أبرد تجربة في الكون

محطة الفضاء الدولية، الموضحة هنا في عام 2018، هي موطن لكثير من التجارب العلمية بما في ذلك مختبر Cold Atom التابع لوكالة ناسا.

حقوق الصورة: ناسا

ما هو أبرد مكان يمكنك تخيله؟ تنخفض درجات الحرارة في يوم شتائي في القارة القطبية الجنوبية إلى ـ120 درجة فهرنهايت (ـ85 درجة مئوية)، وأما على الجانب المظلم من القمر فقد وصلت درجات الحرارة إلى ـ280 درجة فهرنهايت (ـ173 درجة مئوية)، ولكن يبتكر العلماء شيئاً أكثر برودة داخل مختبرات Cold Atom التابعة لناسا على محطة الفضاء الدولية.

يعتبر مختبر Cold Atom أو الذرة الباردة (CAL) أول منشأة في المدار تقوم بإنتاج سحب من الذرات "فائقة البرودة"، والتي يمكن أن تصل إلى جزء من درجة أعلى من الصفر المطلق: ـ459 درجة فهرنهايت (ـ273 درجة مئوية)، وهي أبرد درجة حرارة مطلقة يمكن أن تصل إليها المادة، إذ لم يُعرف أي شيء في الطبيعة يمكن أن يصل إلى درجات الحرارة التي تحققت في مختبرات مثل CAL، مما يعني أن المنشأة المدارية هي أبرد بقعة معروفة في الكون.

يُعتبر مختبر الذرة الباردة التابع لوكالة ناسا في محطة الفضاء الدولية من أكثر المناطق برودةً في الكون، لكن لماذا يبتكر العلماء سحب من الذرات جزءاً من درجة أعلى من الصفر المطلق؟ ولماذا يحتاجون للقيام بذلك في الفضاء؟ فيزياء الكم، بالطبع.

بعد سبعة أشهر من إطلاقها في 21 أيار/مايو 2018 إلى المحطة الفضائية من منشأة الطيران Wallops في ناسا في ولاية فرجينيا، ينتج CAL ذرات متناهية الصغر يومياً، وستقوم خمسة فرق من العلماء بإجراء تجارب على CAL خلال عامها الأول، وهناك ثلاث تجارب جارية بالفعل.

لماذا تبرد الذرات إلى هذا الحد الأدنى؟ الذرات بدرجة حرارة الغرفة عادةً ما تنطلق مثل الطيور الطنانة مفرطة النشاط، ولكن الذرات شديدة البرودة تتحرك أبطأ بكثيرٍ من الحلزون، تختلف الخصائص ولكن الذرات الفائقة البرودة يمكن أن تكون أبطأ بـ 200,000 مرة من الذرات بدرجة حرارة الغرفة، وهذا يفتح طرقاً جديدة لدراسة الذرات بالإضافة إلى طرق جديدة لاستخدامها للتحقيق بالظواهر الفيزيائية الأخرى، إذ يتمثل هدف العلوم الرئيسي لـ CAL في إجراء البحوث الفيزيائية الأساسية ـ لمحاولة فهم عمل الطبيعة على أكثر المستويات الأساسية.

يتألف مختبر CAL من حاويتين قياسيتين سيُركبَّان على محطة الفضاء الدولية، حيث تحتوي الحاوية الكبيرة على حزمة فيزياء CAL أو الحيز الذي يُنتِج فيه CAL سحابة من الذرات فائقة البرودة. حقوق الصورة: NASA / JPL-Caltech

يقول روب طومسون عالم فيزياء الذرة الباردة في مختبر الدفع النفاث التابع لناسا في باسادينا ـ كاليفورنيا، وعالم بعثات CAL: "بوجود CAL بدأنا بالحصول على فهم شامل لكيفية سلوك الذرات في الجاذبية الصغرى، وكيفية معالجتها، وكيف يختلف النظام عن تلك التي نستخدمها على الأرض، هذه هي كل المعرفة التي سوف تبني أساساً لما أتمناه مستقبلاً طويلاً لعلوم الذرة الباردة في الفضاء".

يمكن للمختبرات على الأرض إنتاج ذرات فائقة البرودة، ولكن تسحب الجاذبية على الأرض سُحُب الذرة المبردة وتسقط بسرعة مانحةً العلماء أجزاءً من الثانية فقط لرصدها.
يمكن استخدام الحقول المغناطيسية "لاحتجاز" الذرات والاحتفاظ بها، ولكن ذلك يقيد حركتها الطبيعية، إذ تطفو سُحُب الذرات الباردة لفترة أطول في حالة الجاذبية الصغرى مانحةً العلماء رؤية موسعة لسلوكهم.

تبدأ عملية إنشاء السحب الذرية الباردة بالليزر التي تبدأ في خفض درجة الحرارة عن طريق إبطاء الذرات، حيث تستبعد موجات الراديو أسخن أعضاء المجموعة بعيداً عاملةً على تقليل متوسط درجة الحرارة، وأخيراً تُحرَّر الذرات من المجال المغناطيسي ويسمح بتوسعها مُسبّباً انخفاضاً في الضغط، والذي بدوره يؤدي بطبيعة الحال إلى انخفاض آخر في درجة حرارة السحابة (ذات الظاهرة التي تسبب الشعور بالبرد بعد استخدام علبة من الهواء المضغوط).

يتوفر للسحابة في الفضاء فترة أطول للتوسع، وبالتالي تصل إلى درجات حرارة أقل ممّا يمكن تحقيقه على الأرض ـ وصولاً إلى نحو عشرة مليارات من الدرجة فوق الصفر المطلق، وربما أقل من ذلك.

يُحمَّل مختبر الذرة الباردة (CAL) المعبأ في طبقة واقية على مركبة تابعة لشركة نورثروب غرومان Northrop Grumman لرحلتها إلى محطة الفضاء الدولية، أُطلِق المرفق في أيار/مايو 2018 من مرفق الطيران Wallops التابع لناسا في ولاية فرجينيا. حقوق الصورة: NASA/Northrop Grumman

عادةً ما تشغّل منشآت الذرة فائقة البرودة على الأرض غرفة بأكملها، وتُترك الأجهزة مكشوفة في معظمها بحيث يمكن للعلماء ضبط الجهاز عند الحاجة، وقد شكّل بناء مختبر ذرة باردة للفضاء العديد من تحديات التصميم، وبعضها غيّر الطبيعة الأساسية لهذه المرافق.

أولاً، كانت هناك مسألة الحجم: طار CAL إلى المحطة في جزأين ـ صندوق معدني أكبر بقليل من حجم ثلاجة صغيرة والثاني بحجم حقيبة اليد المحمولة.

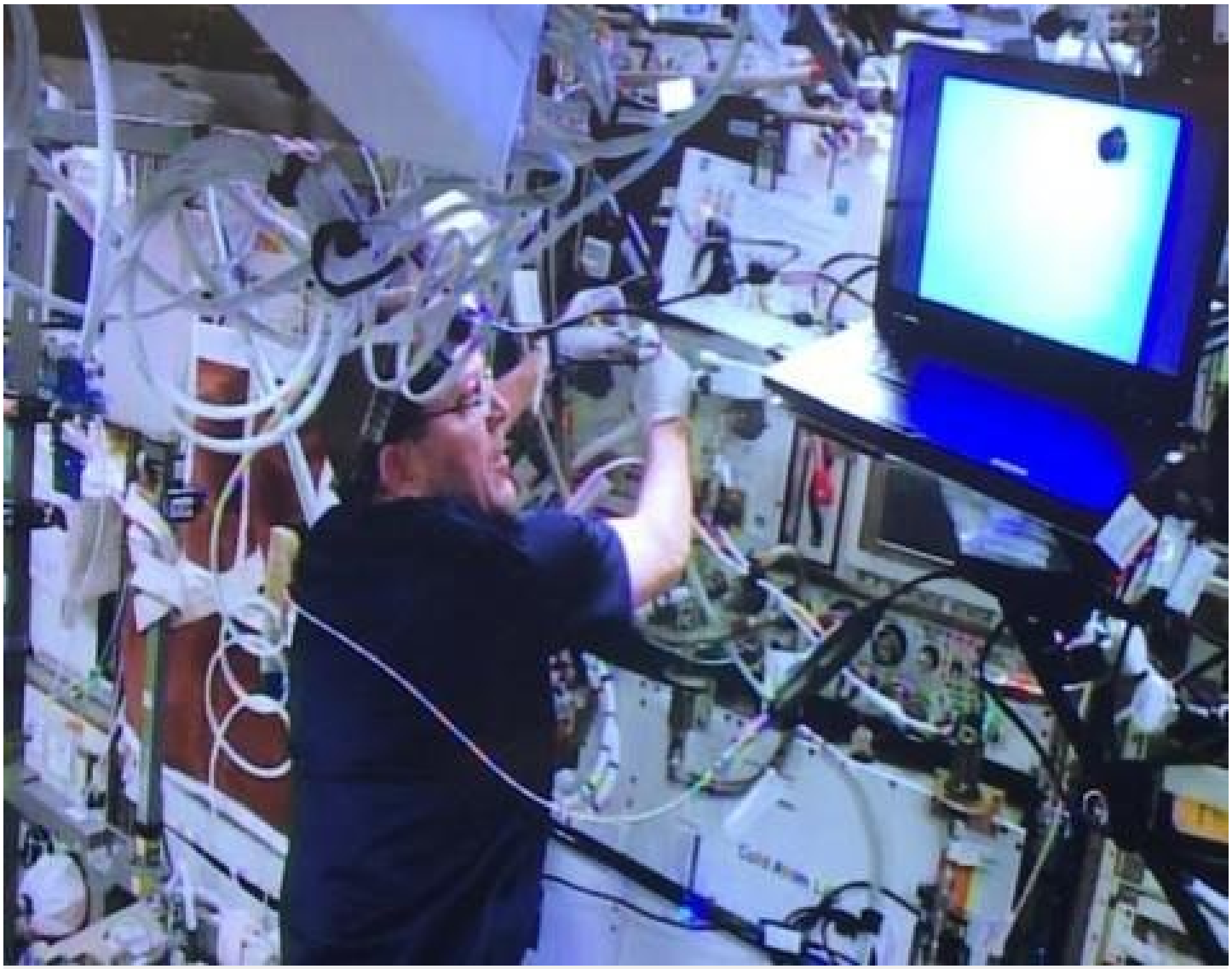
ثانياً، صُمِّم CAL ليُشغَّل عن بعد من الأرض، لذلك بُنيَ كمرفقٍ مغلق بالكامل.

كما تتميز CAL بعدد من التقنيات التي لم تُطلَق في الفضاء من قبل، مثل خلايا التفريغ المتخصصة التي تحتوي على الذرات، والتي يجب سدّها بإحكام بحيث لا يمكن لأي ذرات طائشة أن تتسرب منها تقريباً.

يجب أن يكون المختبر قادراً على تحمل اهتزاز الإطلاق وعلى تحمل أي قوة متطرفة ناتجة خلال الرحلة إلى المحطة الفضائية، وقد استغرق الأمر عدة سنوات لتطوير أجهزة فريدة يمكنها تلبية الاحتياجات الدقيقة لتبريد الذرات في الفضاء.

وقال روبرت شوتويل كبير المهندسين في مديرية JPL الفلكية لتكنولوجيا الفضاء والفيزياء ومدير مشروع CAL: "تطلبت أجزاءً عديدة من النظام إعادة تصميم، وكُسِرت بعض الأجزاء بطُرق لم نرها من قبل، وكان لا بد من تمزيق المنشأة بالكامل وإعادة تجميعها ثلاث مرات".

كل العمل الجاد وحل المشكلات منذ تأسيس البعثة في عام 2012 حولت رؤية فريق CAL إلى حقيقة واقعية في شهر أيار/مايو الماضي، تحدث أعضاء فريق CAL عبر الفيديو المباشر مع رواد الفضاء Ricky Arnold وDrew Feustel على متن محطة الفضاء الدولية لتركيب مختبر Atom Atom ثاني منشأة ذرية فائقة البرودة تعمل في الفضاء، وهي أول محطة تصل إلى مدار الأرض والأولى للبقاء في الفضاء لفترة أكثر من بضع دقائق، وحقق CAL على طول الطريق الحد الأدنى من المتطلبات التي حددتها "ناسا" لإظهار نجاح المهمة أيضاً، وهي توفر أداة فريدة من نوعها لاستكشاف أسرار الطبيعة.



يساعد رائد الفضاء ريكي أرنولد في تركيب مختبر الذرة الباردة (CAL) التابع لوكالة ناسا على محطة الفضاء الدولية. حقوق الصورة: NASA / JPL-Caltech

- التاريخ: 2019-10-10
- التصنيف: تكنولوجيا الفضاء

#محطة_الفضاء_الدولية #ميكانيك الكم #الصفر المطلق #الديناميكا الحرارية

المصادر

- phys.org

المساهمون

- ترجمة
  - أمل بسيوني
- مُراجعة
  - سجى أبوزيده
- تحرير
  - أحمد كنينة
- تصميم
  - Azmi J. Salem
- نشر
  - Azmi J. Salem