



PhD Defense Session

Measurement of W Boson Helicity Fractions in the Dilepton $t\bar{t}$ Channel at 13 TeV and Sensitivity to BSM Contributions in γZ Production with Limits on the $\gamma\gamma Z$ Coupling at the HL-LHC

Sima Bashiri Kahjoq

Supervisor: Dr. Mohsen Khakzad

Abstract:

This thesis presents two independent but related studies in high-energy proton–proton collisions.

The first study presents a measurement of the helicity fractions of W bosons produced from $t\bar{t}$ in proton-proton collisions at a $\sqrt{s}=13$ TeV. The analysis utilizes the full Run 2 ultra-legacy data samples, corresponding to an integrated luminosity of 137 fb^{-1} collected by the CMS experiment at the LHC. The W boson helicity fractions are extracted from events containing two oppositely charged leptons, b jets, and missing transverse energy from two neutrinos in the final state. The measured (expected) helicity fractions for the longitudinal, left handed and right handed polarizations respectively are found to be:

$$(F_0 = 0.696 \pm 0.004(\text{stat.}) \pm 0.007(\text{syst.})),$$

$$(F_L = 0.303 \pm 0.003(\text{stat.}) \pm 0.004(\text{syst.})),$$

$$(F_R = 0.001 \pm 0.004(\text{stat.}) \pm 0.006(\text{syst.})).$$

These results are consistent with the Standard Model predictions.

The second study presents a projection of the sensitivity to Beyond the Standard Model (BSM) effects in the central exclusive production of a Z boson and a photon ($pp \rightarrow p \oplus \gamma Z \oplus p$) at the High-Luminosity LHC (HL-LHC), and the corresponding limits on anomalous $\gamma\gamma Z$ couplings. The analysis targets the dimuon decay channel of the Z boson accompanied by a photon, using simulated proton-proton collisions at $\sqrt{s}=14$ TeV with an integrated luminosity representative of the full HL-LHC dataset. The study demonstrates the expected reach for constraining anomalous quartic gauge couplings in the $\gamma\gamma Z$ vertex, highlighting the potential of central exclusive processes as a probe for BSM physics.

Date-Time: Tuesday, September 16th, 2025 (Shahrivar 25th, 1404) - 11:00 AM

Location: Seminar room, School of Particles and Accelerators



دفاع از رساله دکتری

اندازه‌گیری کسرهای هلیسیته بوزون W در کانال دولپتونی ناشی از جفت
کوارک تاپ (tt^-) در انرژی مرکز جرم $\sqrt{s} = 13$ ترا الکترون ولت و بررسی
حساسیت به برهم‌کنش‌های فراتر از مدل استاندارد در تولید γZ با
محدودیت بر روی کوپلینگ $\gamma\gamma Z$ در HL-LHC

سیما بشیری کهجوق

استاد راهنما: دکتر محسن خاکزاد

چکیده:

این رساله شامل دو مطالعه مستقل اما مرتبط در برخوردهای پروتون-پروتون با انرژی بالا است.

در بخش نخست، اندازه‌گیری کسرهای هلیسیته بوزون‌های W حاصل از واپاشی جفت کوارک های تاپ (tt^-) در برخوردهای پروتون-پروتون با انرژی مرکز جرم $\sqrt{s} = 13$ TeV ارائه می‌شود. این تحلیل از داده‌های کامل Run 2 در قالب نمونه‌های Ultra-Legacy با درخشندگی یکپارچه 137 fb^{-1} که توسط آشکارساز CMS در LHC جمع‌آوری شده، استفاده می‌کند. کسرهای هلیسیته بوزون W از رویدادهایی استخراج می‌شوند که شامل دو لپتون با بار مخالف، جت‌های b و تکانه عرضی گمشده ناشی از دو نوترینو در حالت نهایی هستند. نتایج به‌دست آمده برای کسرهای هلیسیته در حالت‌های قطبش طولی، چپ‌گرد و راست‌گرد به ترتیب عبارت‌اند از:

$$F_0 = 0.696 \pm 0.004 (\text{آماري}) \pm 0.007 (\text{سیستماتیک}),$$

$$F_L = 0.303 \pm 0.003 (\text{آماري}) \pm 0.004 (\text{سیستماتیک}),$$

$$F_R = 0.001 \pm 0.004 (\text{آماري}) \pm 0.006 (\text{سیستماتیک})$$

که با پیش‌بینی‌های مدل استاندارد سازگار هستند.

در بخش دوم، مطالعه‌ای پیش‌بینی‌شده از حساسیت به اثرات فراتر از مدل استاندارد (BSM) در تولید انحصاری مرکزی بوزون Z همراه با یک فوتون ($pp \rightarrow p \oplus \gamma Z \oplus p$) در برخورددهنده LHC در فاز درخشندگی بالا ارائه می‌شود. در این تحلیل کانال واپاشی دومیونی بوزون Z همراه با فوتون هدف‌گذاری شده و از داده‌های شبیه‌سازی‌شده پروتون-پروتون با انرژی $\sqrt{s} = 14$ TeV و درخشندگی یکپارچه معادل کل نمونه HL-LHC استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که می‌توان به محدودیت‌های جدیدی بر روی کوپلینگ‌های چهارگانه غیرعادی $\gamma\gamma Z$ دست یافت و نقش فرایندهای انحصاری مرکزی را به عنوان ابزاری توانمند برای بررسی فیزیک فراتر از مدل استاندارد برجسته می‌سازد.

زمان: سه شنبه ۲۵ شهریور ماه ۱۴۰۴، ساعت ۱۱:۰۰

مکان: اتاق سمینار پژوهشگاه ذرات و شتابگرها