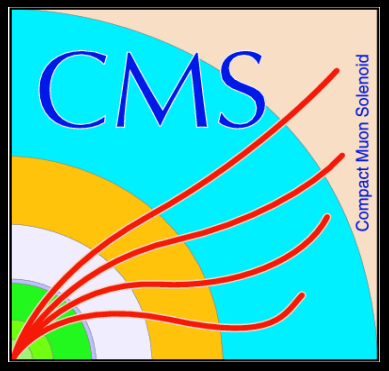


برنامه فیزیک دانشگاه صنعتی اصفهان در ارتباط با

آزمایش سی.ام.اس در سرن

و تلاشی برای

پاسخ به نادانسته‌ها

عبیده جعفری

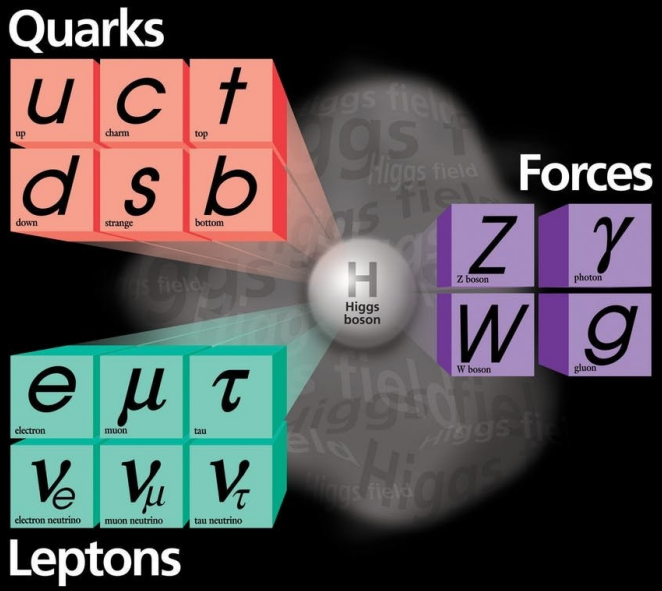
HELMHOLTZ
SPITZENFORSCHUNG FÜR
GROSSE HERAUSFORDERUNGEN

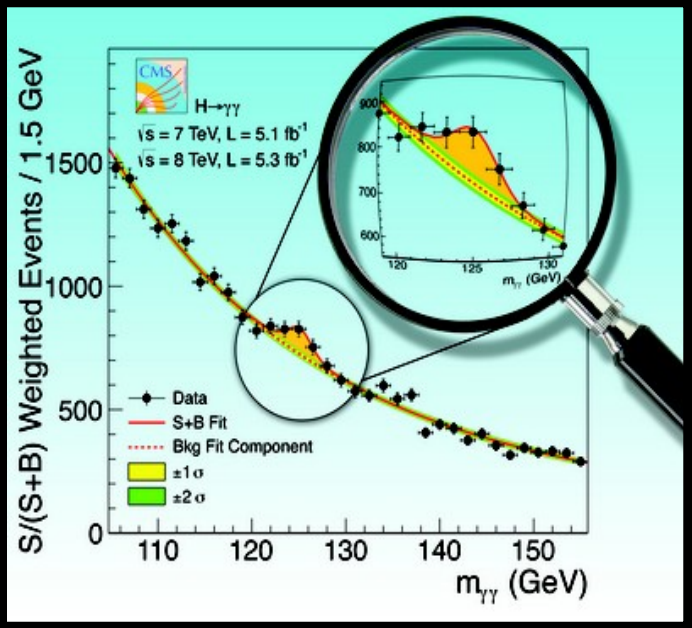
دومین گردهمایی همکاری دانشگاهی ایران با سرن

بیست و سوم شهریور ماه ۱۴۰۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

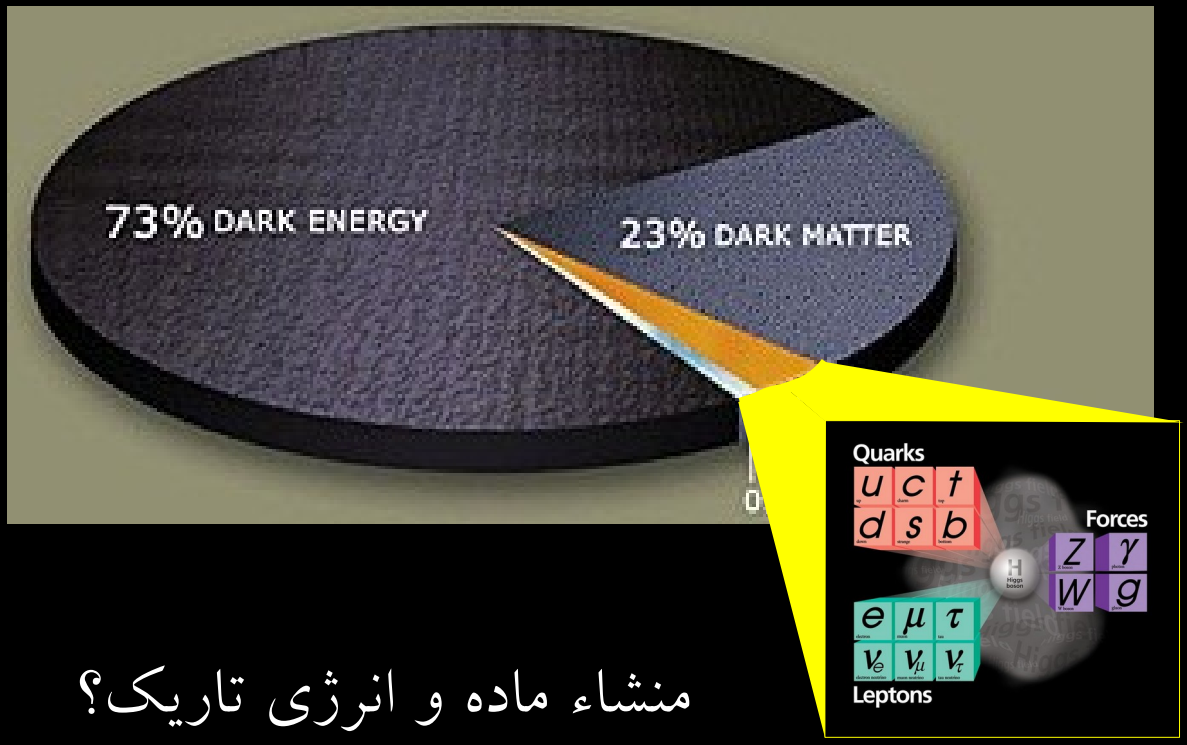
مدل استاندارد فیزیک ذرات بنیادی – دانسته‌ها





- مدل استاندارد با موفقیت چشمگیر در توصیف بیشتر مشاهدات آزمایشگاهی با دقتی بهتر از ۱٪
- مدل استاندارد با توانایی بی‌نظیر در پیش‌بینی وجود ذرات بنیادی
- آخرین ذره پیش‌بینی شده: بوزون هیگز که سال ۱۳۹۱ در سرن کشف شد

مدل استاندارد فیزیک ذرات بنیادی – نادانسته‌ها



منشاء ماده و انرژی تاریک؟

ارتباط گرانش با سایر نیروها؟

اختلاف g-2 با پیش‌بینی تئوری؟

منشاء جرم نوترینوها؟

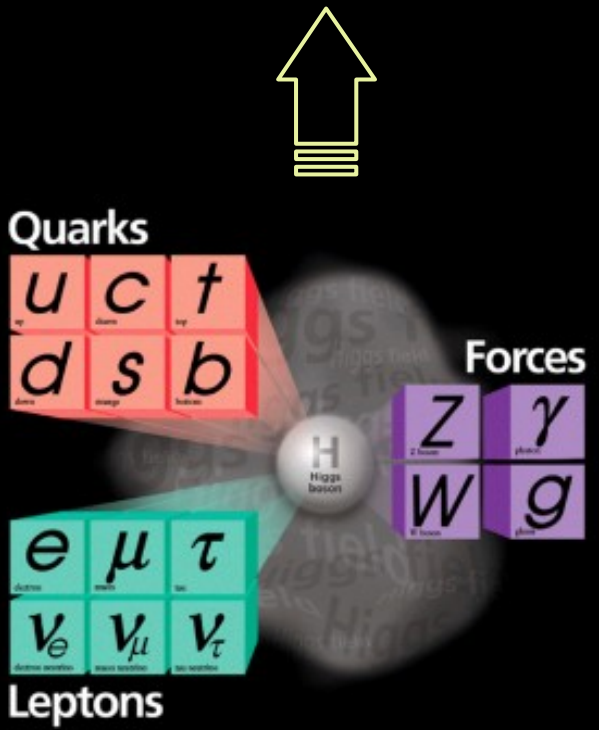
تعداد نسل‌های کوارکی و لپتونی، اختلاف جرم‌ها و ....

نظریه‌ای فرای مدل استاندارد

مدل‌های فرااستاندارد

ذرات جدید، برهمکنش‌های جدید

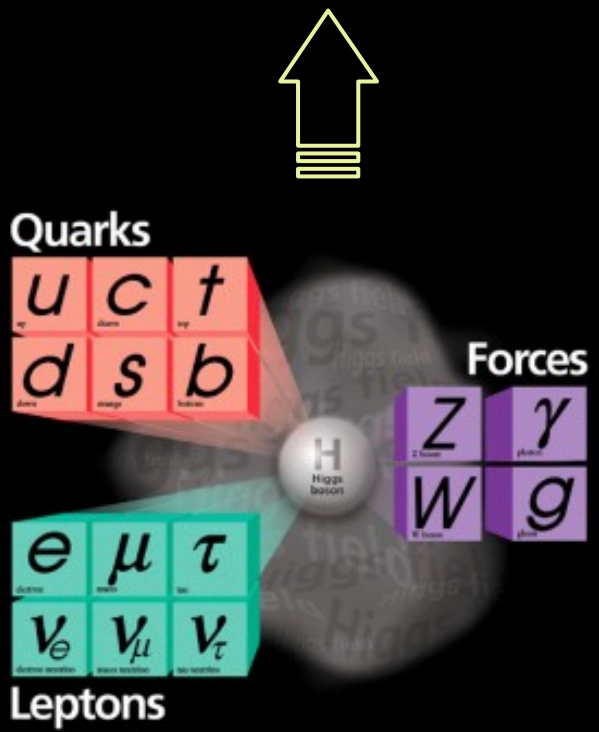
معمولاً ذرات جدیدی معرفی می‌کند که



نظریه‌ای فرای مدل استاندارد

مدل‌های فرااستاندارد

ذرات جدید، برهمکنش‌های جدید



معمولاً **ذرات جدیدی** معرفی می‌کند که

- یا حاصل واپاشی ذرات مدل استاندارد هستند

$$X_{SM} \rightarrow \xi\,\xi$$

- به ذارت مدل استاندارد وامی‌پاشند

$$\vartheta \rightarrow y_{SM}\, y_{SM}$$

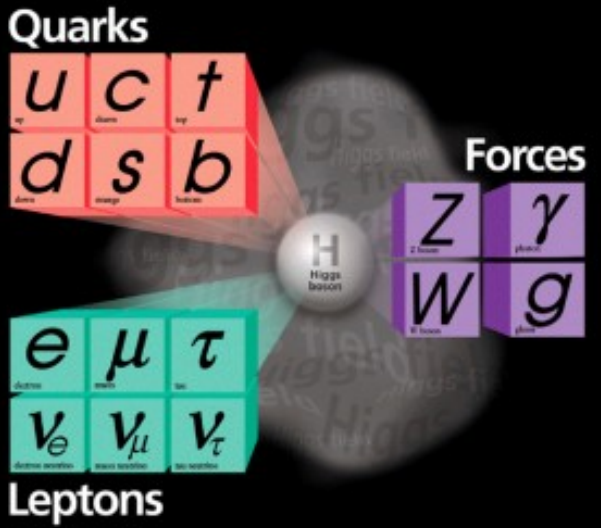
نظریه‌ای فرای مدل استاندارد

مدل‌های فرااستاندارد

ذرات جدید، برهمکنش‌های جدید

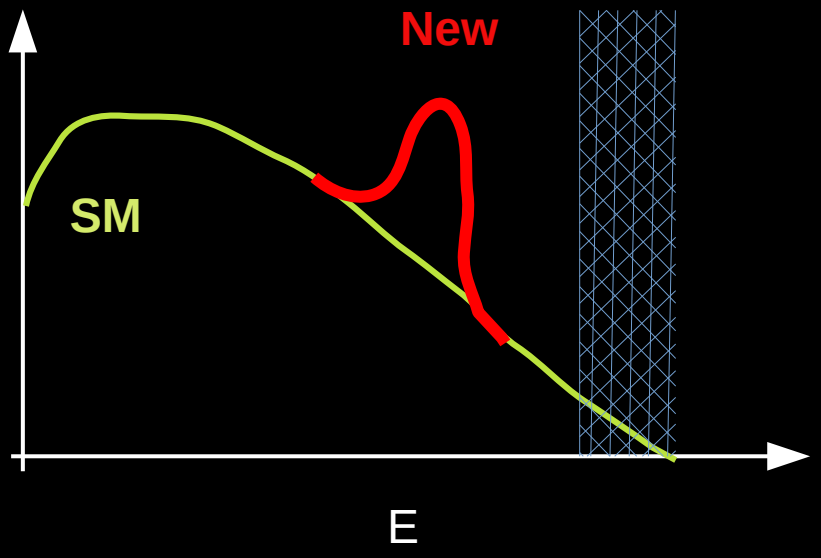
فرض: ذره‌ای جدید در نظریه فرااستاندارد وجود دارد

سوال: آیا جرم این ذره در محدوده انرژی در دسترس ماست؟



دسترسی به ذرات فرااستاندارد

فرض: ذره‌ای جدید در نظریه فرااستاندارد وجود دارد



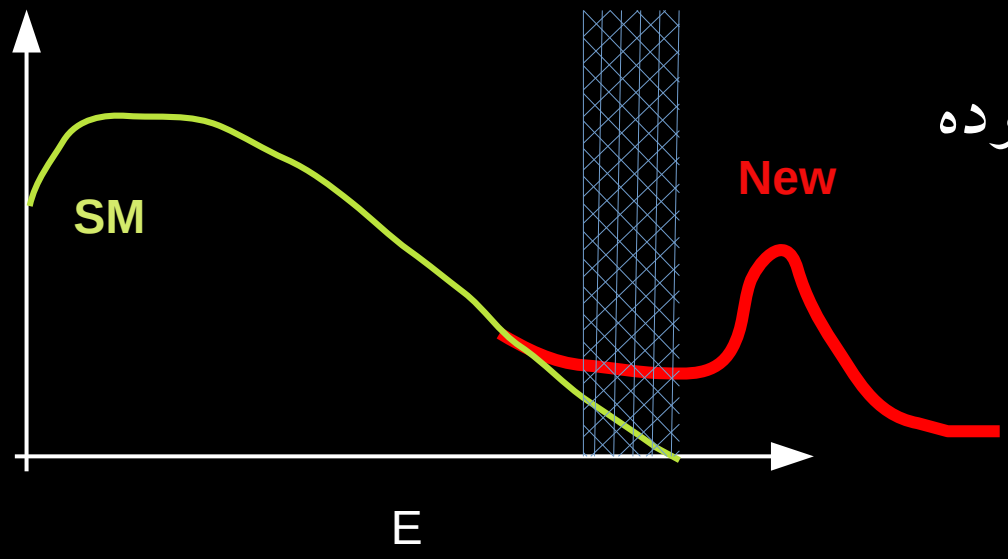
سوال: آیا جرم این ذره در محدوده انرژی در دسترس ماست؟

جواب: بله!

مسیر پژوهش: جستجوی مستقیم ذره در مجموعه داده‌ها

دسترسی به ذرات فرااستاندارد

فرض: ذره‌ای جدید در نظریه
فرااستاندارد وجود دارد

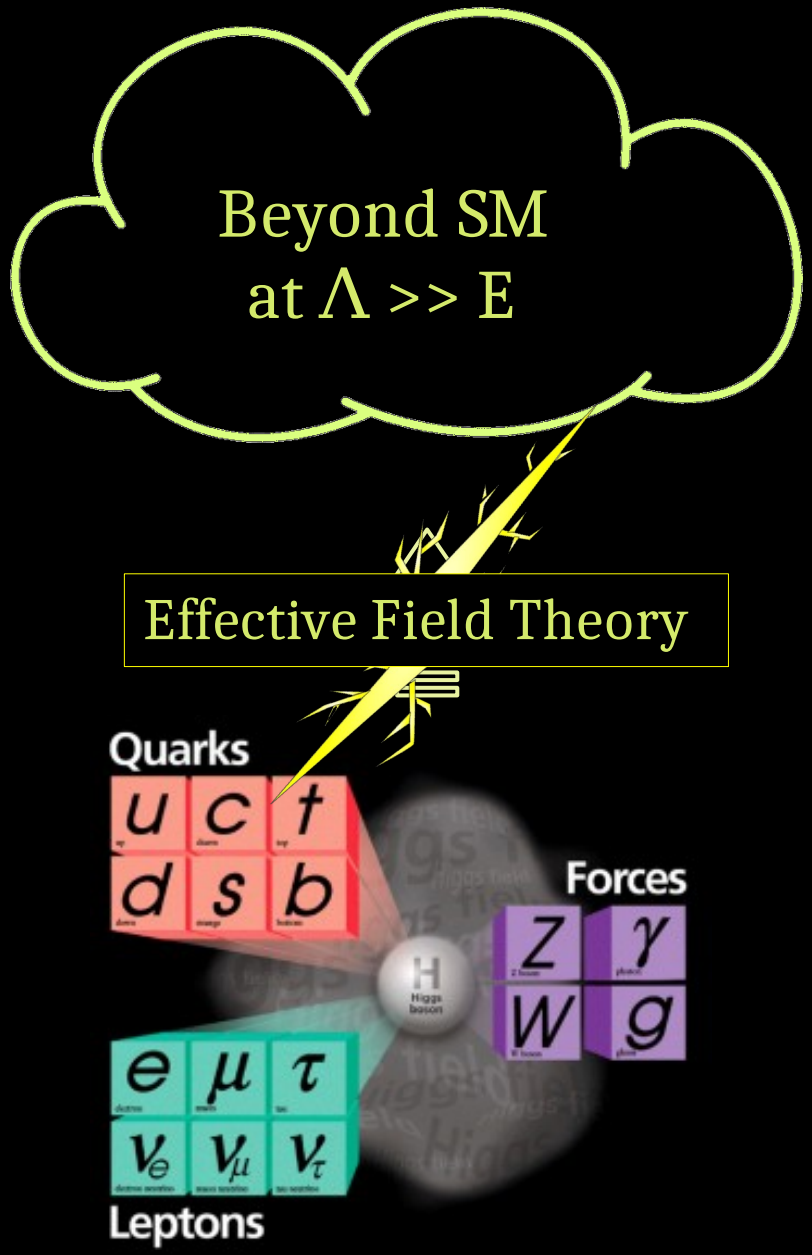


سوال: آیا جرم این ذره در محدوده
انرژی در دسترس ماست؟

جواب: خیر!!

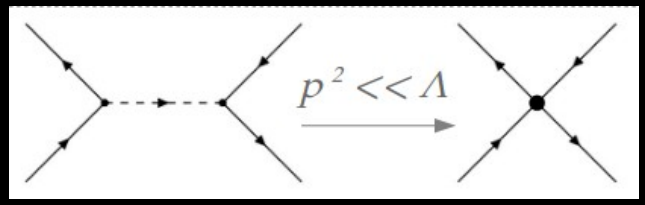
مسیر پژوهش: اندازه‌گیری دقیق فرآیندهای مدل استاندارد و تعبیر آنها

تعبیر اندازه‌گیری‌های (دقیق) مدل استاندارد



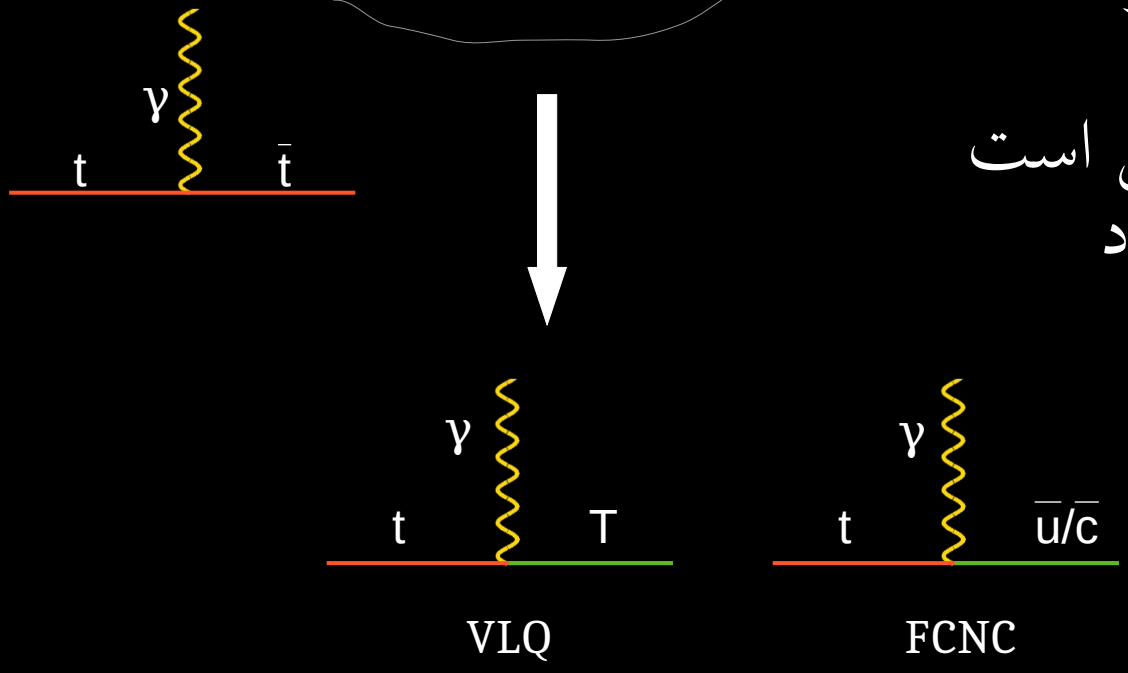
نظریه میدان موثر:
بسط اختلالی مدل استاندارد با
پارامتریزه کردن آثار فیزیک فراستاندارد
در انرژی E

$$L = L_{SM}^{(4)} + \sum_i \frac{c_i^{(6)}}{\Lambda_i^2} O_i^{(6)} + \ldots$$



نظریه میدان موثر

$$L = L_{SM}^{(4)} + \sum_i \frac{c_i^{(6)}}{\Lambda_i^2} O_i^{(6)} + \dots$$



ویژگی مهم و جذاب:

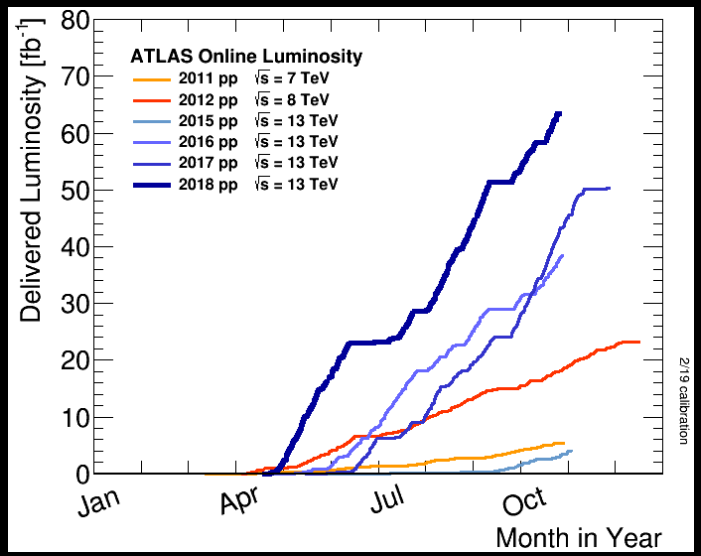
توصیف تئوری‌های فرااستاندارد

هر جفتیدگی نظریه مؤثر ممکن است در یک یا چند مدل فرااستاندارد ظاهر شود و بالعکس

دسترسی به فرااستاندارد: کجا؟

برخورددهنده بزرگ هادرونی

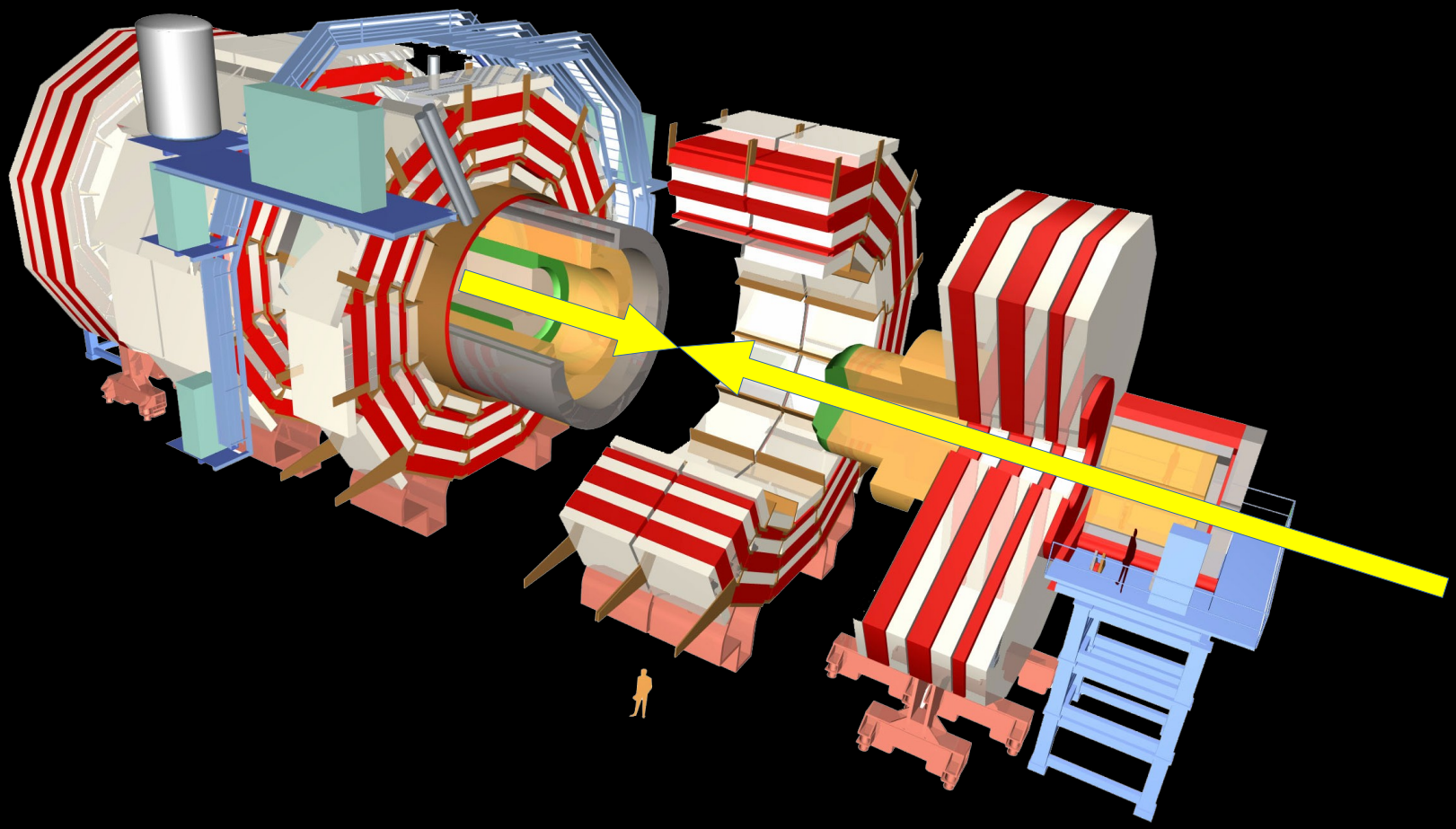
دسترسی به فرااستاندارد: کجا؟



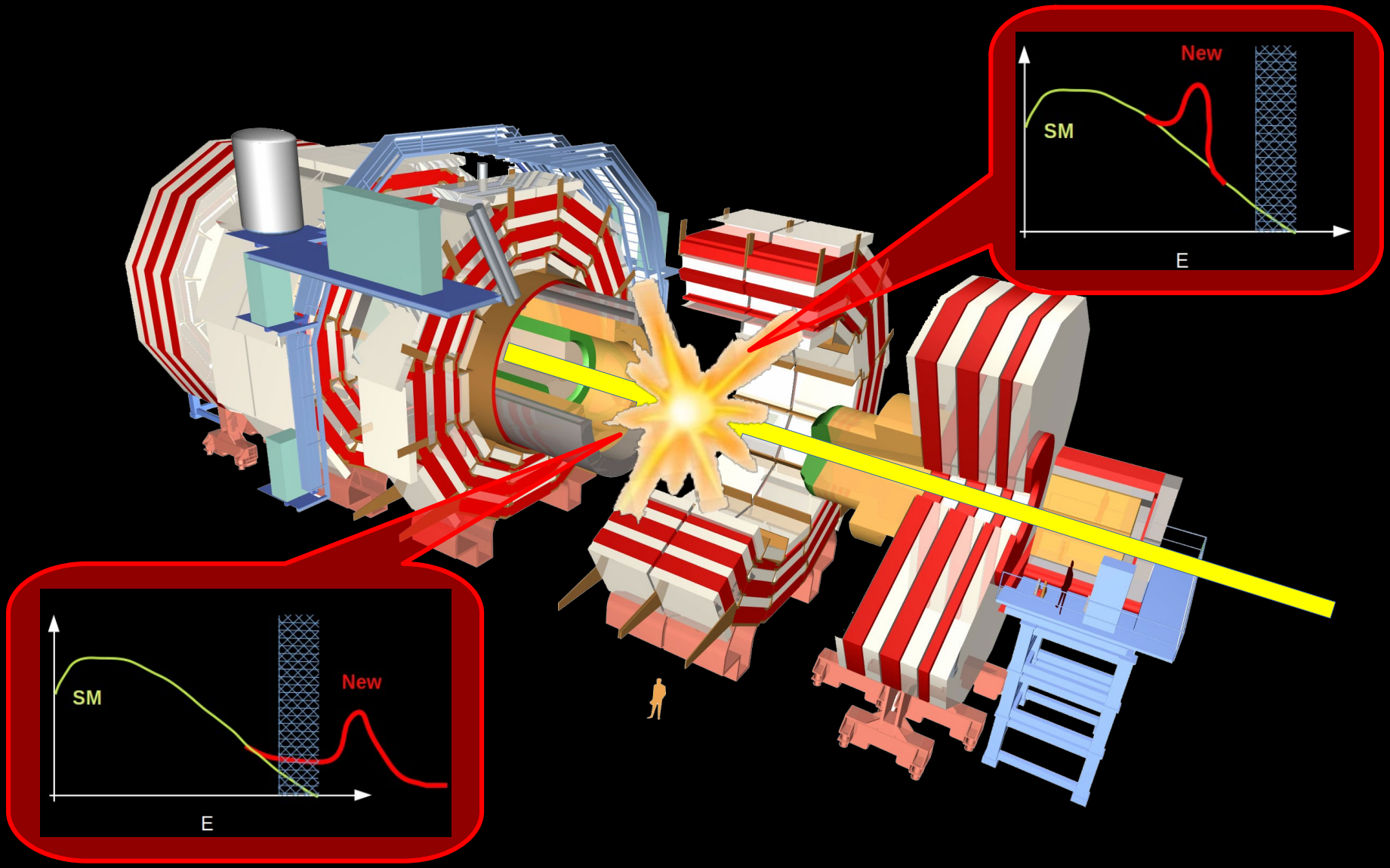
برخورددهنده بزرگ هادرونی

تولید کننده میلیاردها برخورد پروتونی تا به امروز

آشکارساز سی.ام.اس (سیملوله فشرده میوئون)



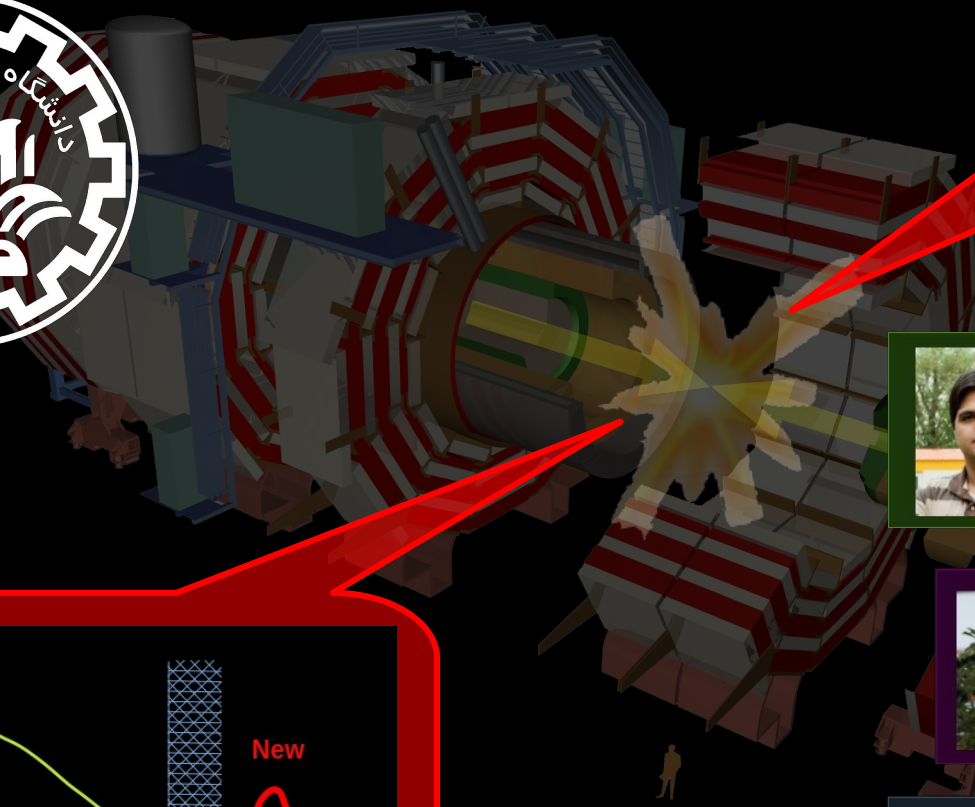
آشکارساز سی.ام.اس (سیملوله فشرده میوئون)

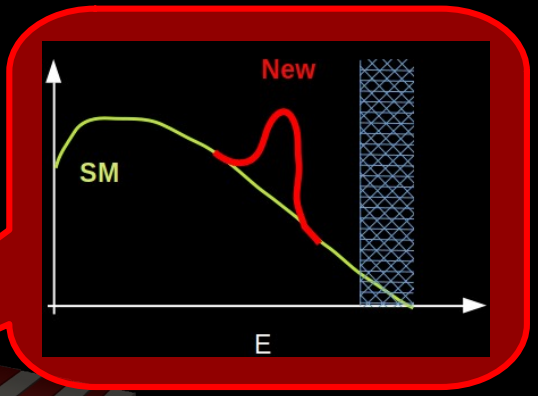


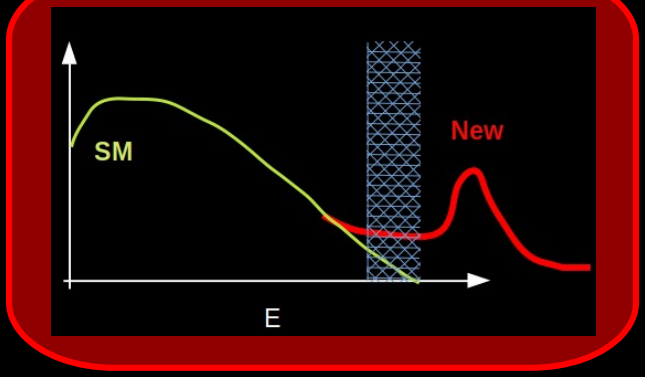
جستجوی مستقیم یا اندازه‌گیری دقیق

آشکارساز سی.ام.اس (سیملوله فشرده میوئون)

برنامه فیزیک دانشگاه صنعتی اصفهان





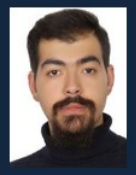


حامد بخشیان سهی

عبیده جعفری

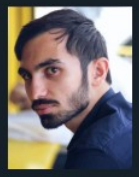
دکتری

الهام خزاعی



کارشناسی ارشد

مهدی حاج‌مقصود



فربد نادرپور

کارشناسی

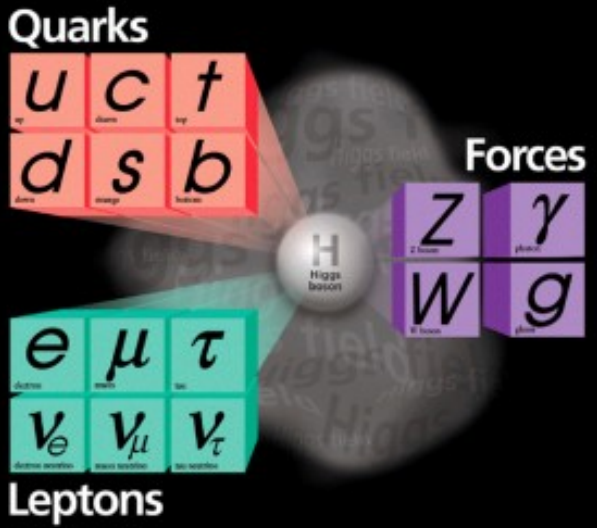
زهرا دلاور

جستجوی مستقیم یا اندازه‌گیری دقیق

جستجوی مستقیم در بخش اسکالر مدل استاندارد

از زمینه‌های پژوهشی بسیار فعال

نظریه فراستاندارد:
مدل‌هایی با هیگزهای اضافه و
ذرات اسکالر اضافه!



یکی از پیش‌بینی‌ها:
وجود ذره a با اسپین صفر بطوریکه

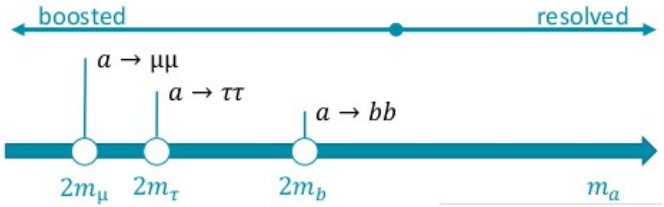
$$H_{SM} \rightarrow aa$$

جستجوی مستقیم در بخش اسکالر مدل استاندارد

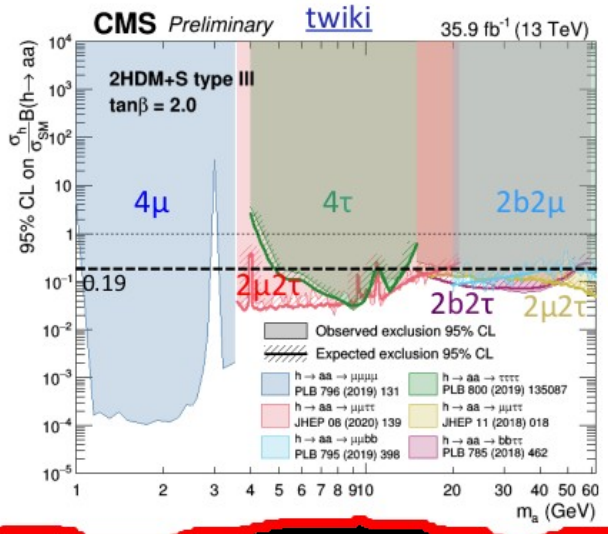
The Higgs or *A* Higgs?

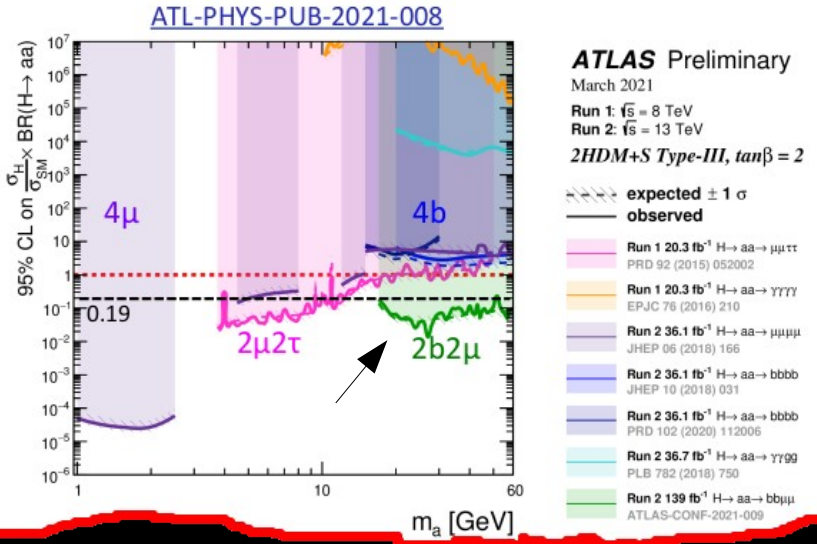
- In BSM models with more Higgs bosons, some can resemble *the* Higgs
- Direct search for additional light and heavy Higgs bosons

2HDM has 5 Higgs bosons
- h: "SM" Higgs
- H: heavy Higgs
- A: pseudoscalar
- $H^{\pm}$: charged Higgs



2HDM+S

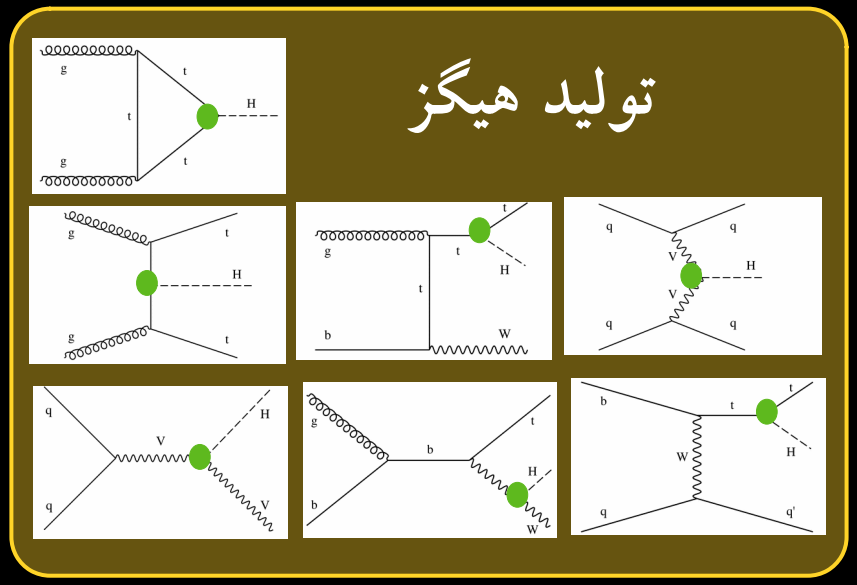


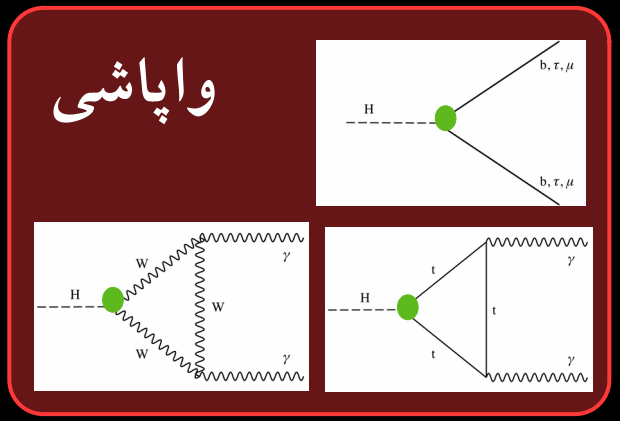


از سخنرانی دکتر راحتلو در جلسه صبح

سوال: آیا اندازه‌گیری‌های فعلی واپاشی هیگز جایی برای واپاشی غیر استاندار می‌گذارد؟

سوال: آیا اندازه‌گیری‌های فعلی واپاشی هیگز جایی برای واپاشی غیر استاندار می‌گذارد؟

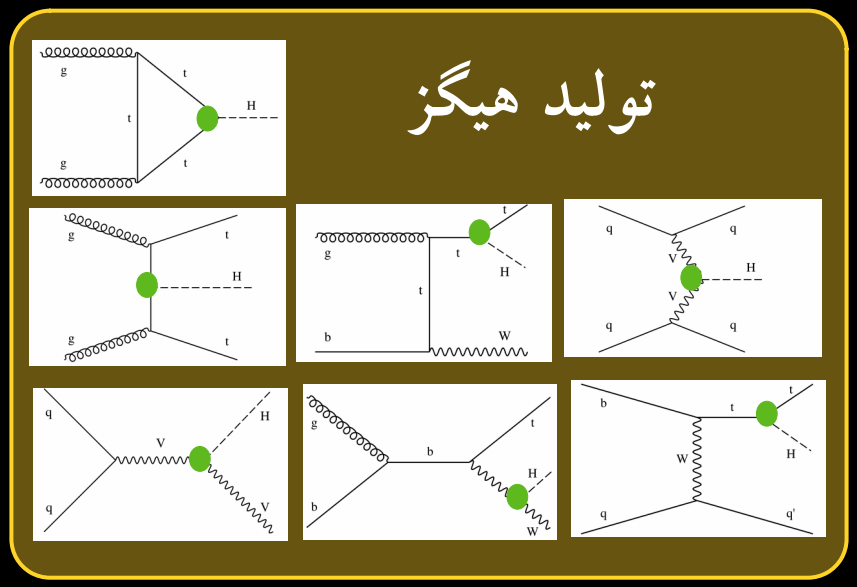


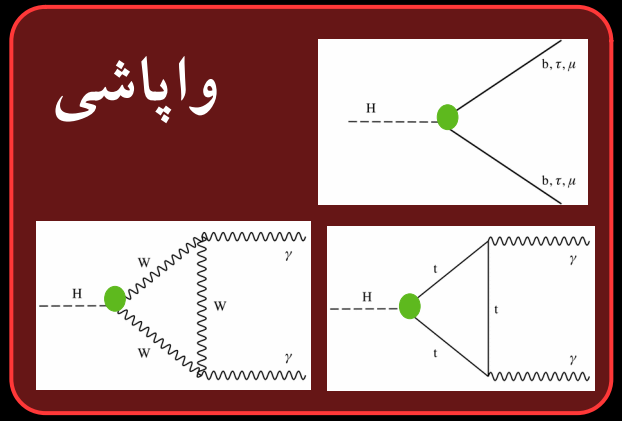


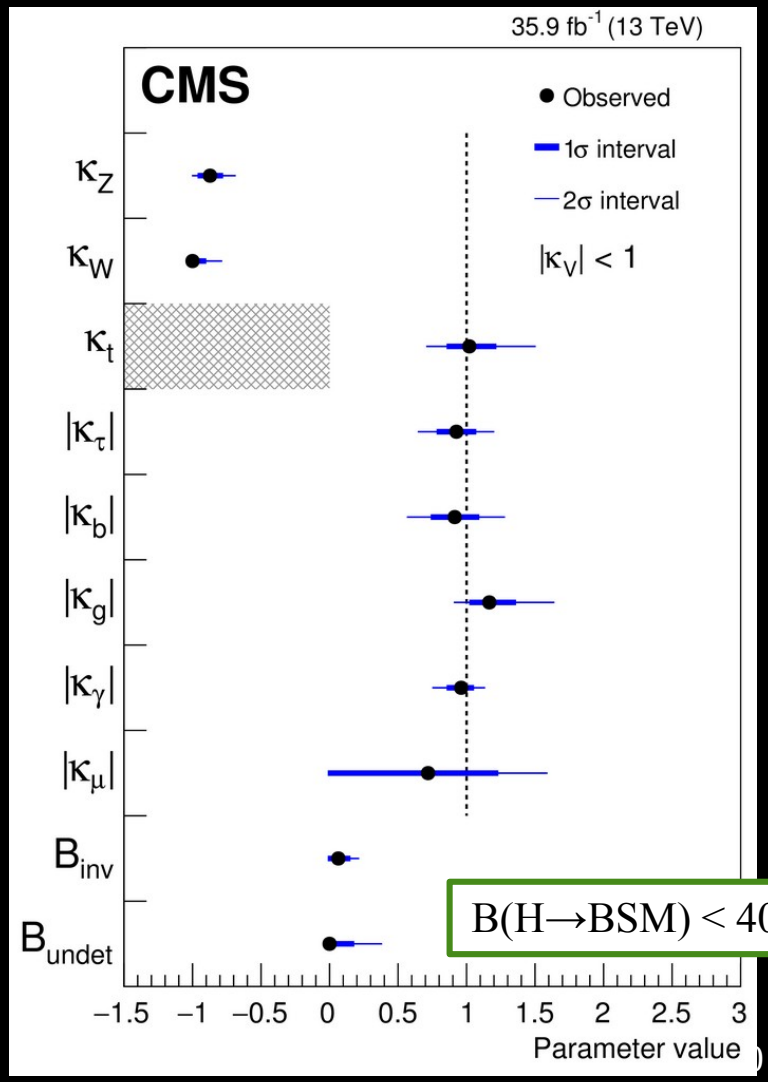
ترکیب اطلاعات جفتیدگی هیگز با ذرات مختلف در تولید و واپاشی هیگز

نکته: جفتیدگی قابل ترجمه به احتمال واپاشی (B) است

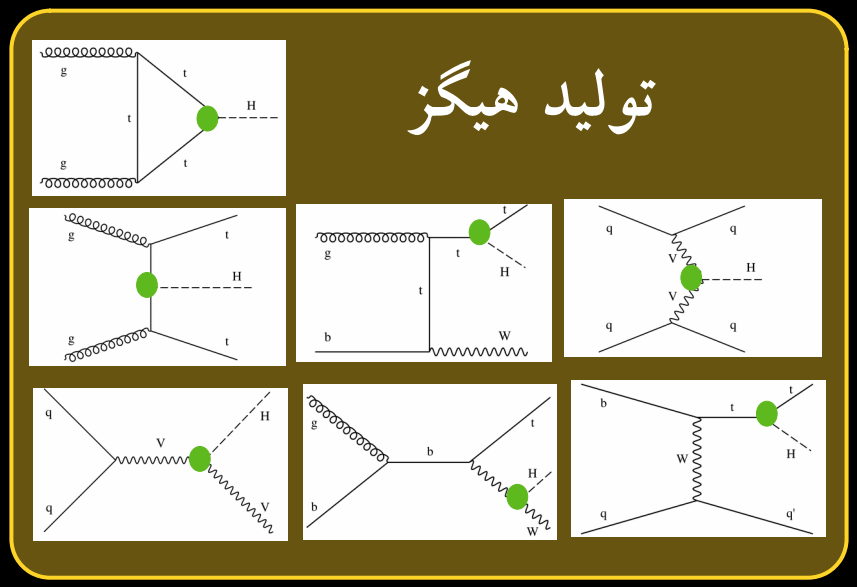
سوال: آیا اندازه‌گیری‌های فعلی واپاشی هیگز جایی برای واپاشی غیر استاندار می‌گذارد؟

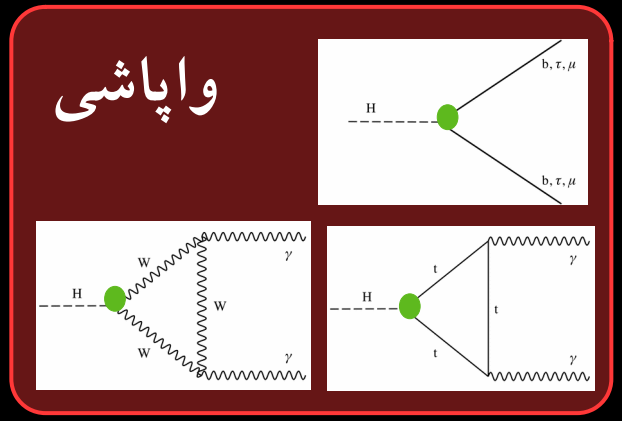


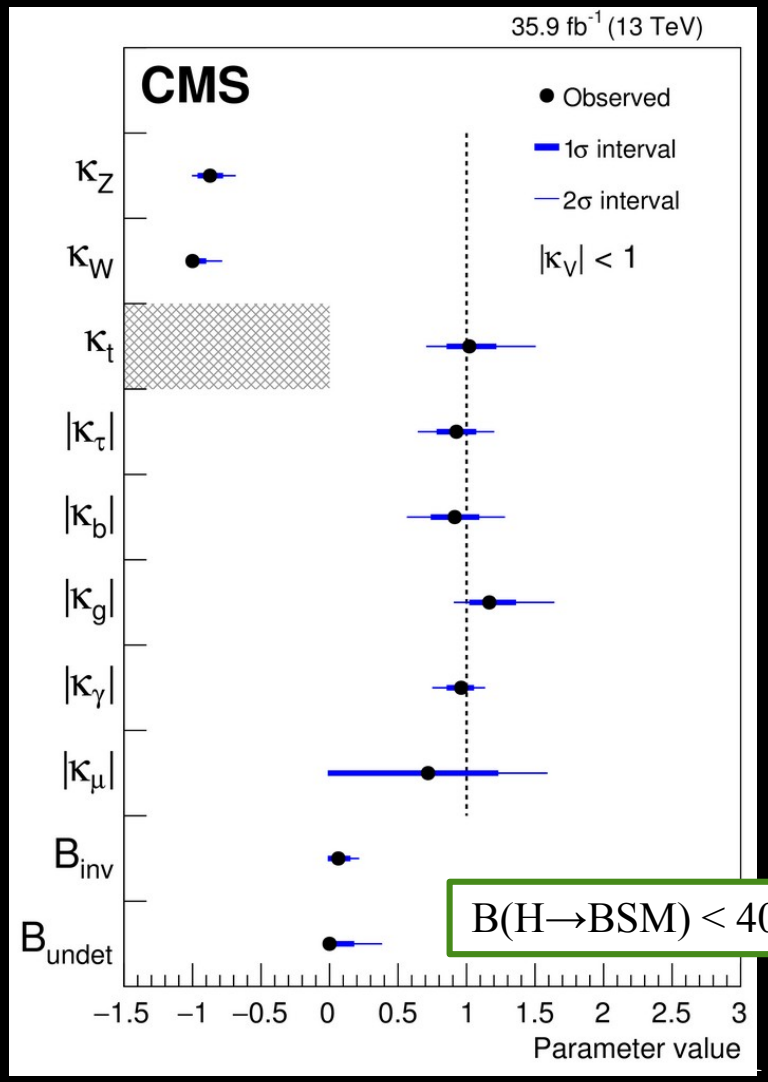




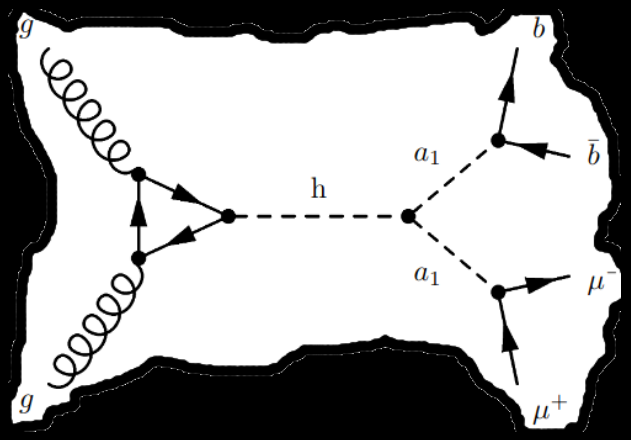
سوال: آیا اندازه‌گیری‌های فعلی واپاشی هیگز جایی برای واپاشی غیر استاندار می‌گذارد؟





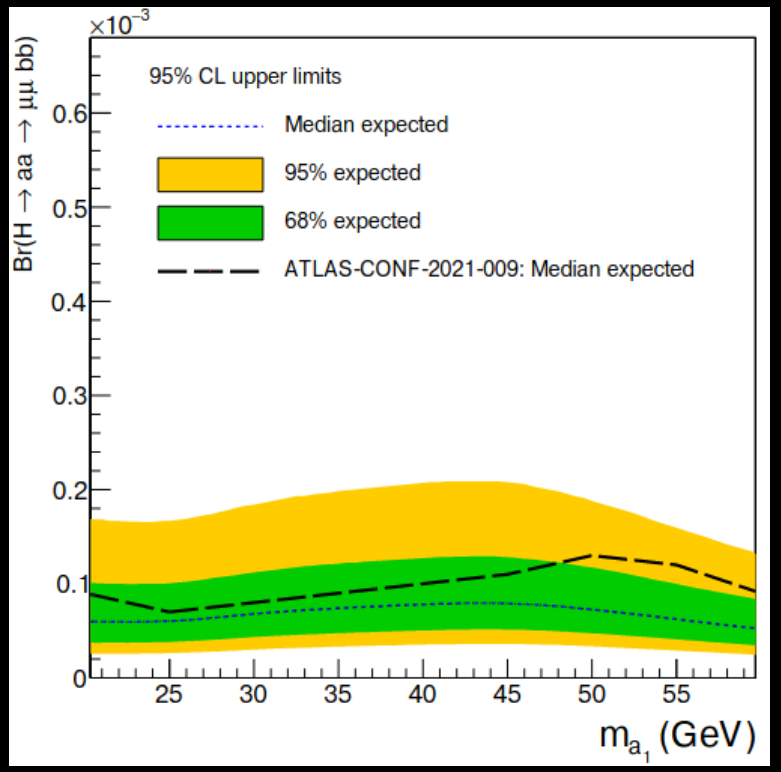


جستجوی مستقیم واپاشی‌های غیر استاندارد هیگز



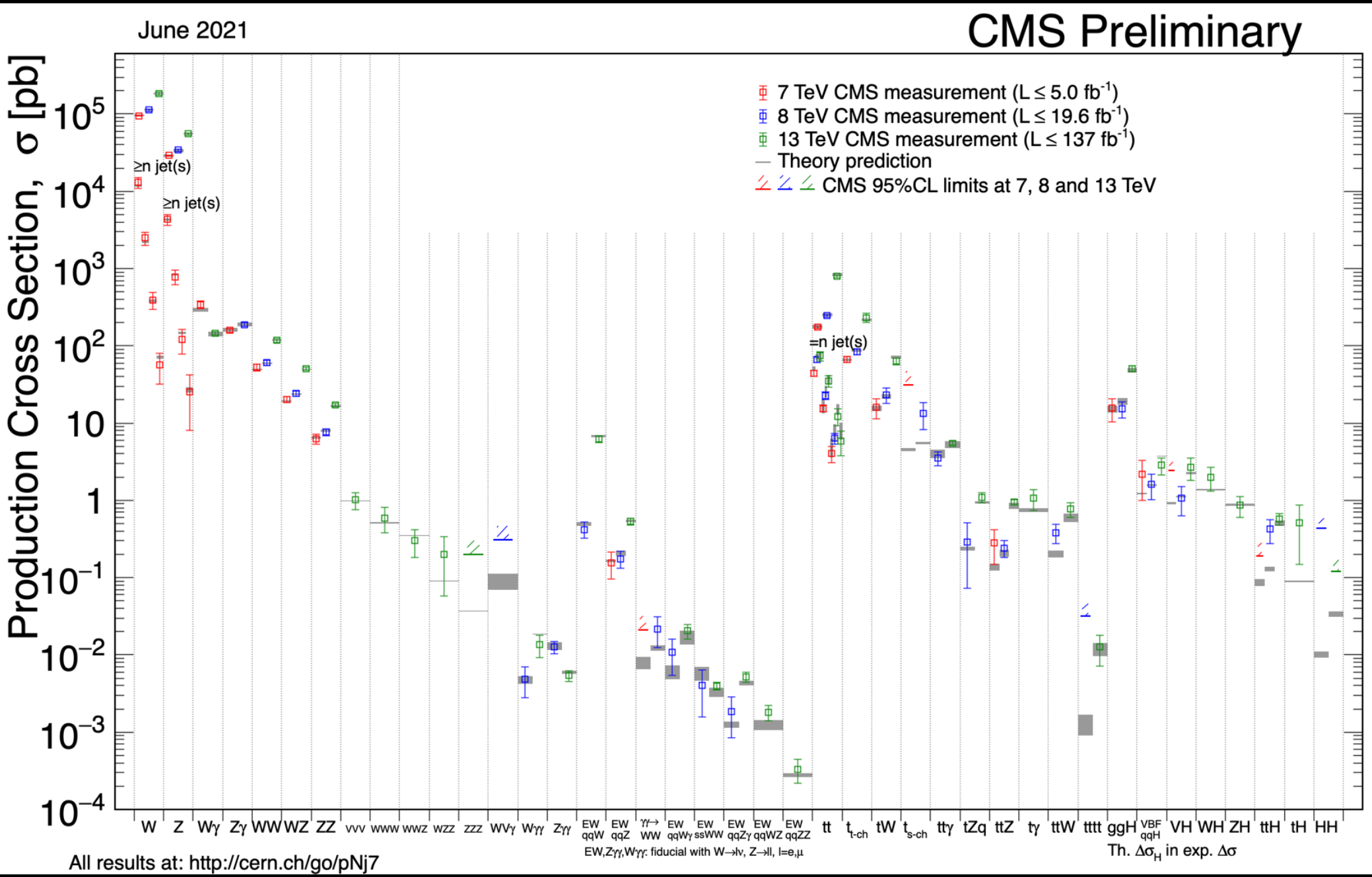
کانال مورد علاقه ما:
یکی از ذرات جدید به دو میوئون و دیگری به دو کوارک ته واپاشی کند

$$H_{SM} \rightarrow aa \rightarrow \mu\mu bb$$

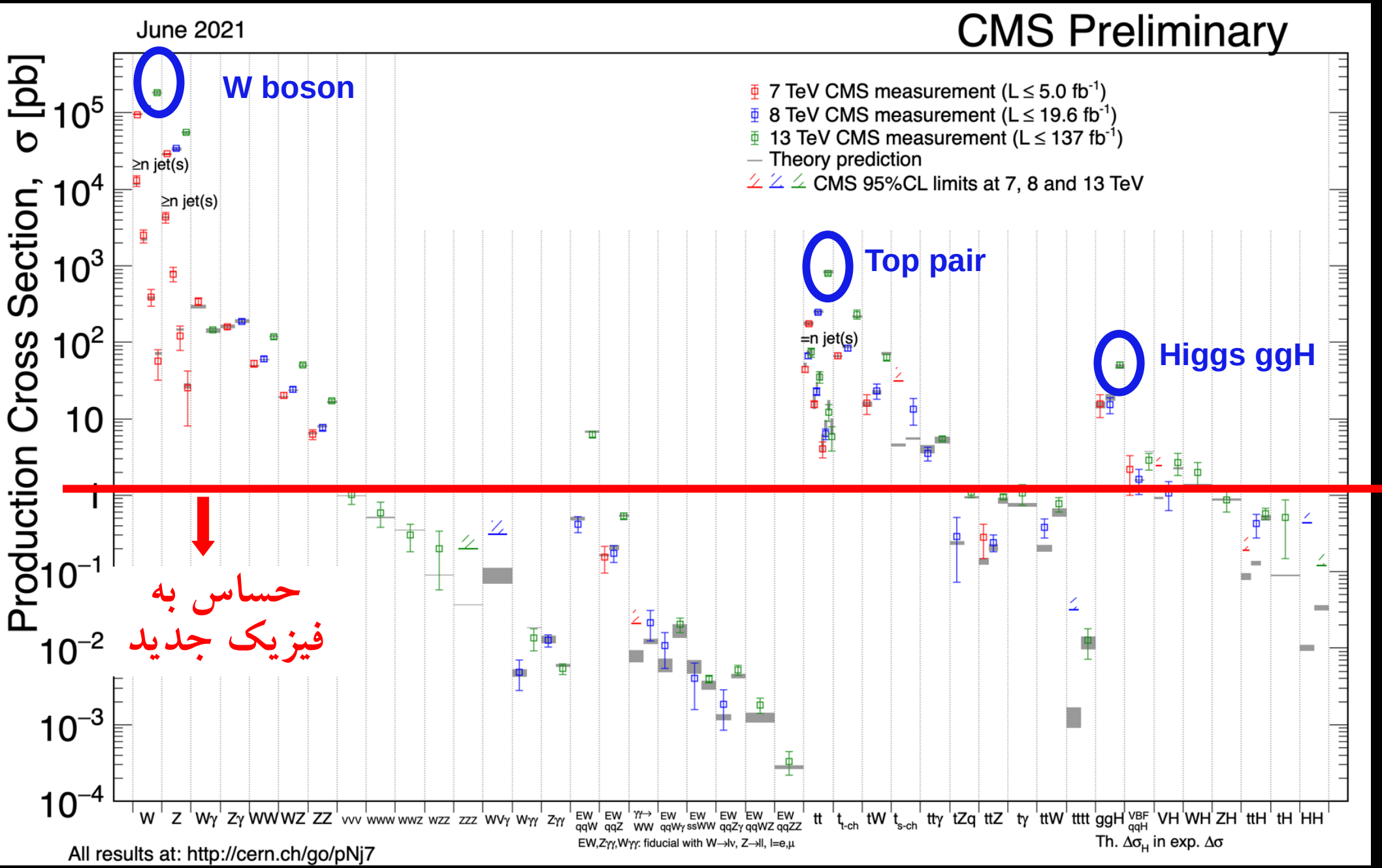


حدود قوی تر از آخرین نتایج اتلس!

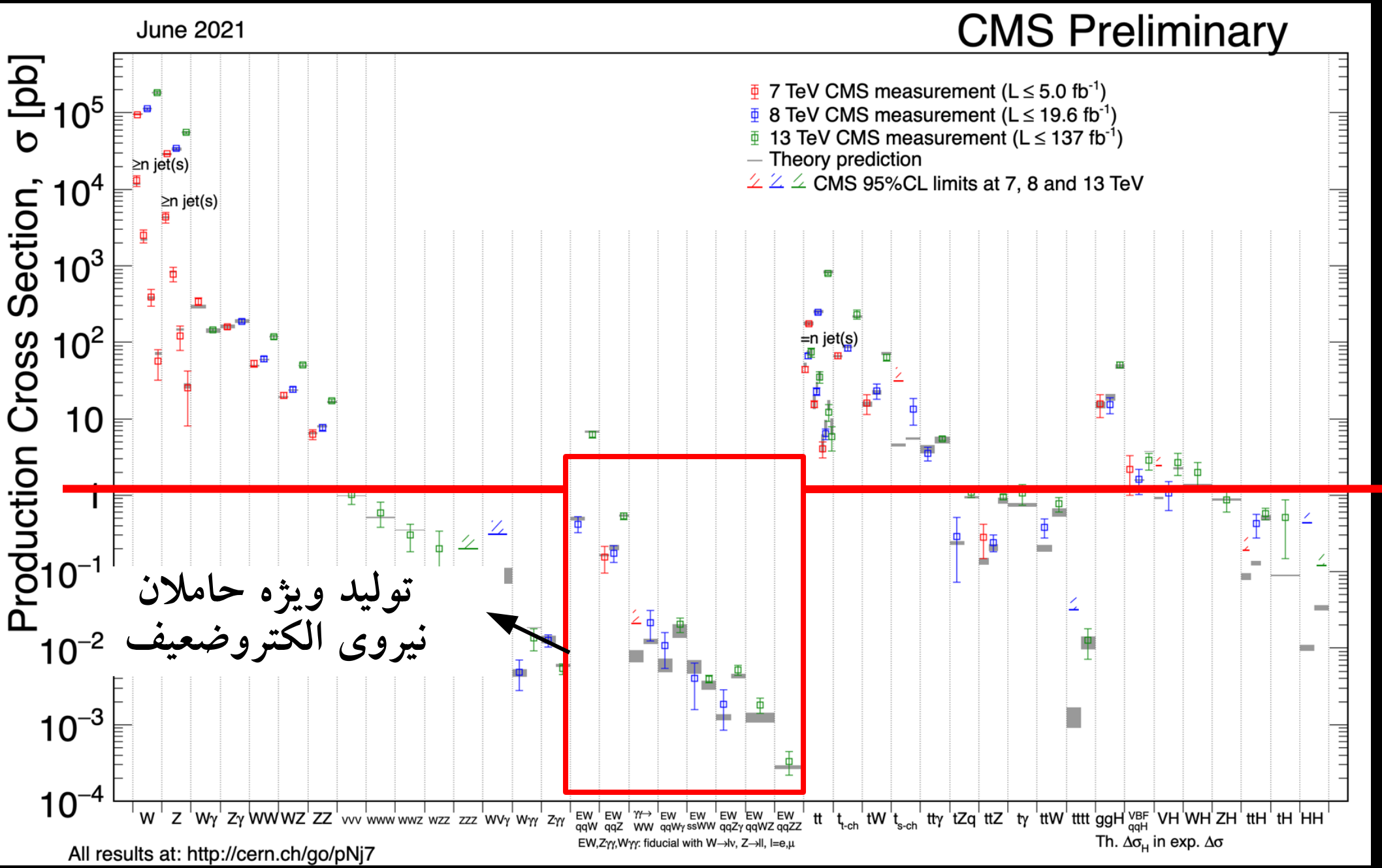
اندازه‌گیری مدل استاندارد: فرآیندهای کم احتمال



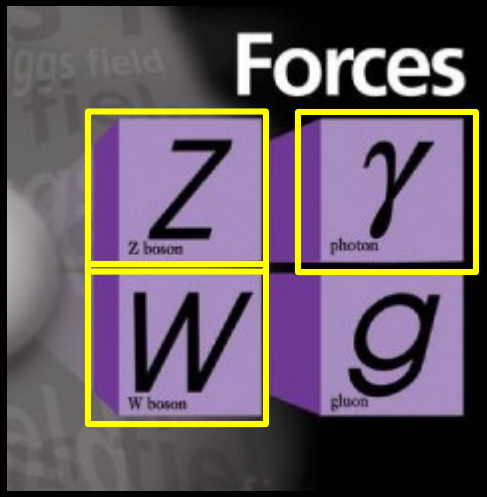
اندازه‌گیری مدل استاندارد: فرآیندهای کم احتمال

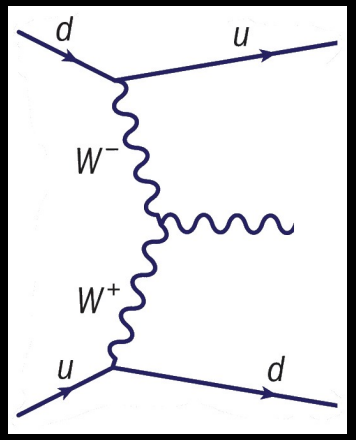


اندازه‌گیری مدل استاندارد: فرآیندهای کم احتمال



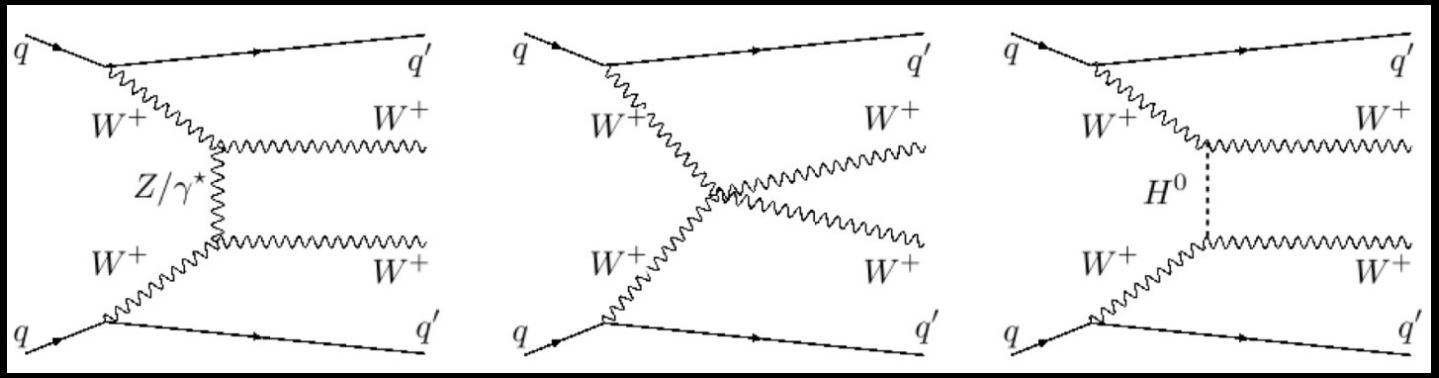
تولید ویژه حاملان نیروی الکتروضعیف



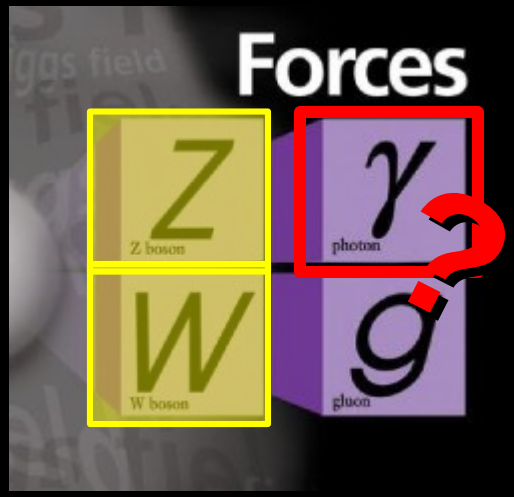


Vector Boson Fusion – VBF

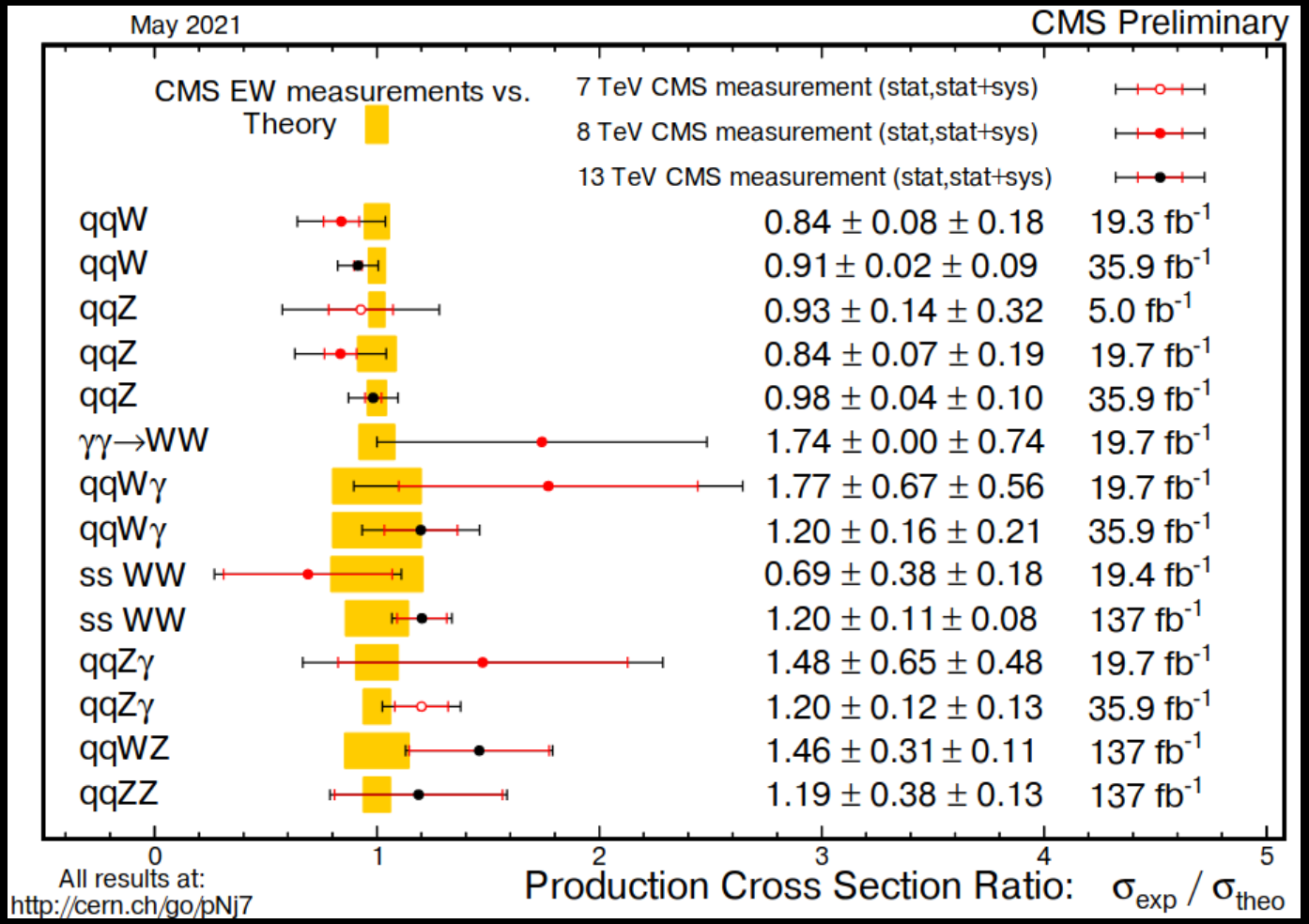
Vector Boson Scattering – VBS



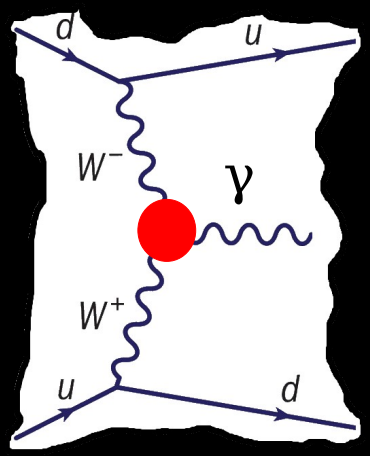
تولید ویژه حاملان نیروی الکتروضعیف



تولید تک فوتون (VBF) اندازه‌گیری نشده!



تولید فوتون با فرآیند VBF

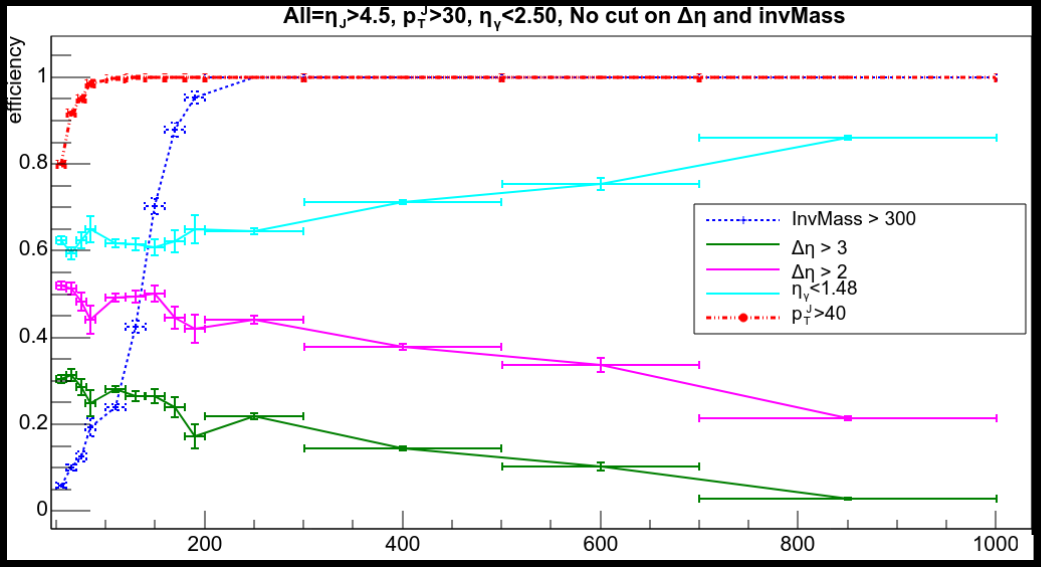


امکان مطالعه راس $WW\gamma$ در **نظریه میدان موثر**

بسیار چالشی: تخمین پس زمینه‌ها

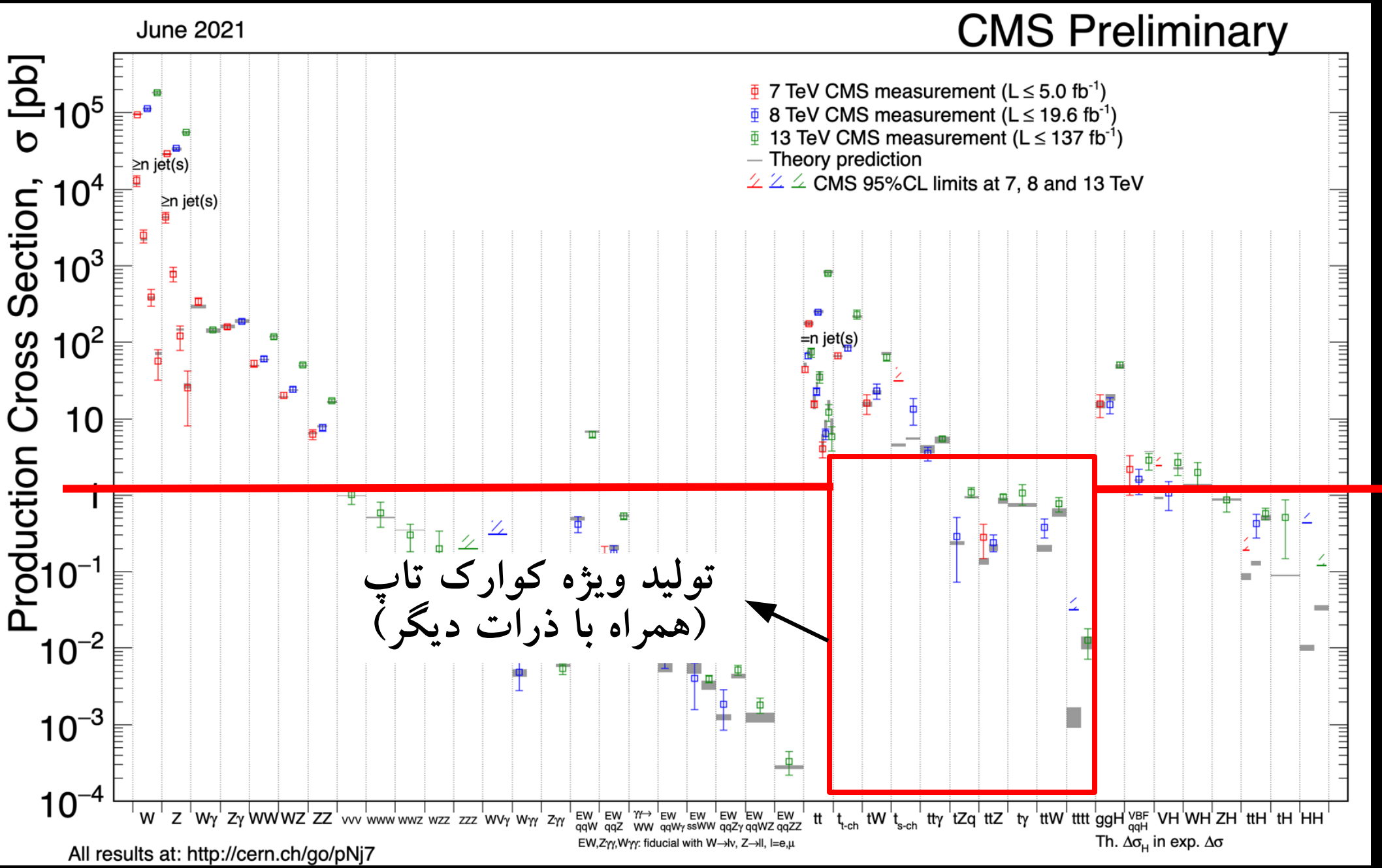
فعالیت‌های ما:

- تحلیل همه داده‌های LHC در انرژی ۱۳ ترااالکترون‌ولت
- مطالعه حساسیت در برخوردها با درخشندگی بالا (سال ۲۰۲۷)

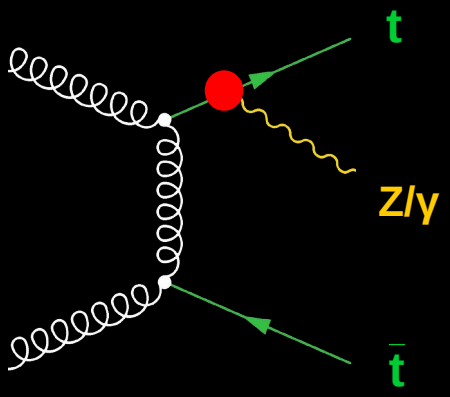


Bacground Photon p_T

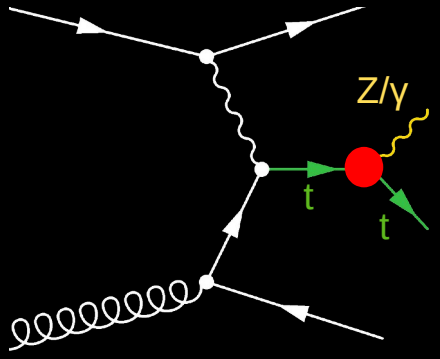
اندازه‌گیری مدل استاندارد: فرآیندهای کم احتمال



تولید کوارک تاپ همراه با ذرات دیگر



Top pair



Single top

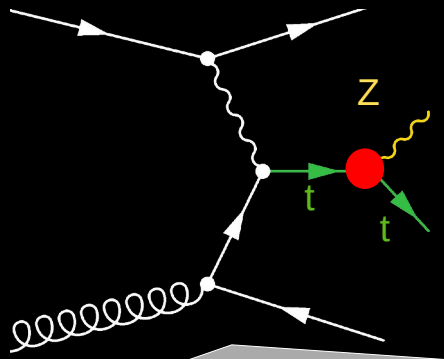
پتانسیل پژوهشی: اندازه‌گیری دقیق با استفاده از حجم بالای داده‌ها

دسترسی مستقیم به **جفتیدگی‌های الکتروضعیف تاپ**

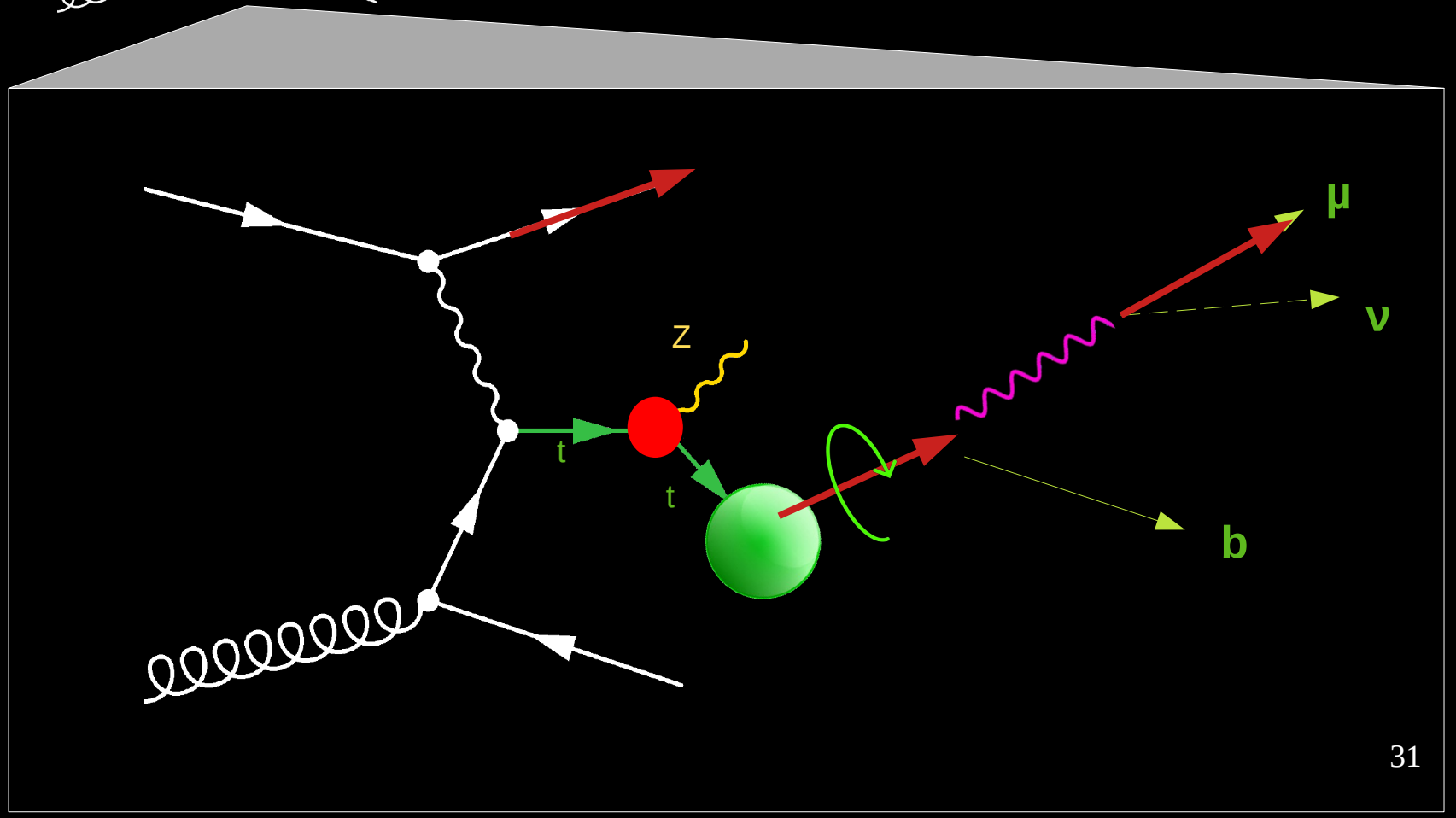
استفاده از تکنیک‌های پیشرفته **یادگیری ماشین**

تجربه: اندازه‌گیری دیفرانسیلی tZq

Single top

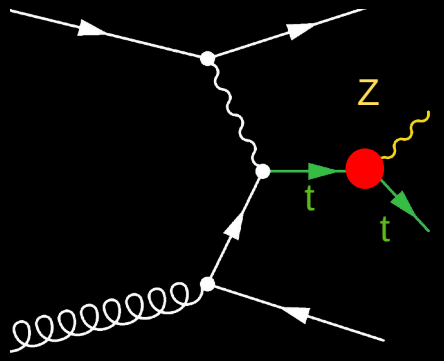


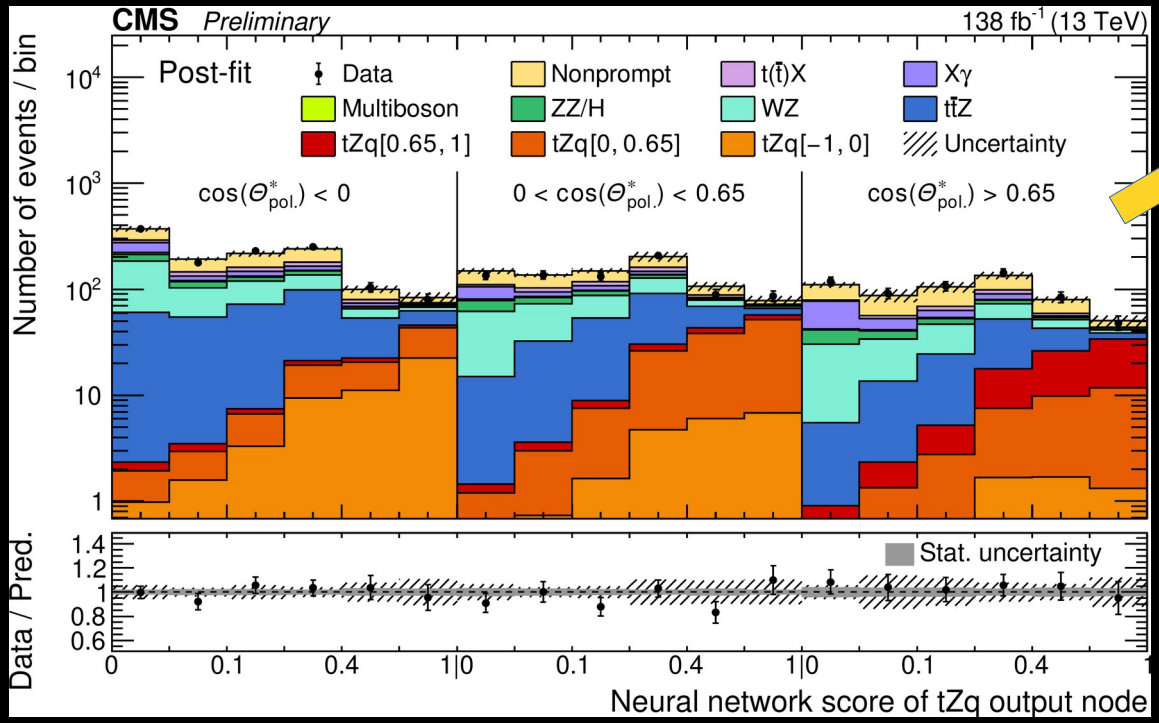
حساسیت به اسپین تاپ
و جفتیدگی‌های جدید

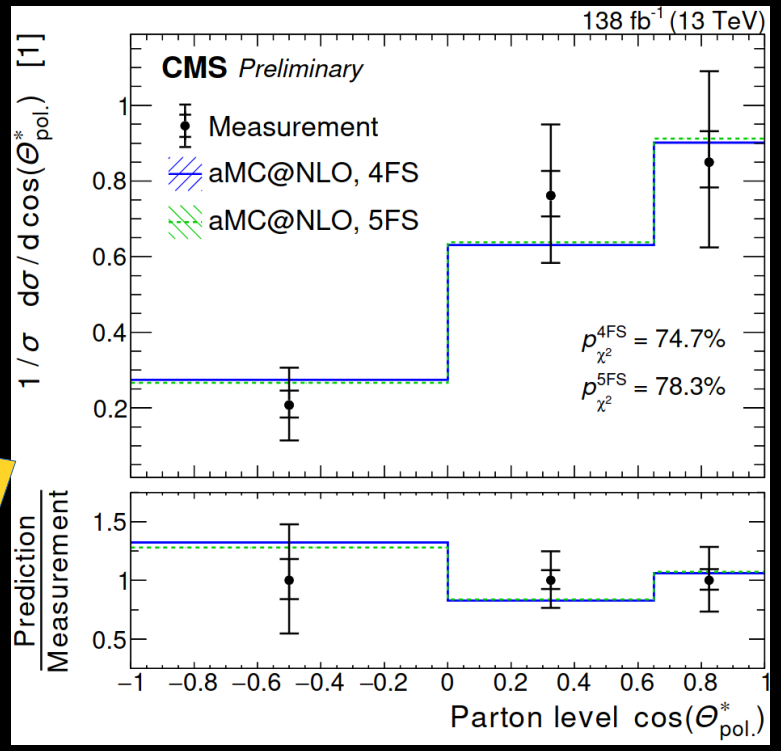


تجربه: اندازه‌گیری دیفرانسیلی tZq

Single top



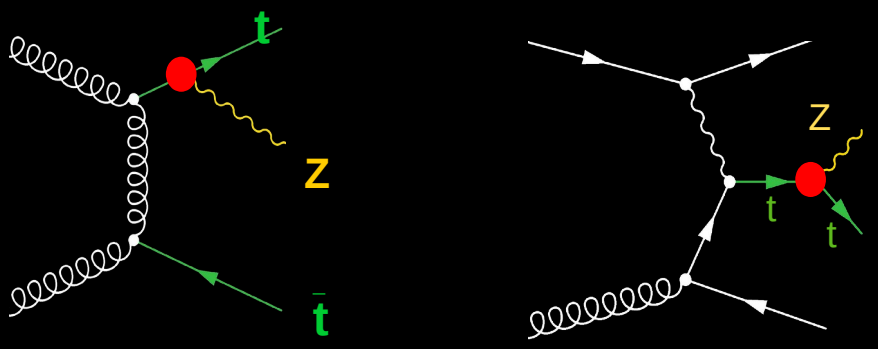




حساسیت به اسپین تاپ
و جفتیدگی‌های جدید

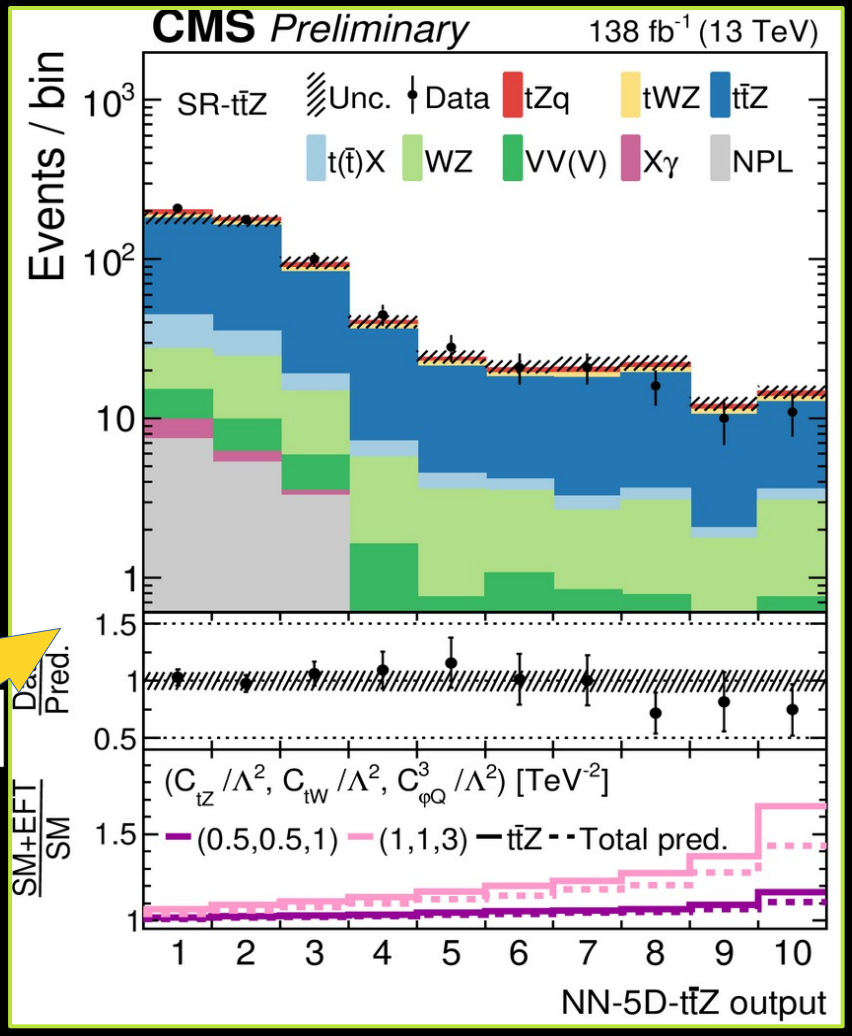
خروجی **شبکه عصبی** مولتی-کلاس

تجربه: یادگیری ماشین در نظریه میدان موثر



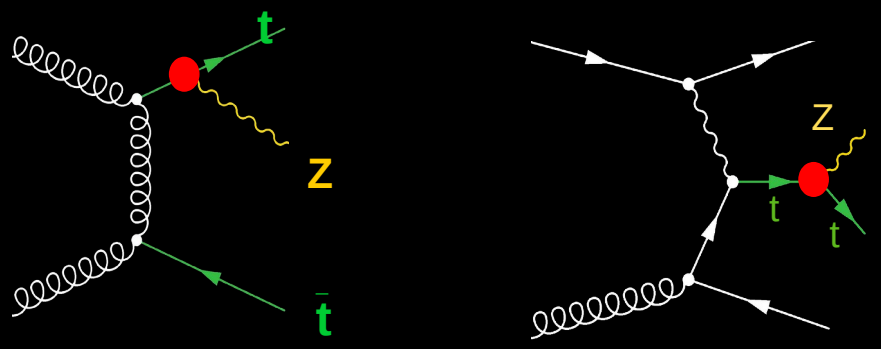
Operator	WC	Mapping to Warsaw-basis coefficients
$\mathcal{O}_{tZ}$	c_{tZ}	$\mathrm{Re}\{-s_W c_{uB}^{(33)} + c_W c_{uW}^{(33)}\}$
$\mathcal{O}_{tW}$	c_{tW}	$\mathrm{Re}\{c_{uW}^{(33)}\}$
$\mathcal{O}_{\varphi Q}^{3}$	$c_{\varphi Q}^{3}$	$c_{\varphi q}^{3(33)}$
$\mathcal{O}_{\varphi Q}^{-}$	$c_{\varphi Q}^{-}$	$c_{\varphi q}^{1(33)} - c_{\varphi q}^{3(33)}$
$\mathcal{O}_{\varphi t}$	$c_{\varphi t}$	$c_{\varphi u}^{(33)}$

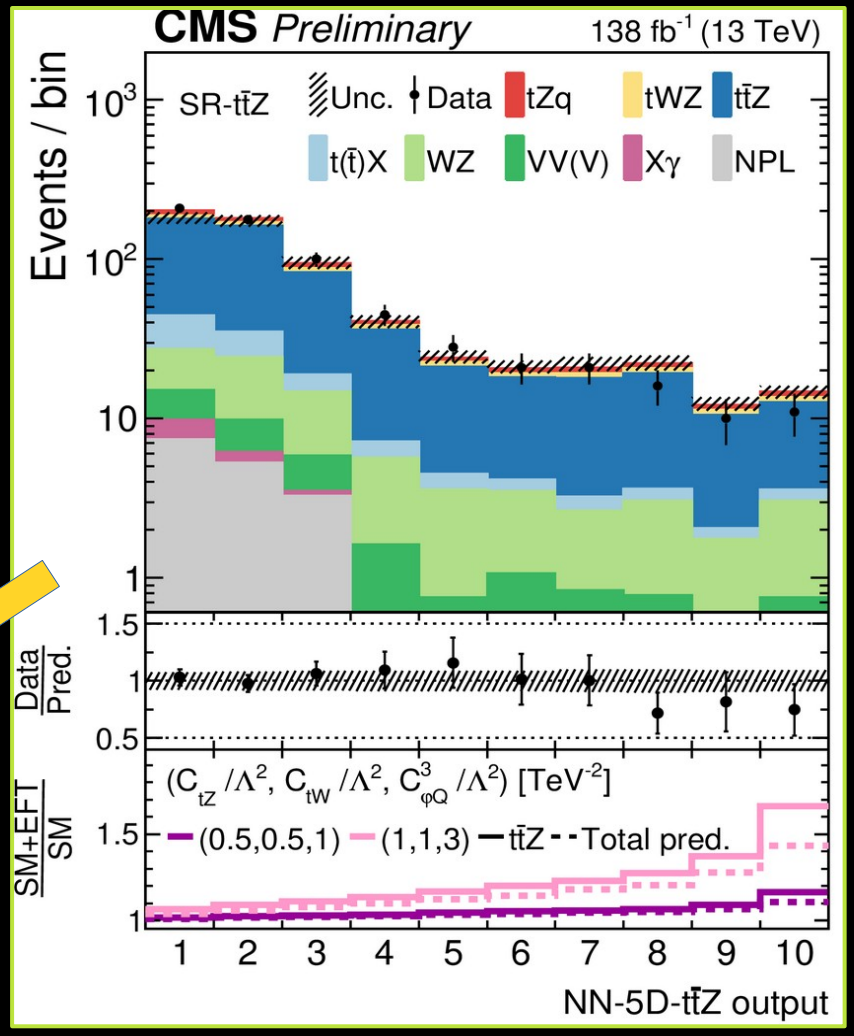
training



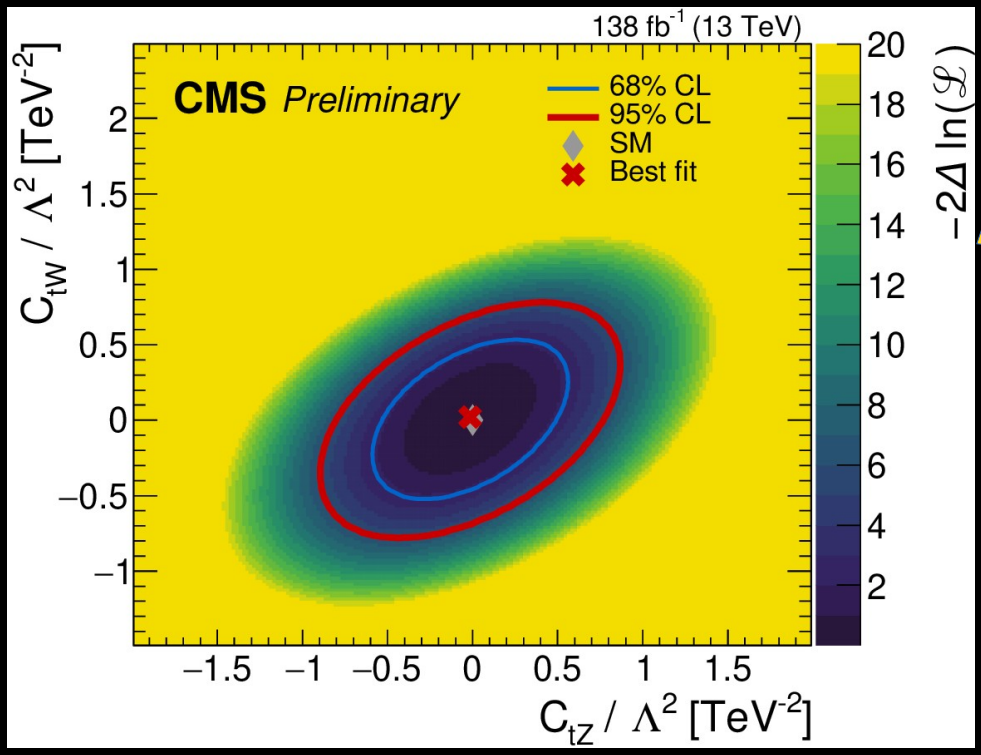
خروجی **شبکه عصبی** مولتی-کلاس برای ttZ

تجربه: یادگیری ماشین در نظریه میدان موثر





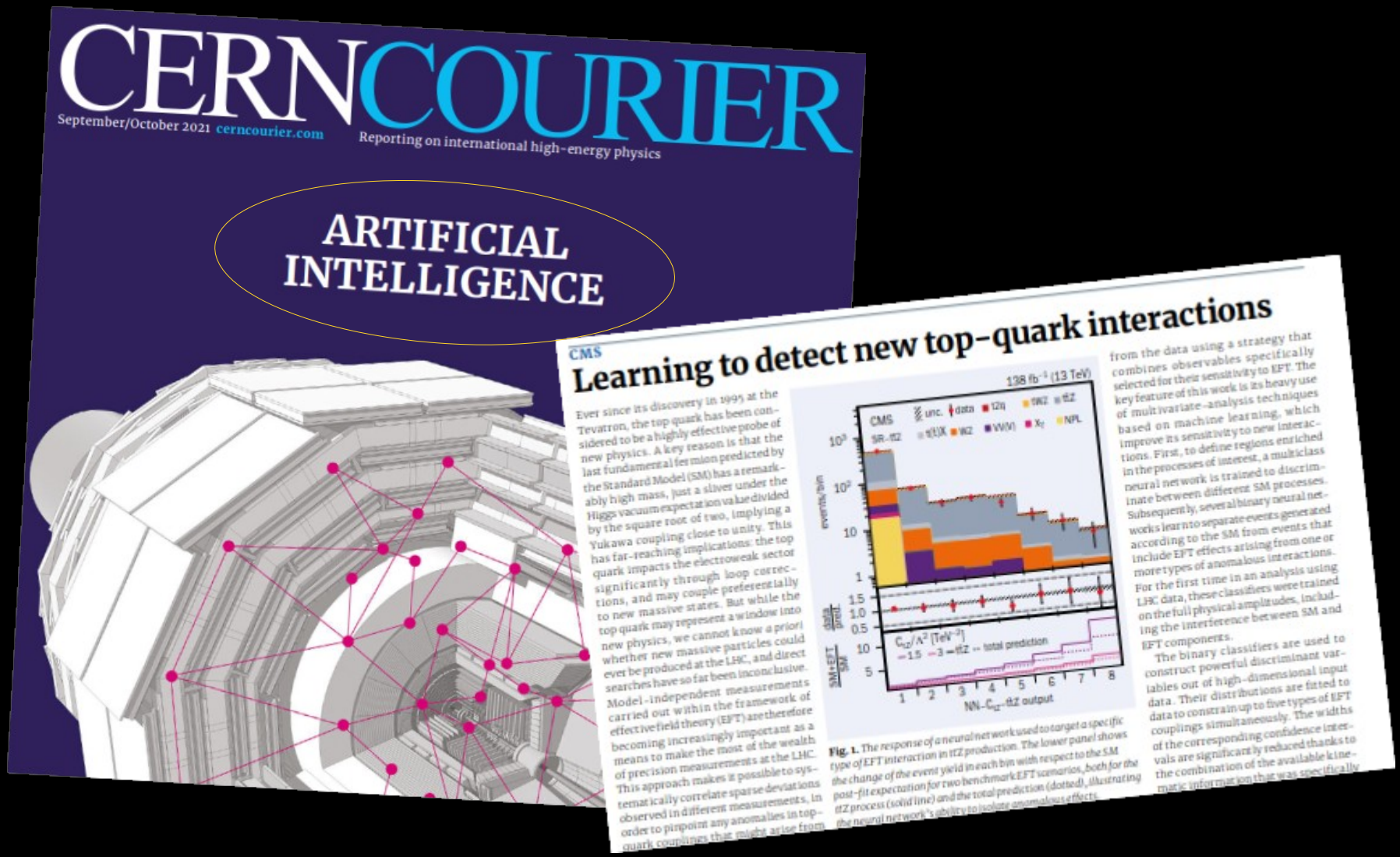
خروجی **شبکه عصبی** مولتی-کلاس برای ttZ



جفتیدگی تاپ و بوزون W

جفتیدگی تاپ و بوزون Z

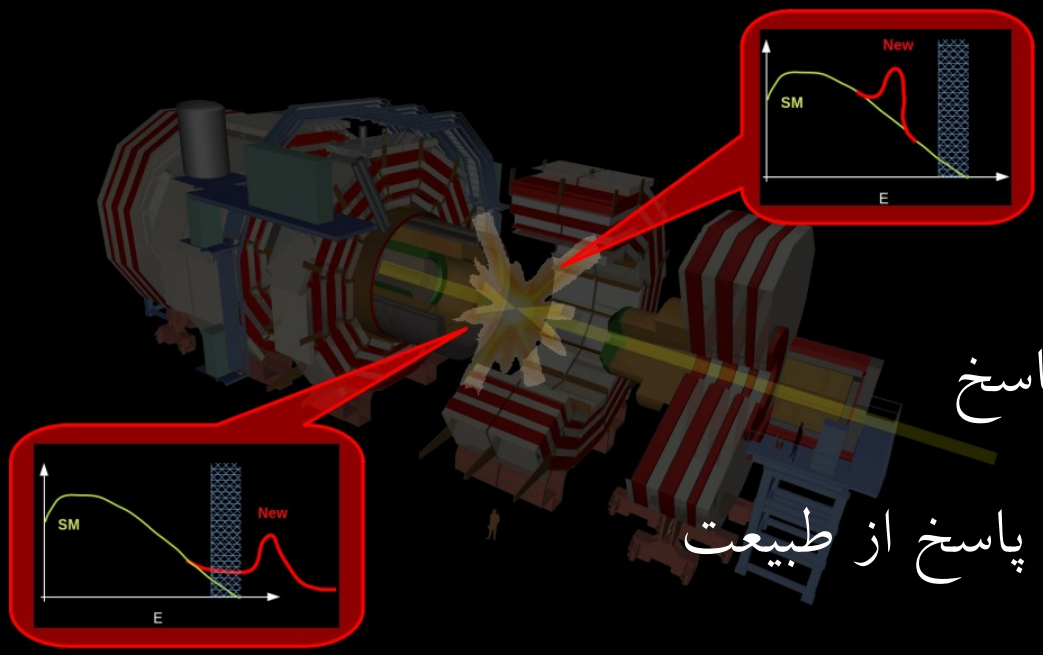
تجربه: یادگیری ماشین در نظریه میدان موثر



CMS highlight in the latest edition of the CERN Courier

https://cerncourier.com/wp-content/uploads/2021/08/CERNCourier2021SepOct-digitaledition.pdf

جمع‌بندی



مدل استاندارد ذرات بنیادی و سؤالات بی‌پاسخ

آزمایش سی.ام.اس دریچه‌ای برای دریافت پاسخ از طبیعت

دسترسی به مدل‌های فرااستاندارد با **جستجوی مستقیم** و **اندازه‌گیری دقیق**

نظریه میدان مؤثر بعنوان یک راهکار فراگیر

استفاده از تکنیک‌های پیشرفته **یادگیری ماشین**

آزمودن همه مسیرهای ممکن در
دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی اصفهان