

Kính thiên văn không gian James Webb: Định hình kỷ nguyên mới trong khám phá vũ trụ

Nguyễn Đức Phường

Đại học Quốc gia Hà Nội

Một sự kiện khoa học lớn của năm 2021 đã đánh dấu bước ngoặt mới trong công cuộc khám phá vũ trụ: đúng 12h20 giờ UTC (19h20 giờ Hà Nội) ngày 25/12/2021, tại Trung tâm Vũ trụ của châu Âu ở Guiana (Pháp), Kính thiên văn không gian James Webb (JWST) - được mệnh danh là “cỗ máy thời gian” đã được phóng vào không gian, đánh dấu khoảnh khắc định hình một kỷ nguyên mới khám phá vũ trụ. JWST là kính thiên văn tối tân, mạnh, phức tạp nhất và tốn kém nhất mà con người từng chế tạo, hứa hẹn sẽ mang đến những khám phá quan trọng thay đổi hiểu biết của chúng ta về vũ trụ.

Cỗ máy thời gian

Quá trình phát triển một thế hệ kính viễn vọng không gian tối tân kế tiếp Kính thiên văn không gian Hubble bắt đầu vào năm 1996 và được đề xuất với tên gọi Dự án kính viễn vọng không gian thế hệ kế tiếp (NGST), dự kiến phóng lên không gian vào năm 2007 với kinh phí 500 triệu USD. Năm 2002, sau khi phát triển thêm về thiết kế, nó được đặt tên là James E. Webb¹. Tuy nhiên, do nhiều nguyên nhân đã khiến kế hoạch bị chậm trễ và chi phí vượt mức. Tính đến nay, kinh phí cho Dự án JWST đã lên đến 10 tỷ USD và phải trải qua quãng thời gian 25 năm. Tính từ năm 2004, hàng nghìn nhà khoa học và kỹ sư đến từ 15 quốc gia đã dành 40 triệu giờ để xây dựng kính thiên văn. Sau khi được phóng vào không gian, JWST được kỳ vọng sẽ hoạt động ít nhất trong 10 năm.

¹Tên của nhà lãnh đạo thứ hai của NASA và là người đóng vai trò quan trọng đối với Chương trình Apollo.



Kính viễn vọng trị giá 10 tỷ USD được phóng bằng tên lửa Ariane 5 từ cảng vũ trụ của châu Âu ở Guiana (Pháp) vào 19h20 (giờ Hà Nội) ngày 25/12/2021.

JWST là kính thiên văn phức tạp và đắt giá nhất mà con người từng tạo ra. Nó nặng hơn 6,1 tấn, bao gồm các thiết bị khoa học của các cơ quan vũ trụ thuộc Mỹ, Canada và châu Âu. JWST được trang bị một gương có đường kính 6,5 m (được tạo thành từ 18

gương sơ cấp hình lục giác làm từ beryli với đường kính 1,32 m). Các tấm gương được phủ một lớp vàng siêu mỏng để tăng khả năng phản xạ ánh sáng hồng ngoại. Như vậy, gương chính của JWST lớn gấp 2,7 lần và nặng gấp 100 lần so với Kính thiên

văn không gian Hubble. Gương của kính thiên văn càng lớn giúp nó thu thập càng nhiều ánh sáng từ thiên thể, đồng thời quan sát được những thiên thể ở càng xa về quá khứ của vũ trụ. Đây là tấm gương lớn nhất đối với một kính thiên văn không gian mà NASA từng chế tạo. Tuy nhiên, với kích thước lớn như vậy sẽ gặp một vấn đề về kỹ thuật bởi vì không thể đặt nó gọn trong không gian chứa của tên lửa. Vì vậy, các nhà khoa học đã thiết kế để kính thiên văn có thể gấp theo phong cách xếp giấy origami (một loại nghệ thuật gấp giấy có xuất xứ từ Nhật Bản). Để tạo thành một tấm gương khổng lồ trong không gian, sau khi được đưa vào vũ trụ, 18 gương nhỏ sẽ được 132 bộ truyền động và động cơ riêng lẻ khớp nối vào vị trí và điều khiển bởi phần mềm chuyên biệt. Các gương này sau đó sẽ hoạt động như một tấm gương phản xạ khổng lồ đường kính 6,5 m.

JWST hoạt động trong vùng phổ hồng ngoại. Để quan sát ánh sáng hồng ngoại phát ra từ những ngôi sao và thiên hà xa xôi, JWST phải hoạt động trong môi trường nhiệt độ rất thấp. Gương và các thiết bị khoa học của JWST sẽ được bảo vệ khỏi bức xạ Mặt trời, ánh sáng từ Trái đất và Mặt trăng bằng tấm chắn sáng 5 lớp, có hình dạng giống như một cánh diều với kích thước tương đương một sân quần vợt. Các lớp màng của tấm chắn làm từ kapton có khả năng chịu nhiệt cao và ổn định trong phạm vi nhiệt độ rộng. Điều này rất quan trọng vì mặt đối diện với Mặt trời của tấm chắn sẽ nóng tới 185°F (85°C), trong khi nhiệt độ ở mặt còn lại là -388°F (-233°C). Các lớp màng sẽ được



JWST là kính thiên văn phức tạp và đắt giá nhất mà con người từng tạo ra.

điều khiển bằng một cơ chế và hệ thống phức tạp [1].

JWST có độ nhạy và độ phân giải chưa từng có, hoạt động ở dải cận hồng ngoại, tuy nhiên nó có thể quan sát trong vùng khả kiến từ bước sóng cam vàng, đỏ và hồng ngoại sóng trung. Không giống như Hubble (chủ yếu hoạt động dựa trên ánh sáng khả kiến và tia cực tím), JWST có thể quan sát ánh sáng hồng ngoại có bước sóng dài hơn nên dễ dàng xuyên qua mây bụi dày đặc, cho phép khám phá những vùng bị che giấu trong vũ trụ xa xôi. Tia hồng ngoại cũng cho phép các nhà khoa học “nhìn ngược thời gian” về quá khứ xa hơn nhờ một hiện tượng được gọi là dịch chuyển đỏ², trong đó ánh sáng từ các vật thể ở xa bị kéo giãn khi vũ trụ giãn nở và trở nên đỏ hơn. Tất nhiên, JWST cũng có thể thực hiện các quan sát gần hơn ngay trong hệ Mặt trời của chúng ta. Để thực hiện những quan sát trên, kính viễn vọng được trang bị những thiết bị tối tân nhất. Hệ thống Module thiết bị khoa học tích hợp (ISIM) trên JWST giúp cung cấp năng lượng, làm mát, ổn định cấu

²Khi ánh sáng nguyên thủy từ các thiên hà đầu tiên đi xuyên qua không gian, sự giãn nở của vũ trụ đã kéo dài các bước sóng vượt ra ngoài vùng phổ ánh sáng đỏ sang phổ sóng hồng ngoại. Hiện tượng này gọi là dịch chuyển đỏ vũ trụ học.

trúc cho kính thiên văn, thực hiện các nghiên cứu khoa học. ISIM bao gồm các thiết bị khoa học quan trọng [2]:

- NIRCam là thiết bị chính của JWST. NIRCam sẽ quan sát các bước sóng cận hồng ngoại (được gọi là hồng ngoại gần vì các bước sóng này gần với phổ sóng màu đỏ của quang phổ khả kiến). Nó có thể phát hiện ánh sáng từ các thiên hà sớm nhất đang trong quá trình hình thành, các ngôi sao trong các thiên hà lân cận, các ngôi sao trẻ trong dải Ngân hà và các thiên thể từ một vùng xa xôi trong hệ Mặt trời của chúng ta được gọi là Vành đai Kuiper. Thiết bị này cũng rất quan trọng đối với nghiên cứu ngoại hành tinh; kỹ thuật chụp chắn ánh sáng sao và khả năng chụp ảnh chuỗi thời gian cho phép theo dõi chuyển động của các ngoại hành tinh khi chúng quay quanh ngôi sao chủ. Thiết bị này cũng bao gồm một cảm biến mặt sóng để giữ cho 18 gương thành phần hoạt động như một tấm gương lớn thống nhất.

- Máy quang phổ cận hồng ngoại đa đối tượng (NIRSpec) sẽ ghi nhận các bước sóng cận hồng ngoại và có khả năng quan sát hơn 100 đối tượng, đồng thời nó được thiết kế để nghiên cứu sự hình thành sao và thành phần hóa học của các thiên hà trẻ, xa xôi.

■ Khoa học và Công nghệ nước ngoài

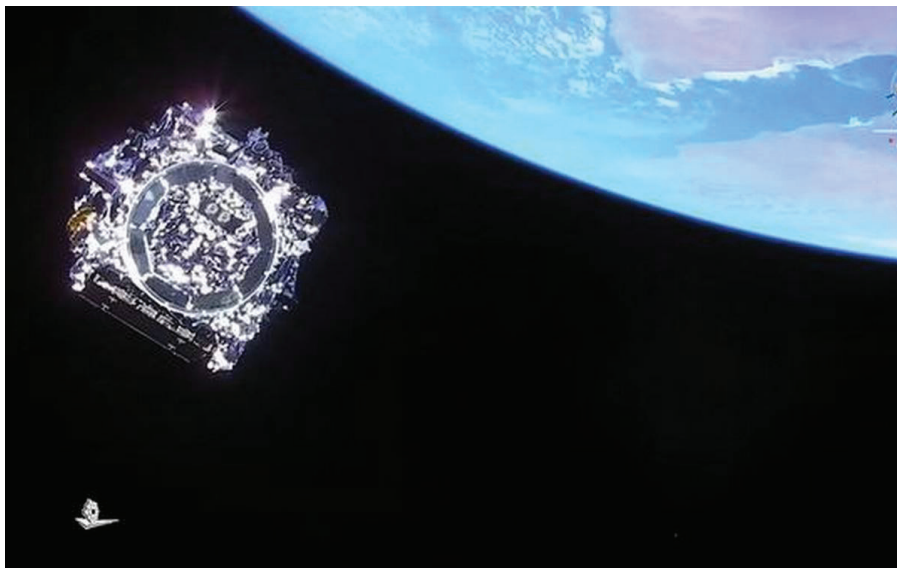
- Thiết bị hồng ngoại tầm trung (MIRI) sẽ đo dải bước sóng hồng ngoại từ trung bình đến dài (5-27 μm). MIRI bao gồm một máy ảnh siêu nhạy và một máy quang phổ để nghiên cứu các quần thể sao ở xa, tính chất vật lý của các ngôi sao mới hình thành và kích thước của các sao chổi mờ cũng như các thiên thể trong Vành đai Kuiper. MIRI được trang bị một kỹ thuật chắn ánh sáng sao (coronagraph)³. NIRCам và MIRI có tính năng che ánh sáng của sao để quan sát các mục tiêu mờ nhạt khi nghiên cứu các hành tinh ngoài hệ Mặt trời và các đĩa khí và bụi xung quanh ngôi sao sáng.

- Cảm biến vi điều hướng và máy ảnh cận hồng ngoại, máy quang phổ không khe (FGS/NIRISS): FGS là camera dẫn đường của JWST, giúp điều hướng kính thiên văn. NIRISS nghiên cứu quang phổ (giống như NIRSspec) và chụp ảnh vũ trụ ở bước sóng cận hồng ngoại (như NIRCам), quan sát cả các thiên thể rất sáng và mờ. NIRISS là thiết bị đặc biệt hữu ích cho việc nghiên cứu thành phần của khí quyển ngoại hành tinh và các mục tiêu nghiên cứu khác.

29 ngày trình diễn vũ điệu origami vũ trụ

Việc phóng thành công JWST mới chỉ là sự khởi đầu. Đến khi viễn kính này chính thức hoạt động còn cả một chuỗi dài những quy trình triển khai phức tạp. Nếu như NASA từng trải qua “7 phút kinh hoàng” với tàu đổ bộ sao Hỏa

³Đây là kỹ thuật giúp chặn ánh sáng chói của một vật thể sáng để giúp quan sát rõ ràng các vật thể mờ gần đó, giống như các ngoại hành tinh quay quanh một ngôi sao.



Phút 27 kể từ khi phóng, các tấm năng lượng mặt trời được triển khai và JWST bắt đầu quá trình nạp năng lượng.

Perseverance hay Opportunity thì với JWST là “29 ngày thấp thỏm” từ khi phóng đến khi tiếp cận điểm Lagrange thứ hai (L2) - nơi mà tại đó lực hấp dẫn của Mặt trời và Trái đất cân bằng chuyển động quỹ đạo của JWST.

Theo đúng kế hoạch, sau 26 phút kể từ thời điểm phóng, JWST tách khỏi tên lửa Ariane 5 và bay vào vũ trụ theo quỹ đạo đã được thiết lập. Đến phút 27, các tấm năng lượng mặt trời được mở ra và kính thiên văn bắt đầu quá trình nạp năng lượng. Sau khi vào không gian, kính viễn vọng sẽ mất 29 ngày để đến vị trí quỹ đạo L2. Trong suốt khoảng thời gian đó, JWST sẽ trình diễn nghệ thuật origami trong vũ trụ, triển khai các hợp phần theo đúng quy trình được thiết lập: mở ăng ten liên lạc, căng buồm chắn, ghép các tấm gương... JWST sẽ không quay xung quanh Trái đất mà có quỹ đạo quay quanh Mặt Trời và hoạt động ở vị trí L2 cách Trái đất 1,5 triệu km, xa hơn nhiều

so với kính viễn vọng Hubble chỉ hoạt động trên quỹ đạo tại độ cao khoảng 559 km. Bên cạnh đó, để cho tấm chắn Mặt trời hoạt động hiệu quả, JWST cần có quỹ đạo sao cho Trái đất và Mặt trời nằm ở cùng một phía. JWST sẽ mở tấm gương và hệ thống chắn sáng được triển khai. Quá trình này đòi hỏi hàng nghìn bộ phận hoạt động hoàn hảo và chính xác theo đúng trình tự. Khi các tấm chắn nhiệt được triển khai và thiết bị trên kính thiên văn được làm lạnh, các nhà khoa học sẽ bật các thiết bị điện tử và khởi chạy phần mềm bay trong quỹ đạo để đảm bảo JWST ở vị trí L2. Các nhà khoa học trên mặt đất có thể kiểm soát sự di chuyển và triển khai các công đoạn của JWST trong 29 ngày để kịp thời xử lý nếu có vấn đề xảy ra. Sau khi đến quỹ đạo, JWST sẽ vận hành thử nghiệm trong 6 tháng, bao gồm quá trình hạ nhiệt độ và hiệu chỉnh kỹ thuật.

Ngày thứ 33 sau khi phóng, các



Công nghệ hồng ngoại của JWST sẽ đẩy ranh giới những gì có thể quan sát được trong vũ trụ ra xa hơn về thời gian và không gian, tới những thiên hà đầu tiên hình thành sau Vụ nổ lớn.

nhà khoa học sẽ khởi động các thiết bị cảm biến vi điều hướng, NIRCам và NIRSpec. Hình ảnh đầu tiên chụp bởi NIRCам sẽ là một trường sao để đảm bảo rằng ánh sáng sau khi phản xạ qua hệ thống gương sẽ đi vào các thiết bị. Do gương chính chưa được căn chỉnh khiến ảnh sẽ bị mất nét. Tiếp sau đó, các nhà khoa học sẽ bắt đầu quá trình hiệu chuẩn gương sơ cấp. Cảm biến vi điều hướng FGS sẽ giúp JWST hướng vào một ngôi sao, khóa mục tiêu và tiến hành chụp ảnh qua NIRCам. Từ hình ảnh thu được qua các gương thành phần, các nhà khoa học sẽ tiến hành hiệu chuẩn. Công việc căn chỉnh các gương thành phần hoàn thành để chúng có thể hoạt động cùng nhau như một bề mặt quang học duy nhất. Các nhà khoa học cũng sẽ khởi động thiết bị MIRI và làm lạnh thiết bị để có được dữ liệu tốt nhất. Vào cuối tháng thứ ba, JWST có thể chụp những hình ảnh khoa học chất lượng đầu tiên. Cũng vào thời điểm này, JWST sẽ hoàn thành quỹ đạo ban đầu của nó xung quanh L2. Từ tháng thứ 4 đến thứ 6, các nhà khoa học sẽ

hoàn thành việc tối ưu hóa hình ảnh chụp bởi NIRCам và các thiết bị khác. Việc hiệu chỉnh tỉ mỉ tất cả chế độ hoạt động của tất cả các thiết bị khoa học cũng được hoàn thành khi JWST thử nghiệm quan sát các mục tiêu đại diện, đồng thời đảm bảo khả năng bám các mục tiêu chuyển động như: tiểu hành tinh, sao chổi, hành tinh trong hệ Mặt trời. Đến giữa năm 2022, kính viễn vọng sẽ thu thập dữ liệu, gửi về Trái đất những hình ảnh chất lượng cao đầu tiên và bắt đầu sứ mệnh khám phá khoa học lịch sử đầy hứa hẹn của mình.

Sáng tỏ những bí ẩn vũ trụ còn tồn tại

JWST là một bước ngoặt công nghệ lớn của thiên văn học. Các sứ mệnh kính thiên văn không gian của NASA đã cách mạng hóa hiểu biết của chúng ta về vũ trụ và vị trí của chúng ta trong đó. Sứ mệnh của JWST tập trung vào 4 mục tiêu nghiên cứu chính: khảo cứu ánh sáng từ những ngôi sao và thiên hà đầu tiên hình thành trong vũ trụ sau Vụ nổ lớn; nghiên cứu sự hình thành và tiến hóa của các thiên hà; nghiên cứu

sự hình thành của các ngôi sao và hệ hành tinh; nghiên cứu các hệ hành tinh và nguồn gốc của sự sống.

JWST sẽ quan sát những thiên thể ở xa nhất trong vũ trụ, vượt phạm vi khả năng nghiên cứu của các thiết bị mặt đất và kính viễn vọng không gian hiện tại. “Cỗ máy thời gian” này sẽ giúp các nhà khoa học nhìn ngược dòng thời gian về những thời khắc rất sớm của vũ trụ sơ khai. Công nghệ hồng ngoại của JWST sẽ đẩy ranh giới những gì có thể quan sát được trong vũ trụ ra xa hơn về thời gian và không gian, tới những thiên hà đầu tiên hình thành sau Vụ nổ lớn. Ánh sáng từ những thiên hà này đã được phát ra cách đây hơn 13 tỷ năm và bị kéo dài đến các bước sóng ánh sáng hồng ngoại do sự giãn nở của vũ trụ. JWST được thiết kế đặc biệt để quan sát dải ánh sáng này, từ đó giúp trả lời các câu hỏi: Các ngôi sao và thiên hà sơ khai hình thành như thế nào? Làm thế nào để các lỗ đen hình thành trong vũ trụ nguyên thủy? Có mối liên hệ nào không giữa vật chất tối và thời kỳ sơ khai của vũ trụ?

Các nhà khoa học kỳ vọng JWST sẽ giúp làm sáng tỏ về tính chất của vũ trụ ở Kỷ nguyên tối - bắt đầu từ 377.000 đến hàng trăm triệu năm sau Vụ nổ lớn. Một trong những vấn đề mà các nhà khoa học đang rất quan tâm đó là hiểu biết tường minh về sự hình thành và tiến hóa của thế hệ sao đầu tiên trong giai đoạn ban đầu của vũ trụ. Khoảng 10 tỷ năm trước, các thiên hà hỗn loạn hơn, với nhiều siêu tân tinh hơn, gấp 10 lần sự hình thành sao và nhiều sự hợp nhất giữa các thiên hà. Các nhà thiên văn ước tính rằng, gần như tất cả các thiên hà lớn đều đã trải qua ít nhất một lần hợp nhất lớn kể từ khi vũ trụ được 6 tỷ năm tuổi. Sử dụng các công cụ quang phổ trên JWST sẽ giúp chúng ta vén bức màn bí ẩn về quá trình phát triển và tương tác trong thế giới các thiên hà. Tất cả các chuẩn tinh (quasar) mà chúng ta đang nghiên cứu đều tồn tại từ rất sớm, khi vũ trụ chưa đầy 800 triệu năm tuổi, tức chưa đầy 6% so với tuổi hiện tại. Vì vậy, những quan sát của JWST mang đến cho chúng ta cơ hội để nghiên cứu sự tiến hóa của thiên hà cũng như sự hình thành và tiến hóa của lỗ đen siêu lớn vào những thời điểm rất sớm của vũ trụ. Bên cạnh đó, các quan sát quang phổ sẽ giúp các nhà nghiên cứu hiểu cách thức các nguyên tố nặng hơn hydro được tổng hợp trong suốt quá trình tiến hóa của các thiên hà, đồng thời làm sáng tỏ quá trình các ngôi sao nguyên thủy kết tụ với nhau để hình thành nên những thiên hà đầu tiên trong vũ trụ. Vật chất tối cũng sẽ là chủ đề mà JWST tập trung nghiên cứu. Các thiết bị quan sát hồng ngoại trên JWST giúp nghiên cứu

đường cong quay của các thiên hà, từ đó xác định khối lượng của chúng. Từ những phép đo này, các nhà khoa học sẽ tìm ra manh mối về khối lượng vật chất tối hiện hữu trong vũ trụ. Vật chất tối có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc quyết định hình dạng và cấu trúc của một thiên hà, cũng như sự tiến hóa của chúng theo thời gian.

JWST cũng sẽ giúp các nhà khoa học hiểu sâu sắc hơn về vai trò của các siêu lỗ đen ở trung tâm của hầu hết các thiên hà lớn. Có phải những ngôi sao khổng lồ sụp đổ và hình thành những lỗ đen đầu tiên, sau đó các lỗ đen hợp nhất với nhau thành siêu lỗ đen? Hay các ngôi sao hợp nhất nhờ lực hấp dẫn rồi hình thành nên các lỗ đen ở trung tâm các thiên hà sau đó? Các nhà thiên văn cũng hy vọng JWST sẽ mang đến những hiểu biết sâu sắc hơn về bản chất sao lùn nâu - một loại thiên thể kỳ lạ mang đặc điểm của cả hành tinh và sao. Các sao lùn nâu có khối lượng không đủ lớn để trở thành một ngôi sao phát sáng khiến chúng trở thành một đối tượng lý tưởng để nghiên cứu với các thiết bị hồng ngoại của JWST. Việc quan sát các giai đoạn hình thành sao và hành tinh có thể giúp chúng ta hiểu hơn về cách thức để một thiên thể có đủ khối lượng để trở thành một ngôi sao, một hành tinh khí khổng lồ hoặc trở thành một sao lùn nâu.

JWST sẽ giúp làm sâu sắc hơn những hiểu biết của chúng ta về cách vận hành của vũ trụ thông qua vòng đời của các ngôi sao và cách con người có được vị trí trong vũ trụ ngày nay. Kể từ khi các hành tinh ngoài hệ Mặt

trời đầu tiên được phát hiện quay quanh một sao xung vào năm 1992, các nhà thiên văn học đã nhận ra rằng ngày càng tồn tại nhiều thế giới khác trong vũ trụ. Các thiết bị quang phổ của JWST sẽ giúp nghiên cứu bầu khí quyển của các hành tinh ngoài hệ Mặt trời, xác định những nguyên tố, thành phần hoá học và các tính chất lý, hoá, sinh có tiềm năng hỗ trợ sự sống trên các hành tinh đó [3]. Bên cạnh đó, khả năng quan sát của JWST ở vùng hồng ngoại xa cho phép các nhà thiên văn học nghiên cứu sự hình thành hành tinh trong các đĩa tiền hành tinh chứa đầy bụi ngăn chặn ánh sáng nhìn thấy, từ đó cung cấp manh mối mới về cách mà sao có hệ hành tinh giống như hệ Mặt trời tiến hoá theo thời gian. Ánh sáng hồng ngoại truyền qua các đám mây khí dày đặc, bằng cách thu thập và phân tích bức xạ này, JWST sẽ làm sáng tỏ các quá trình hình thành hệ hành tinh chưa từng thấy trước đây. Bằng cách quan sát quá trình hình thành của các ngôi sao và các hành tinh ngoài hệ Mặt trời, chúng ta sẽ có được những nhận thức sâu sắc hơn về vai trò và vị trí của hành tinh Trái đất trong vũ trụ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] <https://www.nature.com/articles/d41586-021-03655-4>.

[2] <https://www.jwst.nasa.gov>.

[3] <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/five-big-ways-james-webb-telescope-will-help-astronomers-understand-universe-180978303>.