

Cách mạng trong thám hiểm vũ trụ bằng lực đẩy ánh sáng

Nguyễn Đức Phường

Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày 23/7/2019, LightSail 2 được phóng thành công nhờ tên lửa Falcon Heavy của Tập đoàn công nghệ thám hiểm không gian SpaceX, mở ra một cuộc cách mạng vô tiền khoáng hậu trong thám hiểm và nghiên cứu vũ trụ. Sứ mệnh này cũng là minh chứng hùng hồn nhất cho giấc mơ bay bằng sức đẩy ánh sáng mặt trời mà chúng ta thường nghĩ chỉ có trong những câu chuyện khoa học viễn tưởng.

Từ giấc mơ...

Ánh sáng là khởi nguồn của vũ trụ. Những tia sáng đầu tiên rọi chiếu vũ trụ bắt đầu cách đây khoảng 13,7 tỷ năm. Ánh sáng mang đến cho vũ trụ mọi thứ và kiến tạo nên sự sống trên các hành tinh. Đó là nguồn năng lượng vô tận. Cũng giống như hàng trăm tỷ ngôi sao khác trong dải Ngân hà, Mặt trời mang nguồn năng lượng vô giá cho Trái đất. Ánh sáng mặt trời cho phép một Trái đất phì nhiêu sức sống, từ những loài vi khuẩn vô cùng nhỏ bé đến những cơ thể sống khổng lồ, từ đại dương bao la đến núi rừng xanh ngát. Loài người biến ánh sáng mặt trời thành nguồn năng lượng dồi dào cho cuộc sống. Đó là một nguồn năng lượng sạch và không thể cạn kiệt cho ít nhất 5 tỷ năm nữa.

Với các nhà khoa học vũ trụ, ánh sáng mặt trời giúp “nuôi sống” các cỗ máy khoa học tối tân, những phi thuyền đang lao vút trong không gian và những xe tự hành đang lăn bánh trên bề mặt các hành tinh. Nhưng xa hơn thế, họ đang nung nấu một giấc mơ ấp ủ suốt nửa thế kỷ. Đó là biến ánh sáng mặt trời thành những cơn gió giúp các phi thuyền “căng buồm” vào không gian liên hành tinh và xa hơn nữa là liên sao. Giấc mơ đó không phải là không có cơ sở.

Cách đây hơn một thế kỷ, Albert Einstein đã phát triển thuyết lượng tử ánh sáng lên một nấc thang mới.

Mô hình về photon ánh sáng mà nhà khoa học thiên tài này đưa ra nhằm giải thích những quan sát thực nghiệm mà không thể giải thích thỏa đáng bởi mô hình sóng cổ điển. Bản chất lưỡng tính sóng - hạt của ánh sáng đã tháo gỡ những nút thắt cơ bản trong vật lý đương đại. Bên cạnh tính chất sóng thì ánh sáng cư xử như những hạt gọi là những lượng tử ánh sáng - photon. Einstein chỉ ra rằng, lượng tử năng lượng photon cũng phải mang động lượng, do vậy chúng có đầy đủ tính chất của một hạt. Thời gian sau đó, động lượng của photon đã được quan sát bằng thực nghiệm bởi nhà vật lý Arthur Compton. Năm 1927, chính thí nghiệm này đã giúp ông được trao giải Nobel trong lĩnh vực Vật lý.

Đó chính là mấu chốt của vấn đề giúp các nhà khoa học mơ về một tương lai thế hệ tàu vũ trụ di chuyển nhờ áp lực của ánh sáng. Theo đó, các photon ánh sáng của Mặt trời cũng như những ngôi sao mang động lượng, khi gặp vật cản phản xạ, chúng chuyển động lượng theo hướng ngược lại với ánh sáng dội lại. Động lượng của nó sẽ tạo thành một lực đẩy. Mặc dù rất nhỏ nhưng với tiết diện phản xạ lớn, khối lượng tàu vũ trụ nhỏ và trong môi trường chân không thì lực đẩy này sẽ trở nên đáng kể, giúp phi thuyền di chuyển trong không gian. Điều này giống như việc chúng ta ném những quả bóng tennis vào một tấm phản gắn dựng đứng trên một



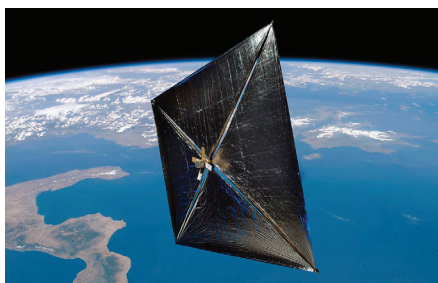
Ánh sáng ngập tràn vũ trụ trở thành nguồn năng lượng vô tận cho các phi thuyền vũ trụ (Ảnh: Michael Shainblum).

chiếc thuyền nhỏ. Khi ném liên tục những quả bóng sẽ tác động lực lên tấm phản làm cho thuyền di chuyển trên mặt nước. Trong trường hợp này, các photon được ví như những quả bóng tennis. Đối với những con tàu vũ trụ thì những tấm khiên nhẹ với tiết diện phản xạ như những cánh buồm no gió. Như vậy, chúng ta sẽ có một phi thuyền vũ trụ hoạt động mà không cần động cơ, nhiên liệu. Vào năm 1976, nhà thiên văn học huyền thoại Carl Sagan trong chương trình Tonight Show với Johnny Carson đã đề cập đến một phương pháp đẩy cho các phi thuyền không gian mới gọi là cánh buồm mặt trời.

...Đến hiện thực...

Đã 4 thập kỷ trôi qua, những điều tưởng như chỉ là trong giấc mơ đã dần thành hiện thực. Đó là điều tuyệt vời nhất mà các nhà khoa học vũ trụ có được trong kỷ nguyên chinh

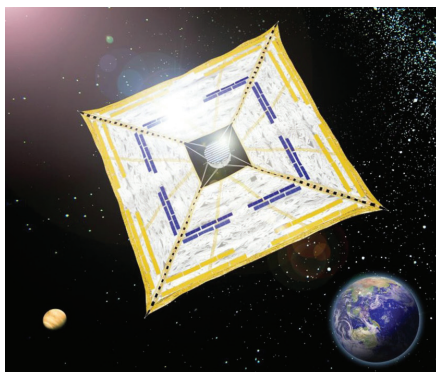
phục không gian. Tháng 8/2008, Cơ quan Hàng không vũ trụ Mỹ (NASA) cũng đã công bố một “chiếc thuyền buồm” vũ trụ hình khối nhỏ có tên NanoSail-D. NanoSail-D là một vệ tinh nhỏ (CubeSat) được Trung tâm Nghiên cứu Ames của NASA sử dụng để nghiên cứu triển khai một cánh buồm mặt trời trong không gian. Đó là một CubeSat 3 đơn vị (3U) có kích thước 30 x 10 x 10 cm, với khối lượng 4 kg. Vệ tinh đã bị mất ngay sau khi phóng do sự cố tên lửa Falcon 1 mang nó. Sau đó, NASA đã thay thế một sứ mệnh mới với NanoSail-D2 đã được triển khai thành công vào đầu năm 2011 [1].



NanoSail-D (Ảnh: NASA).

Tháng 6/2010, Cơ quan Hàng không vũ trụ Nhật Bản (JAXA) đã phóng thành công “du thuyền mặt trời” Ikaros vào không gian. Dự án đầy tham vọng này đã chứng minh rằng, một màng mỏng gắn vào thân tàu vũ trụ có thể đẩy phương tiện về phía trước bằng cách thu thập động lượng từ lực đẩy của các hạt ánh sáng của Mặt trời. Tuy nhiên, có một dự án tham vọng hơn được các nhà khoa học có cùng ước mơ “cánh buồm mặt trời” âm thầm thực hiện. Vào năm 2005, Hội Khoa học hành tinh đã nỗ lực gửi một vệ tinh cánh buồm mặt trời mang tên Cosmos 1 lên vũ trụ trong một chương trình hợp tác Nga - Mỹ. Tuy nhiên, kết quả đã trở thành công cốc khi tên lửa đẩy Volna mang theo vệ tinh đã tắt chỉ 83 giây sau khi phóng từ một tàu ngầm của Nga trên biển Barents. Tên lửa bị tắt ngay

trong giai đoạn khởi động tăng đầu tiên và đã không đạt được quỹ đạo. Năm 2009, Hội Khoa học hành tinh lại tiếp tục làm một cánh buồm mặt trời thử nghiệm với CubeSat dựa trên dự án NanoSail-D của NASA [2].



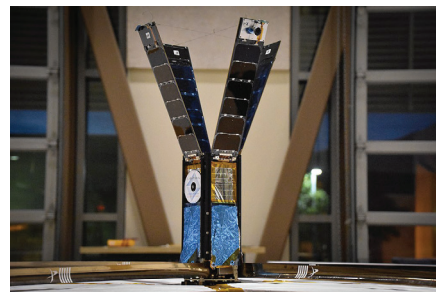
Ikaros và “cánh buồm” của nó (Ảnh: JAXA).

Năm 2011, dự án đầy tham vọng mang tên LightSail đã ra đời để chứng minh việc chèo thuyền mặt trời có kiểm soát trong quỹ đạo Trái đất thấp bằng cách sử dụng CubeSat. Dự án LightSail được phát triển bởi Hội Khoa học hành tinh bao gồm 2 tàu vũ trụ LightSail 1 và LightSail 2. Cả hai tàu vũ trụ LightSail có kích thước 10 x 10 x 30 cm. Sau khi triển khai, diện tích của buồm là 32 m².

Ngày 20/5/2015, LightSail 1 (còn được gọi là LightSail-A) đã được công bố. Tháng 6/2015, ngay sau khi được phóng, LightSail 1 đã triển khai cánh buồm mặt trời và quay trở lại bầu khí quyển. LightSail 1 thực chất là một nhiệm vụ trình diễn kỹ thuật được thiết kế để thử nghiệm phương pháp triển khai cánh buồm mới trong không gian, nó không thực hiện nhiệm vụ “chèo thuyền mặt trời”.

Từ kinh nghiệm cũng như kiến thức đúc rút sau sứ mệnh LightSail 1, tháng 3/2016, Hội Khoa học hành tinh tiếp tục công bố tàu vũ trụ thứ hai mang tên LightSail 2. Đây là dự án đầy ắp đam mê của các nhà khoa học nhằm chứng minh rằng, chèo thuyền mặt trời là một kỹ thuật đầy khả thi

cho tàu vũ trụ. LightSail 2 là một tàu vũ trụ với đầy đủ chức năng nhằm trình diễn khả năng chèo thuyền mặt trời thực sự.



LightSail 2 trong phòng kiểm tra kỹ thuật (Ảnh: Hội Khoa học hành tinh).

Thời khắc lịch sử cũng đã đến. Ngày 23/7/2019, LightSail 2 được phóng thành công. Tên lửa Falcon Heavy của Tập đoàn công nghệ thám hiểm không gian SpaceX đã đưa tàu Prox-1 mang theo LightSail 2 lên không gian. Sau đó, LightSail 2 tách khỏi Prox-1 và bay theo quỹ đạo quanh Trái đất. Như vậy, sau hơn 10 năm nỗ lực nghiên cứu với kinh phí 7 triệu USD, phi thuyền loại nhỏ LightSail 2 đã trở thành tàu vũ trụ đầu tiên bay lên quỹ đạo chỉ nhờ vào sức mạnh của ánh sáng mặt trời.

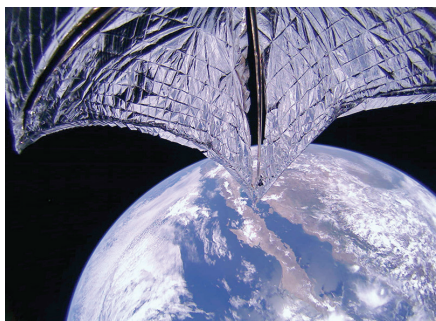


Tên lửa đẩy Falcon của SpaceX đưa LightSail 2 lên không gian (Ảnh: SpaceX).

Một con tàu vũ trụ cỡ nhỏ LightSail 2 có kích thước bằng một ổ bánh mì cuối cùng đã tự biến thành một cánh buồm mặt trời. LightSail 2 đã lên quỹ đạo được hơn một tháng và lần đầu tiên trong lịch sử nó đã mở cánh buồm rộng 32 m², được chế tạo bằng Mylar

- một loại polyester nhẹ và mỏng như tơ nhện, giúp nó có thể tận dụng tốt động lượng của photon. Khoảng một tuần tiếp đó, tàu vũ trụ đã tăng quỹ đạo lên 1,7 km, và lực đẩy có được nhờ các photon của ánh sáng mặt trời. Những photon từ ánh sáng mặt trời phản xạ lên bề mặt cánh buồm vào tạo ra lực đẩy giúp LightSail 2 di chuyển [3].

Thực tế, LightSail 2 đã thành công trong việc sử dụng nguyên lý lực đẩy photon. LightSail 2 có sự đột phá về công nghệ trong việc kiểm soát lực đẩy để thay đổi quỹ đạo một cách hiệu quả. Theo giám đốc dự án Dave Spencer, LightSail 2 được kiểm soát tự động bằng các thuật toán. Bằng cách xoay tàu vũ trụ 90° cứ sau 50 phút, phần mềm này có thể thay đổi hướng của tàu để nó nhận đủ năng lượng từ Mặt trời cho dù ở bất cứ vị trí nào trong không gian. Trước đó Ikaros chỉ có thể xoay được khoảng 4-5° [4].



LightSail 2 trên quỹ đạo (Ảnh: Hội Khoa học hành tinh).

Thuật toán ẩn tượng này vẫn đang được cập nhật và điều chỉnh. Một trong những thách thức lớn nhất là tinh chỉnh động lượng của tàu vũ trụ được điều khiển bởi một bánh xe quay. Bánh xe động lượng này được sử dụng để thay đổi hướng của tàu. Khi cánh buồm mặt trời tạo ra quá nhiều lực đẩy, cần có một lực đối kháng lại để làm chậm tốc độ quay. Điều này được thực hiện bằng cách sử dụng các thanh mô men xoắn điện

từ, định hướng tàu vũ trụ sử dụng từ trường của Trái đất.

Các nhà khoa học hiện khó dự đoán chính xác tàu vũ trụ sẽ có thể nâng quỹ đạo bao nhiêu nữa. Theo dự đoán, khi lực đẩy mặt trời cộng lại, nó sẽ giúp tăng quỹ đạo của tàu lên khoảng 0,5 km mỗi ngày. Đây không phải là mục tiêu quá xa vời, trên thực tế, tàu vũ trụ đã tăng thêm khoảng 900 m chỉ trong một ngày.

...Và tương lai đầy triển vọng

Những gì mà các sứ mệnh không gian trên làm được là minh chứng rõ ràng nhất trong việc sử dụng lực đẩy ánh sáng cho các sứ mệnh du hành vũ trụ tương lai. Tất cả không chỉ là giấc mơ mà đang hiện hữu và hiện thực hóa trong niềm đam mê không dứt và sự tiến bộ không ngừng của các đột phá về khoa học và công nghệ vũ trụ.

Việc phát triển tàu vũ trụ sử dụng lực đẩy ánh sáng hứa hẹn mở ra những tiềm năng vô cùng lớn trong nghiên cứu và thám hiểm vũ trụ. Điều dễ dàng nhận thấy là ứng dụng trong việc tìm kiếm sự sống ngoài hành tinh, theo dõi thời tiết trên Mặt trời, triển khai hệ thống cảnh báo tiểu hành tinh gần Trái đất, thậm chí là những sứ mệnh thám hiểm không chỉ giới hạn trong phạm vi hệ Mặt trời mà còn vươn tới không gian liên sao.

Các nhà nghiên cứu tin rằng, những con tàu tương lai được chế tạo và bảo vệ bởi những vật liệu có khả năng chịu được nhiệt độ và bức xạ cao. Tàu vũ trụ như vậy có thể tiếp cận rất gần Mặt trời, sau đó chúng sẽ nhận được một lực đẩy lớn để tạo đà cho nó di chuyển xa hơn và với tốc độ cao hơn nhiều vào không gian sâu thẳm.

Tàu vũ trụ tiểu hành tinh gần Trái đất (NEA Scout) của NASA dự kiến sẽ được phóng vào giữa năm 2020, là ứng dụng sớm nhất cho công nghệ

lực đẩy ánh sáng này. Những nhiệm vụ táo bạo có kế hoạch sử dụng cánh buồm mặt trời là những vệ tinh nhỏ CubeSat loại 6U, hoặc tàu vũ trụ có kích thước nhỏ để thu thập dữ liệu về các tiểu hành tinh gần Trái đất có tiềm năng cho các nhiệm vụ nghiên cứu không gian của con người trong tương lai.

Trong tương lai, thế hệ tàu vũ trụ nhỏ mang cánh buồm mặt trời sẽ trở thành một hướng đi đầy tiềm năng trong việc thực hiện các nhiệm vụ thám hiểm ngoài hệ Mặt trời. Các cánh buồm vừa có chức năng tạo lực đẩy, vừa đóng vai trò như các tấm pin mặt trời sẽ cung cấp năng lượng cho các chức năng khác của vệ tinh như chụp ảnh và liên lạc với mặt đất... Khi quay quanh Trái đất, tàu vũ trụ sẽ tăng độ cao nhờ áp lực của bức xạ mặt trời trên cánh buồm. Các tàu vũ trụ CubeSat với kích thước nhỏ gọn, vừa giúp giảm chi phí, vừa linh động trong nghiên cứu, đồng thời phù hợp với nguyên lý sử dụng lực đẩy ánh sáng nhờ buồm sẽ tạo nên cuộc cách mạng vô tiền khoáng hậu trong nghiên cứu không gian ✍

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://www.sciencemag.org/news/2010/12/nasa-solar-sail-vanishes-space>.
- [2] <https://www.nasa.gov/image-feature/nea-scout-cubesat-solar-sail-testing>.
- [3] <https://www.newscientist.com/article/2212128-lightsail-2-has-used-sunlight-alone-to-steer-around-earth>.
- [4] https://www.sciencelalert.com/new-gadget-protecting-heat-shield-is-just-10-atoms-thick?fbclid=IwAR0F_0EhUrremOtcXTC6KQHZNyIaT6W6m_PKt3L27qXTNBXyC3wMzfrYFxo.