

Khám phá những bí mật của vũ trụ nguyên thủy (kỳ 2)



Trong ngắn hạn, các nhà nghiên cứu cho biết cơ hội tốt nhất để đo các thuộc tính thống kê thực tế của EOR - trái ngược với việc đặt giới hạn cho chúng - có lẽ nằm trong một nỗ lực khác gọi là Hydrogen Epoch of Reionization Array (HERA). Kính thiên văn, bao gồm một bộ gồm 300 ăng ten parabol, đang được hoàn thành ở khu vực Bắc Cape của Nam Phi và chuẩn bị bắt đầu thu thập dữ liệu trong tháng này. Trong khi MWA và LOFAR là các đài quan sát bước sóng dài cho mục đích nghiên cứu chung, thiết kế HERA đã được tối ưu hóa để phát hiện hydro nguyên thủy. Một cụm gồm các đĩa ăng-ten rộng 14 mét thu nhận bước sóng từ 50 đến 250 MHz. Về lý thuyết, điều đó sẽ khiến nó trở nên nhạy hơn với máng bình minh vũ trụ, khi các thiên hà lần đầu tiên bắt đầu thấp sáng vũ trụ, cũng như với EOR.

Như mọi thí nghiệm thuộc loại này, HERA sẽ phải đối mặt với vấn đề nhiễu loạn từ Dải Ngân hà. Phát xạ tần số vô tuyến từ Thiên hà của chúng ta và các thiên hà khác lớn hơn hàng nghìn lần so với phát xạ vạch hydro từ Vũ trụ nguyên thủy, theo lời cảnh báo của điều tra viên chính của HERA, Aaron Parsons, một nhà thiên văn vô tuyến tại Đại học California, Berkeley. May mắn thay, bức xạ từ Thiên hà có một

Không chỉ mơ về một bản đồ 3D chi tiết về hydro không chỉ trong EOR, các nhà vũ trụ học còn ao ước quay trở lại “thời kỳ đen tối” của vũ trụ.

phổ trơn tru có thể được loại trừ đi để thu được các tín hiệu sạch của vũ trụ nguyên thủy. Tuy nhiên, để làm như vậy, các nhà thiên văn vô tuyến phải biết chính xác cách thức thiết bị của họ phản ứng với các bước sóng khác nhau, còn được gọi là “tính chất hệ thống” - systematics. Những thay đổi nhỏ trong môi trường xung quanh, chẳng hạn như tăng độ ẩm của đất hoặc việc cắt tia bụi cây gần đó cũng có thể tạo ra sự khác biệt - giống như chất lượng của tín hiệu đài FM có thể thay đổi tùy thuộc vào nơi bạn ngồi trong phòng.

Nếu mọi việc suôn sẻ, nhóm HERA có thể có kết quả EOR đầu tiên sau vài năm, Parsons nói. Nichole Barry, nhà vật lý thiên văn tại Đại học Melbourne, Úc, và là thành viên của sự hợp tác của MWA, rất hào hứng về cơ hội của nó: HERA sẽ có đủ độ nhạy để nếu họ có thể kiểm soát được hệ thống, thì hãy bùng nổ! Họ có thể thực hiện phép đo trong một khoảng thời gian ngắn.

Tương tự như tất cả các mạng ăng-ten hiện có, HERA sẽ nhằm mục đích đo lường số liệu thống kê của các bong bóng, thay vì tạo ra bản đồ 3D. Các nhà thiên văn học hy vọng tốt nhất cho các bản đồ 3D của EOR sẽ đến từ

“Mạng có diện tích 1 km²” - SKA trị giá 785 triệu USD, dự kiến sẽ được bắt đầu hoạt động trong thập kỷ tới. Đài quan sát vô tuyến đầy tham vọng nhất từ trước đến nay, SKA sẽ nằm trên hai lục địa, với một nửa ở Úc được thiết kế để thu tần số 50-350 MHz, băng tần có liên quan đến hydro nguyên thủy của vũ trụ. (Nửa còn lại ở Nam Phi sẽ nhạy cảm với tần số cao hơn).

Vũ trụ học Cro-Magnon

Mặc dù các mạng ăng ten ngày càng có kích thước lớn hơn và đắt đỏ hơn, một lớp dự án 21 cm khác vẫn khiêm tốn. Nhiều người, chẳng hạn như người ở EDGES, thu thập dữ liệu bằng một ăng ten duy nhất và nhằm mục đích đo một số tính chất của sóng vô tuyến trung bình trên toàn bộ bầu trời.

Các ăngten mà các dự án này sử dụng là loại khá Cro-Magnon, nhà thiên văn học Lincoln Greenhill từ CfA cho biết, đề cập đến bản chất đơn giản của thiết bị. Nhưng các nhà nghiên cứu đã dành nhiều năm để chỉnh sửa các công cụ làm giảm sai số hệ thống của nó, hoặc sử dụng các mô hình máy tính để tìm ra chính

xác sai số hệ thống là gì. Đây là một nỗi ám ảnh với các nhà thiên văn, theo Greeping, người đứng đầu dự án thử nghiệm khẩu độ lớn để phát hiện dự án Dark Ages (LEDA) ở Hoa Kỳ. Anh thường có những chuyến đi công tác một mình đến ăng-ten LEDA, ở Thung lũng Owens, California, để thực hiện nhiều nhiệm vụ khác nhau. Chúng có thể bao gồm việc đặt một màn hình kim loại mới trên mặt đất sa mạc bên dưới ăng-ten, để hoạt động như một tấm gương cho sóng radio.

Sự tinh tế như vậy có nghĩa là cộng đồng đã chậm chấp nhận những phát hiện bởi thí nghiệm EDGES. Tín hiệu bình minh vũ trụ mà EDGES nhìn thấy cũng lớn đến không ngờ, cho thấy rằng khí hydro tồn tại khoảng 200 triệu năm sau Vụ nổ lớn lạnh hơn đáng kể so với dự đoán lý thuyết, có lẽ là 4 kelvin thay vì 7 kelvin. Kể từ khi công bố kết quả vào đầu năm 2018, các nhà lý thuyết đã viết hàng chục bài báo đề xuất các cơ chế có thể làm mát khí hydro, nhưng nhiều nhà thiên văn vô tuyến - bao gồm nhóm EDGES - cảnh báo rằng các phát hiện thực nghiệm này cần phải được lặp lại trước khi cộng đồng có thể công nhận chúng.

LEDA hiện đang cố gắng làm như vậy, cũng như một số thí nghiệm khác ở những nơi xa hơn và không thể tiếp cận. Ravi Subrahmanyan tại Viện Nghiên cứu Raman ở Bengaluru, Ấn Độ, đang nghiên cứu một ăng-ten hình cầu nhỏ có tên SARAS. Ông và nhóm của mình đã đưa thiết bị này đến một địa điểm trên cao nguyên Tây Tạng và hiện họ đang thử nghiệm đặt nó lên một chiếc bè. Giữa hồ. Với nước ngọt, bạn chắc chắn rằng bạn có một môi trường đồng nhất bên dưới, Subrahmanyan nói, điều này có thể làm cho phản ứng ăng-ten trở nên đơn giản hơn nhiều so với

trên đất.

Nhà vật lý Cynthia Chiang và các đồng nghiệp tại Đại học KwaZulu-Natal ở Durban, Nam Phi, thậm chí đã đi xa hơn - đến nửa Nam Cực, đến Đảo Marion xa xôi - để thiết lập thí nghiệm bình minh vũ trụ của họ, được gọi là Probing Radio Intense tại High-Z từ Marion. Chiang, hiện đang ở Đại học McGill ở Montreal, Canada, cũng đang đi đến một địa điểm mới, đảo Axel Heiberg ở Bắc Cực thuộc Canada. Nó đã hạn chế nhiều sóng vô tuyến và nhóm nghiên cứu hy vọng có thể phát hiện các tần số thấp tới 30 MHz, có thể cho phép họ phát hiện ra máng kỹ nguyên bóng tối (dark-ages trough).

Ở tần số thấp như vậy, bầu khí quyển phía trên trở thành một trở ngại nghiêm trọng đối với các quan sát. Nơi tốt nhất trên Trái đất để thực hiện chúng có thể là Mái vòm C, một địa điểm có độ cao lớn ở Nam Cực, Greenhill nói. Ở đó, cực quang - một nguồn gây nhiễu chính - sẽ ở dưới đường chân trời. Nhưng những người khác muốn đưa các thí nghiệm lên trên không gian, hoặc ở phía xa của Mặt trăng. Theo nhà khoa học vật lý thiên văn Jack Burns tại Đại học Colorado Boulder cho biết, “đó là vị trí yên tĩnh vô tuyến duy nhất trong Hệ Mặt trời”. Ông đang phụ trách các đề xuất cho một kính thiên văn đơn giản được đặt trên quỹ đạo Mặt trăng, cũng như một mảng sẽ được triển khai bởi một người lái robot trên bề mặt Mặt trăng.

Các kỹ thuật thông thường khác đã tạo ra bước đột phá trong một tỷ năm đầu tiên của lịch sử Vũ trụ, phát hiện một vài thiên hà và quasar - các đèn hiệu do lỗ đen nằm trong số các hiện tượng phát sáng nhất của Vũ trụ điều khiển. Các thiết bị trong tương lai, đặc biệt là Kính viễn vọng không gian James Webb mà NASA dự kiến

ra mắt vào năm 2021, sẽ mang lại nhiều hơn những phát hiện này. Nhưng trong tương lai gần, các kính viễn vọng thông thường sẽ chỉ phát hiện ra một số vật thể sáng nhất, và do đó sẽ không thể thực hiện bất kỳ cuộc khảo sát toàn diện nào về bầu trời.

Giấc mơ cuối cùng đối với nhiều nhà vũ trụ học không chỉ là một bản đồ 3D chi tiết về hydro không chỉ trong EOR, mà còn quay trở lại thời kỳ đen tối. Điều đó chiếm một lượng không gian rộng lớn: nhờ sự giãn nở của vũ trụ, một tỷ năm đầu tiên của lịch sử Vũ trụ chiếm tới 80% khối lượng hiện tại của Vũ trụ quan sát được. Cho đến nay, các cuộc khảo sát 3D tốt nhất về các thiên hà - có xu hướng bao phủ gần hơn và do đó sáng hơn, các vật thể - đã tạo ra các bản đồ chi tiết dưới 1% khối lượng đó, Max Tegmark, nhà vũ trụ học tại Viện Công nghệ Massachusetts ở Cambridge cho biết. Loeb, Tegmark và những người khác đã tính toán rằng các biến thể về mật độ hydro trước EOR chứa nhiều thông tin hơn CMB, mà cho đến nay vẫn là tiêu chuẩn vàng để đo các đặc tính chủ yếu của Vũ trụ. Chúng bao gồm tuổi của nó, lượng vật chất tối chứa trong nó và hình học của nó.

Lập bản đồ hydro nguyên thủy sẽ là một thách thức kỹ thuật lớn. Jordi Miralda-Escudé, một nhà vũ trụ học tại Đại học Barcelona ở Tây Ban Nha, nói rằng với công nghệ hiện tại, thật khó khăn để trở thành một “giấc mơ hình ống”.

Nhưng phần thưởng của việc sản xuất những bản đồ như vậy vô cùng lớn, Loeb nói. Hôm nay, tín hiệu 21 cm cung cấp tập dữ liệu lớn nhất về Vũ trụ mà chúng ta có thể truy cập được. □

Thiên Hương dịch
TS Hoàng Chí Thiêm hiệu đính
 Nguồn: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-02417-7>

THƯ VIỆN TP. CẦN THƠ