فقاعات البلازما وعلاقتها بالأحداث المغناطيسية الضخمة في الفضاء

عالم فيزياء PPPL يي مين هوانغ .Yi-Min Huang حقوق الصورة: Elle Starkman

اكتشف علماء قسم الطاقة الأمريكية **DOE U.S. Department of Energy's** في مختبر فيزياء البلازما في جامعة برينستون **PPPL** الشروط الأساسية التي تؤدي إلى إعادة الاتصال المغناطيسي السريع، وهي العملية التي تُحفز الانفجارات الشمسية والشفق والعواصف الجيومغناطيسية التي يمكن أن تعطل إرسال الإشارات والأنشطة الكهربائية الأخرى، بما في ذلك خدمة الهاتف الخلوي. وتحدث العملية عندما تنفصل خطوط الحقل المغناطيسي وتتصل بعنف في البلازما، وهي الحالة الساخنة والمشحونة للمادة المكونة من إلكترونات حرة ونوى ذرية، وتُطلِق كمياتٍ هائلةً من الطاقة. ويحدث هذا في صفائح رقيقة من البلازما، تُسمى صفائح التيار **current sheets**، ويتركز فيها التيار الكهربائي بقوة.

ومن خلال إدراج المحاكاة الحاسوبية، تضيف النتائج إلى نظريةٍ سابقةٍ لإعادة الاتصال السريع التي طوّرها رياضيًا الفيزيائيون في جامعة برينستون، وتتضمن النتائج الجديدة نموذجًا تنبؤيًّا يعطي وصفًا أكثر اكتمالًا للفيزياء التي تنطوي عليها.

يمكن رؤية تأثير إعادة الاتصال في جميع أنحاء الكون، وقد تتسبب هذه العملية بانفجاراتٍ هائلةٍ من أشعة غاما يُعتقد بأنها مرتبطةٌ بانفجارات المستعرات العظمى (السوبرنوفا) وتشكيل النجوم النيوترونية الكثيفة للغاية وتشكيل الثقوب السوداء.

يقول عالم فيزياء يي مين هوانغ **Yi-Min Huang**، المؤلف الرئيسي لورقة النتائج في مجلة **Astrophysical Journal**: "إن انفجار أشعة جاما في مجرتنا مجرة درب التبانة، إذا ما اتجهت للأرض، يمكن أن تسبب حدث انقراضٍ جماعيٍّ، من الواضح أنه من المهم معرفة متى وكيف ولماذا يحدث إعادة الاتصال المغناطيسي".

لاحظ العلماء بأن إعادة الاتصال تحدث فجأةً، بعد فترة طويلة من السلوك الهادئ من قبل الحقول المغناطيسية داخل صفائح التيار. فما الذي يتسبب بالضبط في فصل الحقول المغناطيسية وإعادة توصيلها، ولماذا تحدث عملية إعادة التوصيل بسرعة أكبر مما تقول النظرية؟ باستخدام المحاكاة الحاسوبية والتحليل النظري، أثبت الفيزيائيون أن ظاهرةً تُسمى "عدم الاستقرار البلازمويدي **plasmoid instability**" تخلق فقاعاتٍ داخل البلازما يمكن أن تؤدي إلى إعادة الاتصال عند استيفاء شرطين معينين:

- يجب أن تملك البلازما عددًا كبيرًا من نسبة **Lundquist**، وهي نسبة بلا أبعاد، تقارن المقياس الزمني لتقاطع موجة ألففان إلى المقياس الزمني للانتشار المقاوم الذي يميز كم هو موصل جيد للكهرباء.
- توفر التقلبات العشوائية في الحقول المغناطيسية للبلازما "البذور" التي ينمو منها عدم استقرار البلازما.

وباستيفاء هذين الشرطين معًا، تسمح بأن تؤدي حالات عدم استقرار البلازمويدي إلى إعادة الاتصال في صفائح التيار. يضيف هوانغ: "تشير دراستنا إلى أن تعطل صفيحة التيار الناجمة عن عدم الاستقرار البلازمويدي قد توفر تحفيزًا".

يحطّم هذا التحفيز الصفائح ثنائية الأبعاد من التيار الكهربائي داخل البلازما إلى فقاعات، أو إلى بلازمويد، والعديد من الصفائح الأصغر. والعدد المتزايد للصفائح يخلق فرصة أكبر للخطوط المغناطيسية للانفصال والانضمام معًا. ويحدث إعادة الاتصال في أكثر من مكانٍ واحد، مما يؤدي إلى زيادة المعدل الإجمالي للنظام بأكمله.

يُسرِّع حجم صفائح التيار الأصغر عملية إعادة الاتصال كذلك، وتميل القوى الكهرومغناطيسية إلى دفع البلازما بين الصفائح، مما يؤدي إلى إنتاج حركة تتسارع عندما تتكسر الصفائح إلى صفائح أصغر. وتعمل البلازما المتسارعة على تجميع الخطوط المغناطيسية بسرعةٍ أكبر وتؤدي إلى معدلات إعادة اتصال أسرع.

يختبر البروفيسور هوانغ وزملاؤه الفيزيائيون نموذجَهم الجديد باستخدام آلاتٍ تجريبيةٍ بقدراتٍ إضافيةٍ. وعلى الرغم من عدم وجود مثل هذه الآلة في الوقت الحالي، إلا أن الباحثين يتطلعون إلى تطوير آلة بهذه القدرات في المستقبل القريب.

نُشرت هذه الدراسة في مجلة الفيزياء الفلكية **Astrophysical Journal** ويمكنك الاطلاع عليها من هنـــــــــا.

- التاريخ: 2019-01-04
- التصنيف: فيزياء

#فيزياء #الطاقة #البلازما #الطاقة المغناطيسية

المصادر

- phys

المساهمون

- ترجمة
  - حنا حنا
- مُراجعة
  - سلمان عبود
- تحرير
  - رأفت فياض
- تصميم
  - عمرو سليمان
- نشر
  - يقين الدبعي