

Beyond the Higgs

ما بعد هيجز

يقول جون بترورث Jon Butterworth ان جسيم بوزن هيجز ليست نهاية القصة. هناك الكثير لتحديده في عالم الفيزياء الجديد.

لقد كان إيجاد جسيم بوز هيجز higgs boson على قائمة ما سنقوم به في مجال فيزياء الجسيمات لفترة طويلة من الزمن حتى انني لم امتص حقيقة ان كل مقرر محاضرات وكل كتاب وكل حلقة علمية في المجال تحتاج الان إلى مراجعة.

جسيم هيجز توقعه نموذج الفيزياء القياسي، ولأنه يعطي كتلة لكل الجسيمات الأولية، فانه مطلوب للنموذج لكي يعمل. الإعلان في الشهر الماضي عن اكتشافه في سيرن CERN مختبر فيزياء الجسيمات الأوروبي بالقرب من جنيفا في سويسرا كان بمثابة انتصار لاحد الطرق الرياضية لفهم العالم. ربما قد نسمح من يفترض ان على فيزيائيو الجسيمات ان يتقاعدوا الان في استراحتهم في جنيفا او يسافروا حول العالم كخبراء او نقاد. فيزياء الجسيمات تقول: تم ذلك. في الحقيقة ان اكتشاف جسيمات هيجز حددت فجر عصر جديد للباحثين في فيزياء الطاقة العالية جدا. بعد كل هذا، فإننا نحتاج لفهم لماذا كل كتل الجسيمات الأولية تمتلك تلك القيم المعروفة، ولماذا تكون بعض من الاشكال في هذه الجسيمات الأولية على النحو الذي توجد عليه.

في بدايات الستينات من القرن العشرين العديد من الفيزيائيين استنتجوا انه لكي يعمل النموذج القياسي فان الكون يجب ان يملأ بالمجال الكوانتمي الذي يعطي الكتلة للأشياء. يقول بيتر هيجز انه إذا كان هذا المجال هناك فانه يجب ان يحتوي على أمواج – بوزونات هيجز. وملاحظة هذه الأمواج هي الدليل والطريقة الوحيدة على ما اذا كان المجال موجود حقيقاً ام لا وبالفعل هو موجود.

مثل هذا الاثبات لوحده هو مشجع قوي للاستمرار – لقياس جسيمات بوز هيجز ورؤية اذا ما كان يتصرف كما هو متوقع واذا ما كان يقدم حل للأسئلة الأخرى. الان لدينا حدود جديدة للفيزياء لاكتشاف المزيد.

يفكر فيزيائيو الجسيمات بدلال مقياس الطاقة. تحدد القوة النووية القوية مقياس عند كتلة البروتون تقريبا، وهذا يكافئ تقريبا طاقة مقدارها 1 جيجا إلكترون فولت (1 GeV). المصادم الهيدروني الكبير Large Hadron Collider (LHC) في سيرن CERN يسمح لنا بدراسة الفيزياء حتى ما بعد هذا المقياس حتى تحطيم التماثل الالكتروني الضعيف عند طاقة تصل إلى 100 GeV. اعلى من هذه الطاقة، فان التماثل الموجود بين القوة النووية الضعيفة والكهرومغناطيسية الغير موجودة عند الطاقات المنخفضة. جسيمات هيجز هي التي تحطم هذا التماثل الالكتروني الضعيف، وكذلك كتلتها (حوالي 125 GeV) على مقياس مشابه.

مقياس بلانك الذي يحدث عنده دمج لقوى الجاذبية والقوى الكوانتية تكون هي مقياس الطاقة الأساسية الأخرى فقط التي اثبتت حتى الان. انها تقع عند حوالي 10^{19} GeV، اكثر بكثير من التجارب الحالية او المخطط لها. بالتأكيد هناك فيزياء جديدة بين 100 GeV و10 مليار مليار جيجا الكترون فولت أي 10^{18} GeV. المصادم الهيدروني الكبير سوف يصل بنا لمنتصف الطريق لهذه المنطقة الغير معروفة، لكن للذهاب بعد ذلك نحتاج لكل الأدلة التي يمكن ان نجدها.

المجهول العظيم The Great Unknown

في البداية هناك الكثير من الأسئلة بحاجة لاجابة حول طبيعة جسيمات بوز هيگز. احد هذه الأسئلة هو لماذا هي خفيفة جدا. اذا تمكن احد من تجميع النموذج القياسي بدون ضبط دقيق لبعض المعاملات فان التأثيرات الكوانتية تعني ان كتلة بوز هيگز يجب ان تزداد وتصل بالقرب من مقياس بلانك. هذا بوضوح خطأ وتشير إلى وجود فجوات في النظرية.

التماثل الفائق وابعاد الزمان والمكان الإضافية افترضت كحلول لهذه المشكلة. يقدم التماثل الفائق مجموعة من الجسيمات التي تلغي التأثيرات الكوانتية التي تجعل من جسيمات هيگز اثقل. الابعاد الإضافية يمكن ان تقرب مقياس بلانك إلى 100 GeV. لا يوجد دليل مباشر لأي نظرية، لكن جسيمات جديدة او انحرافات عن تنبؤات النموذج القياسي قد تظهر في المصادم الهيدروني الكبير في أي لحظة وبالأخص بعد مضاعفة طاقة الجهاز في العام 2014.

الوصول لطاقات عالية جدا يتطلب تطوير في التقنية المستخدمة. يعتبر المصادم الهيدروني الكبير اضخم مشروع في مجال فيزياء الجسيمات، حتى الان ميزانية CERN لم تنمو بالمعنى الحقيقي. البحث العلمي في اتجاه انتاج حزم طاقة عالية باستخدام تيار عالي وحزم طاقة منخفضة لتوجيه الطاقة العالية وتيار منخفض لتعجيل الالكترونات في الكترونات في المجال الكهرومغناطيسي للشعاع البروتوني وتصادمات الميونات بدلا من البروتونات والالكترونات لتجنب مشاركة الطاقة بين الكواركات والجلونات وفقد الطاقة لإشعاع السينكروترون. ليس كل هذه الطرق سوف تعمل لكن بعضها من الممكن ان يعمل وهذا سوف يفتح أنظمة جديدة في الفيزياء لاستكشافها.

بعض الاكتشافات يمكن ان تجرى بدون الوصول لطاقات عالية – يسمح المعدل السريع لتدفق بيانات المصادم الهيدروني الكبير بملاحظة احداث نادرة. تجارب عديدة عند المصادم الهيدروني الكبير تستخدم هذه الميزة لدراسة تماثل المادة. ان عالمنا مصنوع من مادة وليس من مضاد المادة، حتى الان معظم القوى الأساسية لا تفرق بين المادة ومضاد المادة. كيف تولد عدم التوازن هذا؟ جمال تجربة المصادم الهيدروني الكبير LHCb تبحث في الفروقات الطفيفة في انتاج جسيمات ومضاد الجسيمات في اضمحلالات تشتمل على كواركات b.

تجارب النيوتريينو قد تكون الأكثر أهمية لعقود من الزمن لفهم سيطرة المادة. قياسات حديثة في تجربة RENO في سؤل (Seoul) بكوريا الجنوبية وتجربة Daya Bay في الصين تقترح ان تماثل المادة ومضاد المادة قد يكون عالي بشكل خاص بين جسيمات النيوتريينو، والذي يمتلك كتلة صغيرة ويتحول أو يختلط بسرعة بين الأنواع المختلفة. تجارب مقترحة في الولايات المتحدة وأوروبا واليابان سوف تتابع هذه الفرضية.

جسيمات النيوتريينو فريدة وغريبة. الكثير من النظريات تعتقد ان النيوتريينو هو فيرميون ماجورانا Majorana – يعني ان هو نفسه جسيمه المضاد. اذا كان كذلك فان كتلة النيوتريينو – ليس مثل كل الجسيمات الأخرى – لا

تأتي من بوز هيجز. تجرى الان بحوث حساسة لإيجاد اضمحلالات النظائر النادرة التي قد تخبرنا اذا ما كانت هذه هي الحالة ام لا.

تبقى الغاز أخرى في النموذج القياسي، مثل المادة المعتمدة – مادة غير مرئية تلك التي تؤثر حركات النجوم والمجرات لكن لا تبدو انها مصنوعة من أي جسيم معروف. ونحن نعزي تسارع تمدد الكون للطاقة المعتمدة، ولا نعرف الطاقة المسؤولة عنها. فهم افضل لكيف يربط التفاعل القوي الكواركات والجلوونات في الهادرونات سوف يكون شيء مرحب به. النظرية الحالية لا يمكنها ان تتوقع كيف تنتشتت الهادرونات عند طاقات عالية. الكواركات والجلوونات تبدو انها تشكل سائل عند كثافات طاقة عالية، لكن هذا الشكل من المادة ليس مفهوم بشكل تام.

يقدم النموذج القياسي لنا قائمة واضحة بالجسيمات الأولية، المادة الخام الوحيدة في الكون الغير مصنعة من مادة خام أخرى. باكتشاف جسيمات هيجز لدينا الان نظرية من خلالها تمتلك هذه الجسيمات كتلة، وهذا خطوة كبيرة للأمام.

الان يمكننا ان نستمتع بالخطوات التالية في المصادم الهيدروني الكبير وبعده. ربما يمكن ان يقوم الباحثون ببناء مصادم خطي ليخدم كمصنع لجسيمات هيجز (Higgs factory). ربما تجربة أخرى سوف تقدم مفاجأة تغير كل شيء. ربما اكتشاف علمي في النظرية سوف يشرح الصدف والاكال في النموذج القياسي.

الاشكال التي شوهدت في الجدول الدوري قبل ان يعرف أي احد شيء عن الالكترونات والنواة تبين فيما بعد انها إشارة للتركيب الذري. ربما هناك طبقة أخرى من التراكيب الدنيوية التي تشرح الاشكال التي شوهدت في فيزياء الجسيمات. انظر الاخبار المميزة صفحة 572.

جون بترورث Jon Butterworth بروفييسور الفيزياء ورئيس قسم الفيزياء والفلك في جامعة لندن في بريطانيا

بريد الكتروني: j.butterworth@ucl.ac.uk