UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI- CONSTANTINE 1
FACULTE DES SCIENCES EXACTES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

فيزياء LHC و تمديدات النمودج المعياري

ملخص موسع لرسالة الدكتوراه

تقديم

طايبي حمزة

على الرغم من نجاحه الكبير في وصف الكثير من الظواهر الفيزيائية على المستوى دون الذري ، إلا أن النموذج العياري في نسخته الأساسية يفشل في تفسير المادة المظلمة والطاقة المظلمة وعدم تناظر الباريوني في الكون. علاوة على ذلك ، يعاني النموذج العياري من تناقضات نظرية مثل مشكلة الضبط الدقيق الناتجة عن الاختلاف الكبير بين نطاق بلانك والنطاق الكهروضعيف. هذه النواقص في النموذج العياري ادت الى البحث عن فيزياء جديدة. نماذج قائمة على تناظرات جديدة التي تظهر عند طاقات عالية أو درجات حرية جديدة مثل نموذج التناظر الفائق او الابعاد الاضافية. على الرغم من أن هذه النماذج تفتقر إلى الدعم التجريبي ، إلا أنها قدمت حلولًا لبعض المشكلات النظرية مثل مشكلة التسلسل الهرمي. نركز في عملنا على مقترحين فيزيائيين جديدين هما نموذج اللاجسيمات ونموذج التناظر يمين يسار. اللاجسيمات ، كما اقترحها جيورجي في عام ٢٠٠٧ ، هي تجسيد في المستويات منخفضه الطاقة لقطاع ثابت تحت التمديد (حقول بانكس زاك BZ) الذي يتفاعل مع جسيمات النموذج العياري عند طاقات عالية مع تبادل جسيمات ذات كتلة M_U . نظرًا لتأثيرات إعادة التسوية ، فإن قطاع BZ يفقد تناظره تحت التمديد ولكن بالنسبة لبعض قيم فضاء المعاملات لحقول BZ ، يصل ثابت الاقتران إلى نقطة ثابتة عند الطاقات المنخفضة (Λ_U) ، وهي نقطة تنعدم عندها الدالة بيتا و يتم استعادة التناظر تحت التمديد. يُطلق على الحقول الثابتة تحت التمديد الموافقة اسم

اللاجسيمات بسبب الشكل غير المعتاد لفضاء الطور التي تشبه فضاء طور لعدد غير صحيح من الجسيمات عديمة الكتلة. يمكن للاجسيمات أن تقترن بجسيمات النموذج العياري بطرق متعددة . يمكن أن يقترنوا كأشعة ، أو سلميات ، أو موترات ، أو سبينورات ويترك الأمر للمنظرين لاختيار نوع التفاعل لتعديله واستكشاف تاثيراته التجريبة. حتى الآن لا يوجد دليل مباشر على وجود اللاجسيمات في مصادمات الجسيمات الحالية. يشير هذا إلى وجوب كسر التناظر المطابق عند مستويات الطاقة المنخفضة $\Lambda_{\not U}$ حيث تتصرف الاجسيمات تحت هذا المستوى الطاقوي مثل قطاع جسيمات عادية. يمكن تنفيذ كسر التناظر من خلال التفاعلات مع حقول هيغز ، وهو تفاعل وثيق الصلة (يصبح أكثر أهمية مع انخفاض الطاقة). ينتج عن التفاعل استحداث Tadpol ، وهو مقياس كتلي ، في قطاع الاجسيمات ، وبالتالي يكسر التناظر المطابق. فسر جيورجي الاجسيمات على أنها عدد غير صحيح من الجسيمات عديمة الكتلة. تم اقتراح تفسير آخر بواسطة ستيفانوف وهو يعتمد على تمثيل خماسي الأبعاد لحقول اللاجسيمات ، حيث في هذه الحالة تبدو اللاجسيمات مشابهة لبرج من الحالات الكتلية في الفضاء رباعي الابعاد مع فجوة كتلية Δ تفصل بين هذه الحالات. في النهاية التي تؤول فيها الفجوة الكتلية الى الصفر ، نستعيد تمثيلًا مستمرًا للاجسيمات ، لذلك في هذه الصورة تمثل اللاجسيمات مكثفة من حقول Bankz-Zak مع عدم وجود كتلة محددة. إن اللاجسيمات كما تصورها جيورجي في البداية لا تحقق التناظر الجوجي مما يعني أنها لا تحمل أرقامًا كمية مثل شحنة اللون أو أرقام الكم الكهروضعيفة. في عملنا ، قمنا ببناء نموذج لاجسيمات يحمل شحنة الزمرة الكهروضعيفة $SU(2)_L \otimes U(1)_Y$. ثم قمنا بحساب مساهمته في المرصودات الكهروضعيفة ممثلة بالمعاملات المائلة S و T . ثم استخدمنا بيانات الدقة على هذه المرصودات المستخرجة من تجارب LEP و Tevatron لتقييد معاملات اللاجسيمات التي تتكون أساسًا من بُعد المقياس d_U ومقياس كسرالتناظر المطابق m . لقد وجدنا أن قيم m الأعلى من $200\ Gev$ مستبعدة تمامًا عن طريق التجربة. في نفس الأوقات القيم الأدنى من $100\ Gev$ غير مسموح بها. لذلك وجدنا حدًا أدنى لحجم نافذة المطابقة (نطاق الطاقات التي تتواجد بها اللاجسيمات كدرجة حرية حقيقية). تم إجراء تحليل مماثل للاجسيمات السلمية وفي هذه الحالة وجدنا أن أبعاد المقياس يجب أن تكون أعلى من $d = 1.6$ و m أقل من $350\ Gev$. في هذه الأطروحة أيضًا حسبنا مساهمة الاجسيمات السلمية الافتراضية المشحونة في تطور ثوابت الاقتران للنموذج العياري ، وبحثنا عن قيم معاملات اللاجسيمات التي تتيح لنا تحقيق التوحيد بين القوى الاساسية الثلاثة. من الجدير بالذكر أنه تم القيام بأعمال مماثلة بالنسبة للاجسيمات السلمية ، ولكن في تلك الحالات ،فان اللاجسيمات مشحونة فقط تحت مجموعة الألوان $SU(3)_C$ وتظل غير مشحونة تحت الزمرة الكهروضعيفة. في عملنا ، اخذنا لاجسيمات سلمية مشحونة تحت كل زمرات

النموذج العياري. وجدنا أنه يمكن تحقيق التوحيد بين معاملات الاقتران الثلاثة بالنسبة لعدد الاجسيمات يساوي $n_s = 9$ والتي لها أبعاد مقياس $d = 1.5$ ، في الفصل الأخير من هذه الأطروحة ، نلخص حسابنا للعزم المغناطيسي الشاذ للميون AMM في نموذج التناظر يمين يسار LRSM . تمثل دراسة AMM اختبارًا حساسًا للغاية للنموذج العياري على مستوى الحلقات الكمومية ويسمح بالتحقيق من الفيزياء الجديدة. العزم المغناطيسي هو $\mu = g(e/2m)s$ حيث g هي النسبة الجيرومغناطيسية إن انحراف العزم المغناطيسي عن قيمة جسيم ديراك النقطي($g = 2$)ناتج عن تفاعلات اللبتونات مع الجسيمات الافتراضية التي تقترن بالمجال الكهرومغناطيسي. يمثل العزم المغناطيسي للالكترون القياس الأكثر دقة لثابت البنية الدقيقة. من جهة اخرى انحراف الميون أكثر حساسية للبوزونات الجوجية الافتراضية. في عملنا نستخدم LRSM لمحاولة إيجاد تفسير لهذا الانحراف. LRSM هو امتداد للنموذج العياري اقترحه باتي وسلام وتم توسيعه لاحقًا بواسطة موهاباترا الذي اقترح استخدام مجموعة التناظر اللولبي $SU(2)_L \otimes SU(2)_R$ لاستعادة تناظر يمين يسار عند مستويات الطاقة العالية ، فوق المقياس الكهروضعيف ، واستخدم كسر التناظر التلقائي كآلية لشرح فقدان التناظر عند الطاقات المنخفضة. في هذا النموذج ، يحدث كسر التناظر على مرحلتين. في المرحلة الأولى ، يتم استخدام الهيقز الأيمن Δ_R لكسر التناظر يمين يسار وصولاً إلى تناظر النموذج العياري . في المرحلة الثانية ، يتم استخدام حقل هيقز Φ لكسر التناظر الكهروضعيف وصولاً إلى التناظر الكهرومغناطيسي. يتم اعطاء الكتل في هذه العملية لبوزونات الجوجية المرتبطة بالقطاع الجوجي للنموذج وحقول الهيقز القادمة من القطاع السلمي للنموذج. في النهاية ، نتحصل على بوزونان جوجيان ذوي شحنة ضعيفة $W_R^{\pm}$ وبوزون جوجي محايد إضافي Z_R ، بوزونا هيجز مشحونين $H_{1,2}^{-}$ ، بوزونا هيجز مضاعفا الشحنة $H_{1,2}^{--}$ و بوزونات هيجز غير مشحونة سلمية $H_{1,2}^{0}$ وشبه سلمية $\varphi_{1,2}^{0}$. باستخدام البوزونات الجوجية الإضافية وقطاع هيغز الموسع للنموذج ، حاولنا شرح التباين بين تنبؤات النموذج العياري لانحراف الميون a_μ والنتائج التجريبية التي تم جمعها على مر السنين . من المهم ملاحظة أن التناقض بين النظرية والتجربة قد تلقى دعما اضافيا من خلال تجربة muon $g-2$ التي أجريت في Fermi Lab في عام ٢٠٢١. نجحت حساباتنا في تقليل الاختلاف من $\Delta a_\mu = (26.1 \pm 8) \cdot 10^{-10}$ الى $\Delta a_\mu = (25.7 \pm 8) \cdot 10^{-10}$ وهي مساهمة معتبرة ولكن غير كافٍ لحل مشكلة muon g-2 . نحن بحاجة إلى التحقق من نظريات أخرى مثل النموذج الفائق لتناظر يمين يسار (LRSSM).

كلمات مفاتيح : الاجسيمات, نموذج جوجي, المعاملات المائلة، تناظر يمين يسار، انحراف الميون