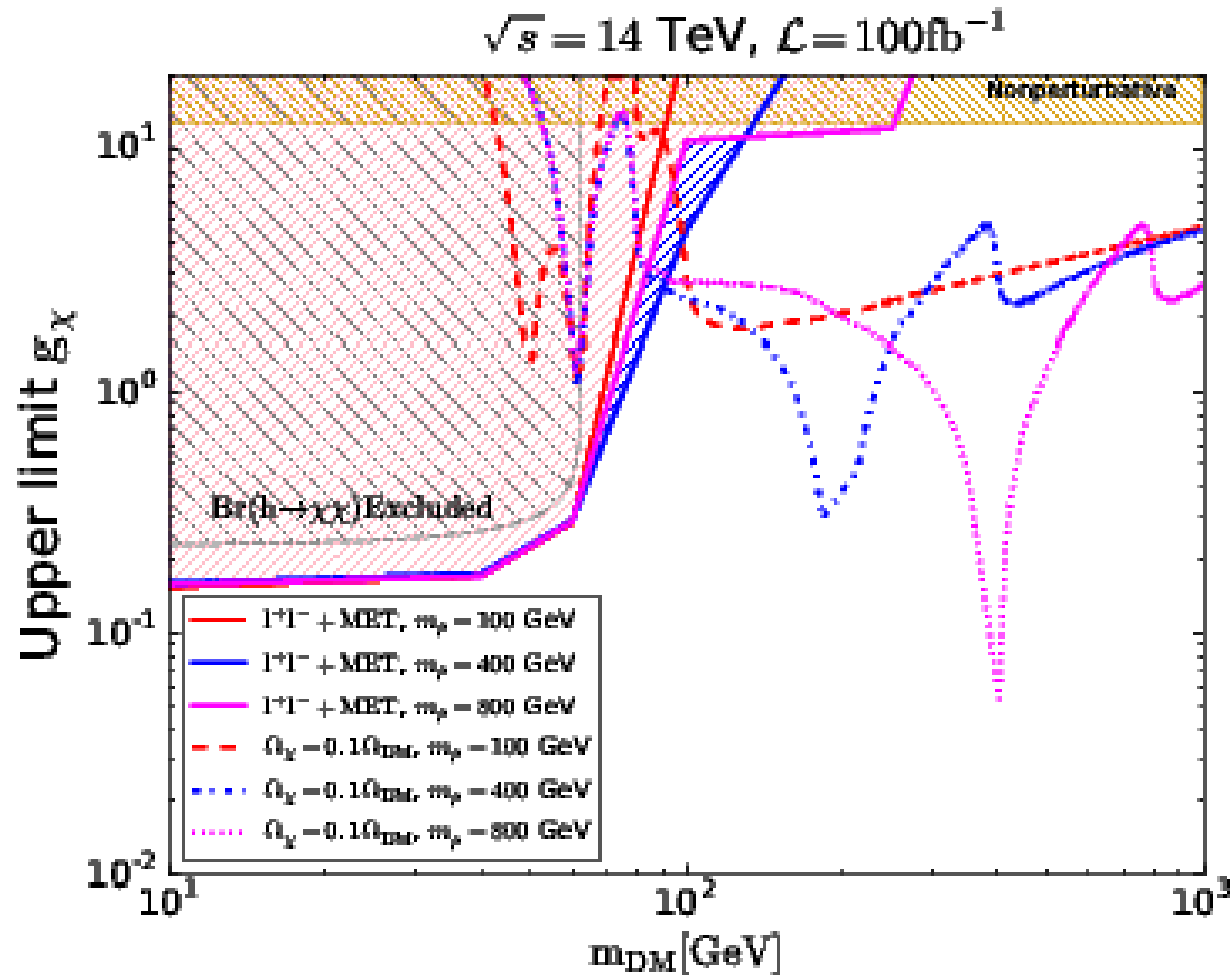
نسبت انشعاب Z به ترتیب برابر است با:

۳.۳۶۳٪ و ۳.۳۶۶٪ و ۳.۳۷۰٪



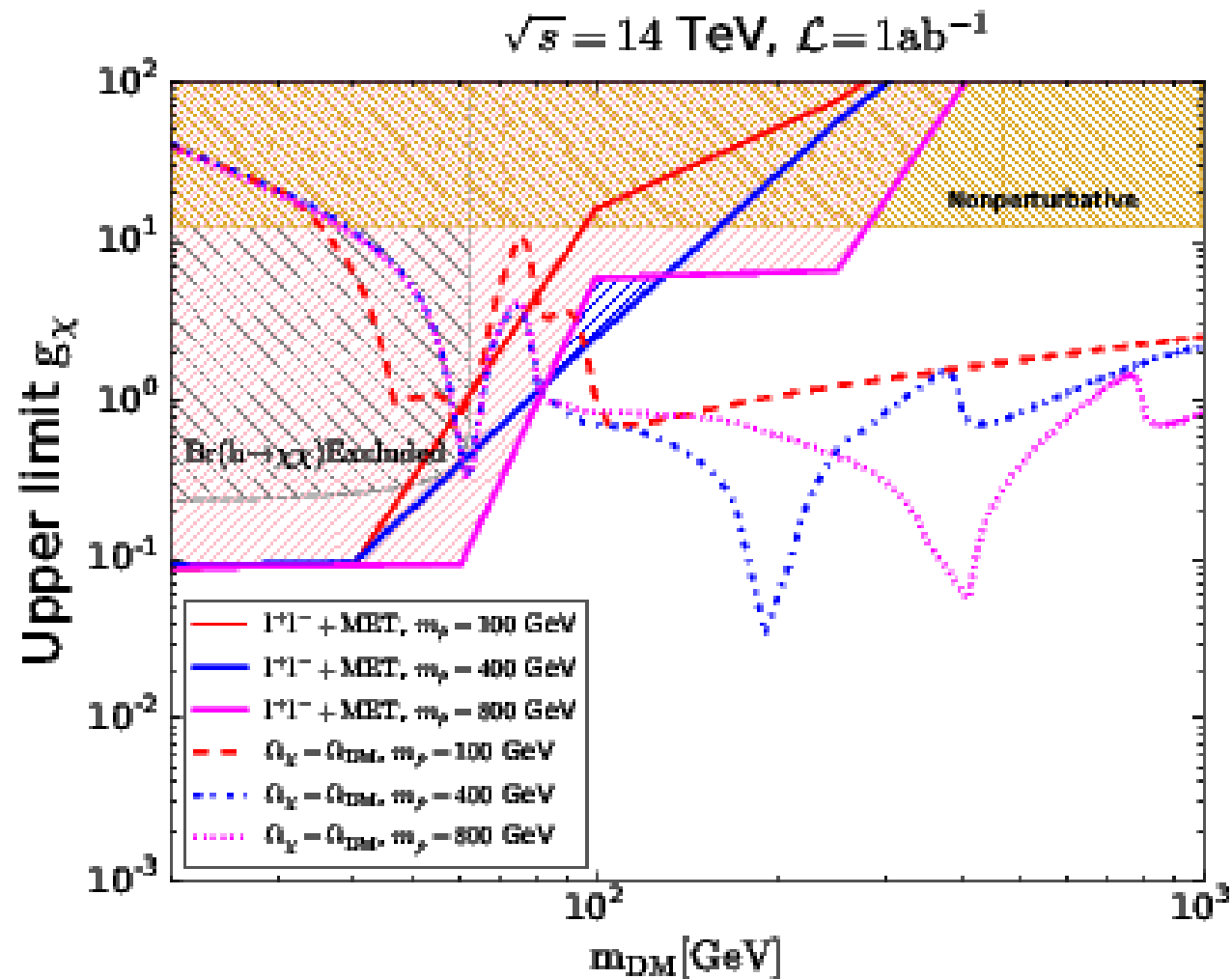
حساسیت های Mono-Z در LHC در $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ در حالت نهایی $l^+l^- + \text{MET}$

با $L = 100 \text{ fb}^{-1}$ وقتی $\Omega_\chi = \Omega_{\text{DM}}$



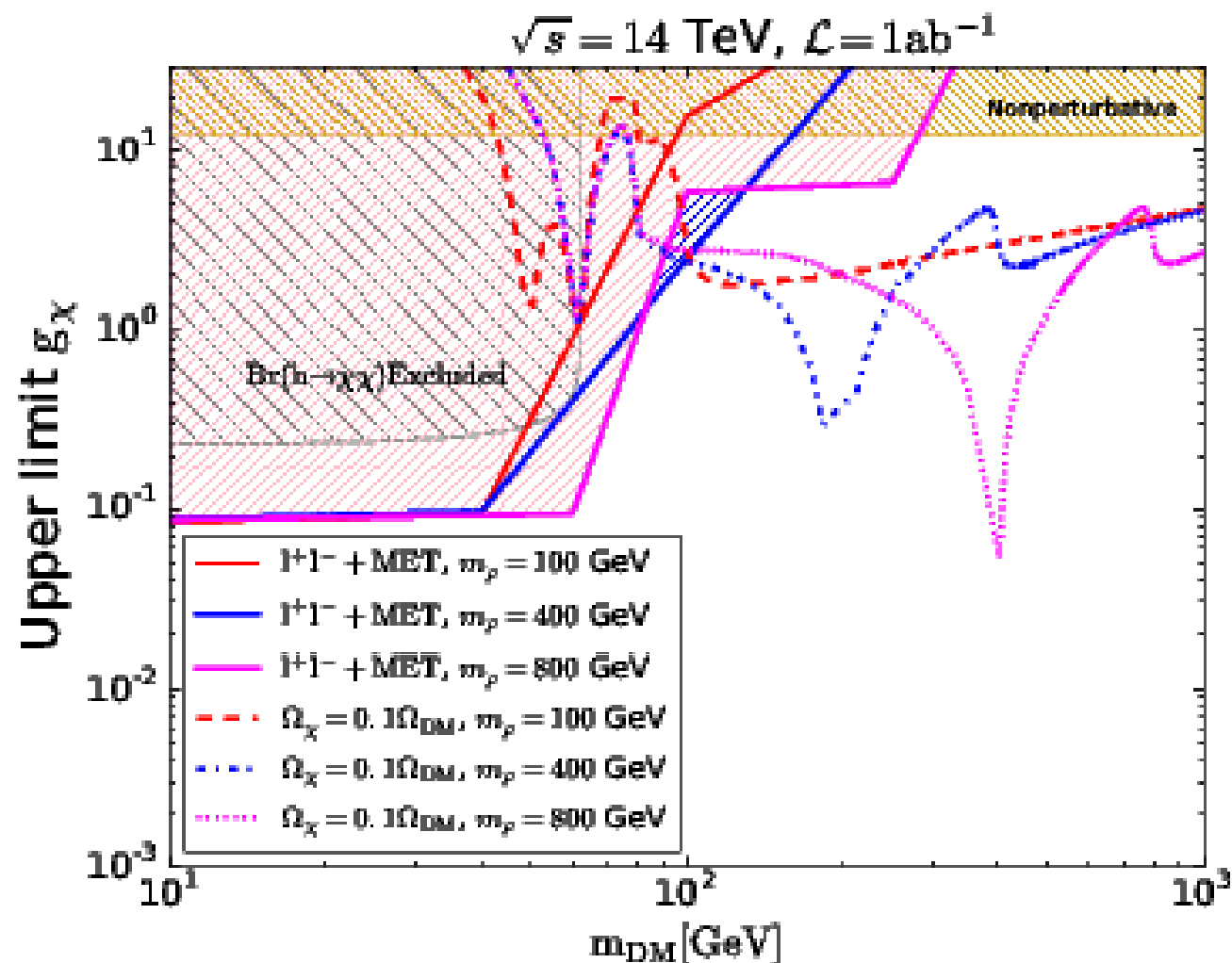
حساسیت های Mono-Z در LHC در $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ در حالت نهایی $l^+l^- + \text{MET}$

با $L = 100 \text{ fb}^{-1}$ وقتی $\Omega_\chi = 0.1\Omega_{\text{DM}}$.



حساسیت های Mono-Z در LHC در $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ در حالت نهایی $l^+l^- + \text{MET}$

با $L = 1 \text{ ab}^{-1}$ وقتی $\Omega_\chi = \Omega_{\text{DM}}$.



حساسیت های Mono-Z در LHC در $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ در حالت نهایی $l^+l^- + \text{MET}$

با $L = 1 \text{ ab}^{-1}$ وقتی $\Omega_\chi = 0.1\Omega_{\text{DM}}$.

از توجه شما سپاسگزارم