

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM TP. HỒ CHÍ MINH

Lê Tấn Phúc

**KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA BỨC XẠ
TƯƠNG TỰ TIA VŨ TRỤ LÊN HỢP CHẤT
HỮU CƠ MÔ PHỎNG MÔI TRƯỜNG LIÊN SAO**

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ

Thành Phố Hồ Chí Minh – 2014

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM TP. HỒ CHÍ MINH

Lê Tấn Phúc

**KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA BỨC XẠ
TƯƠNG TỰ TIA VŨ TRỤ LÊN HỢP CHẤT
HỮU CƠ MÔ PHỎNG MÔI TRƯỜNG LIÊN SAO**

Chuyên ngành: Vật lí nguyên tử

Mã số: 60 44 01 06

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

TS. CAO ANH TUẤN

Thành Phố Hồ Chí Minh – 2014

Lời cảm ơn

Trong quá trình thực hiện công trình này, tôi đã nhận được nhiều giúp đỡ và chỉ dẫn hữu ích cũng như các điều kiện thuận lợi trong công tác và nghiên cứu để hoàn thành công việc. Đầu tiên, tôi xin cảm ơn gia đình đã bên tôi trong những lúc khó khăn, khuyến khích tôi học tập và nghiên cứu; tôi xin gửi lời tri ân đặc biệt đến TS. Cao Anh Tuấn - Khoa Vật Lý, Trường Đại Học Sư Phạm Tp. Hồ Chí Minh - đã hướng dẫn, động viên, tạo mọi điều kiện thuận lợi và cho những lời khuyên hữu ích cho tôi thực hiện luận văn.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến các thầy, cô ở Khoa Vật Lý, Trường Đại Học Sư Phạm Tp. Hồ Chí Minh, đã giảng dạy và truyền thụ kiến thức đại cương về vật lý để tôi có cách tiếp cận và hoàn thành công việc nghiên cứu này tốt hơn.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn đến Ths. Hoàng Đức Tâm - bộ môn vật lý hạt nhân - đã giúp đỡ tôi trong những bước đầu nghiên cứu; và các thầy cô trong Phòng Thí Nghiệm Vô Tuyến Điện, Khoa Vật lý – Trường Đại học Sư phạm Tp. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho tôi về nơi làm việc và thiết bị nghiên cứu.

Cuối cùng, tôi xin gửi lời cảm ơn bạn bè trong khóa K23 và các anh chị khóa trước đã giúp đỡ tôi trong khi thực hiện luận văn.

Tp. HCM, ngày 10 tháng 09 năm 2014

Tác giả

Lê Tấn Phúc

Tóm tắt

Trong môi trường liên sao, nguyên tử, phân tử và những hạt bụi sao bị chiếu xạ bởi các bức xạ như tia cực tím, tia vũ trụ, tia X, tia gamma và chịu tương tác của một số yếu tố khác. Việc nghiên cứu sự tiến hóa của vật chất trong môi trường liên sao rất quan trọng đối với ngành vật lý thiên văn. Những mẫu hợp chất hữu cơ mô phỏng môi trường liên sao (tương tự như PAHs - Hydrocarbon đa vòng thơm) đã được tạo ra trong phòng thí nghiệm và được chiếu xạ bởi các ion tương tự tia vũ trụ. Chúng tôi thấy rằng cấu trúc hóa học của mẫu đã bị phá hủy do chiếu xạ. Các liên kết hydrocarbon bị bẻ gãy và hydro nguyên tử được giải phóng bởi sự bắn phá của chùm ion. Tại một số vị trí, sự phá hủy chiếm ưu thế hơn sự tái tạo vật chất và ngược lại. Do đó, tia vũ trụ ảnh hưởng đến môi trường liên sao thông qua việc va chạm giữa các ion với các liên kết hóa học. Sự thay đổi của độ sâu quang học giúp ích cho việc tìm hiểu về quá trình tiến hóa của vật chất trong ISM.

Abstract

In the interstellar medium (ISM), atoms, molecules and dust grains are irradiated by UV photons, cosmic rays, X-rays and gamma rays, others. The study of the evolution of ISM is an important contribution for astrophysics. Samples of carbonaceous interstellar analogues (similar to PAHs – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) have been produced in the laboratory by the irradiated ion beams, which are similar as the cosmic rays. The analysis of the data shows that the chemical structures of the samples were destroyed by irradiation. Hydrocarbon bonds were broken and hydrogen atoms were released by the ion beams. At some positions, the destruction dominates over the construction, and vice versa. Therefore, the cosmic rays affect the interstellar medium via the collisions of ion and chemical bonds. The variation of optical depth is useful for the study of the evolution of ISM.

Key words: *cosmic rays, recombination model, interstellar medium, PAHs, infrared spectrum, stretching – bending – out-of-plane vibration.*

Lời cam đoan

Tôi xin cam đoan luận văn này là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi dưới sự hướng dẫn khoa học của TS. Cao Anh Tuấn. Tất cả các dữ liệu phổ, số liệu phân tích, đồ thị, hình vẽ và các bảng biểu trình bày trong phần kết quả nghiên cứu của tôi là hoàn toàn trung thực, khách quan và chưa từng được bất cứ cá nhân hay tập thể nào công bố trong những công trình mà tôi không tham gia. Tất cả các kết quả sử dụng lại của các tác giả khác đều được trích dẫn đầy đủ và chi tiết.

TaiLieu.vn

MỤC LỤC

Mở đầu.....	1
Chương 1. Tổng quan về vật chất trong môi trường liên sao (ISM) và sự tương tác của chúng với môi trường	4
1.1 Tổng quan về ISM và vật chất trong ISM	4
1.1.1 Môi trường liên sao (ISM)	4
1.1.2 Vật chất trong môi trường liên sao	6
1.2 Các loại bức xạ trong môi trường liên sao.....	11
1.2.1 Ảnh hưởng của các bức xạ trong ISM đến vật chất trong nó	13
1.2.2 Cơ chế phát xạ hồng ngoại của vật chất hữu cơ.....	14
Chương 2. Các mẫu vật chất hữu cơ dùng trong nghiên cứu và quá trình chiếu xạ mẫu.	17
2.1 Quá trình tạo mẫu	17
2.2 Quá trình chiếu xạ mẫu và thu phổ hồng ngoại	21
2.3 Các thông số chiếu xạ	22
Chương 3. Sự ảnh hưởng của tia bức xạ vũ trụ lên các vật chất mô phỏng môi trường liên sao - kết quả và thảo luận	25
3.1 Quá trình xử lý số liệu	25
3.2 Tiết diện phá hủy và mẫu tái tổ hợp	33
3.3 Hàm lượng hydro và sự tiến hóa của vật chất hữu cơ được chiếu xạ.....	35
Kết luận.....	50
Tài liệu tham khảo	52
Phụ lục	55

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Diễn tả
CNM	Cold Neutral Medium
DNA	Deoxyribonucleic Acid
GC-MS	Gas Chromatographic-Mass Spectrometric
HAC	Hydrogenated Amorphous Carbons
HIM	Hot Ionized Medium
ISM	Interstellar Medium
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PAHs	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
PECVD	Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition
SRIM	The Stopping and Range of Ions in Matter
SZ	Sunyaev–Zel’dovich effect
UV	Ultraviolet
WIM	Warm Neutral Medium
WNM	Warm Ionized Medium

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Diễn tả
A		Độ sâu quang học
E	MeV	Năng lượng
F_I	ions cm ⁻²	Mật độ dòng ion
F_E	MeV mg ⁻¹	Mật độ năng lượng gửi qua mẫu
I	ion	Lượng ion đưa vào
m	mg	Khối lượng mẫu
N		Số tự nhiên bất kỳ
N_0	cặp	Số cặp nguyên tử hydro được tạo ra
N'	phân tử	Số phân tử hydro được tạo ra
N''	nguyên tử	Số nguyên tử hydro mất đi
P_{ph}	%	Xác suất bẻ gãy một liên kết C-H
P_{kh}	%	Xác suất hai nguyên tử H kết hợp thành H ₂
r	Å	Bán kính hình cầu thể tích tái tổ hợp
R_{arom}	%	Tỉ số C-H aromatic/(C-H aromatic + C-H aliphatic)
S	MeV/(mg/cm ²)	Tiết diện hãm
S_e	MeV/(mg/cm ²)	Tiết diện hãm điện tử
S_n	MeV/(mg/cm ²)	Tiết diện hãm hạt nhân
T	K	Nhiệt độ Kelvin
V	Å ³	Thể tích tái tổ hợp
α	độ	Góc giữa chùm ion và mẫu
ρ	H at.cm ⁻³	Hàm lượng hydro trong mẫu
ρ_i	H at.cm ⁻³	Hàm lượng hydro ban đầu

Ký hiệu	Đơn vị	Diễn tả
ρ_f	H at.cm ⁻³	Hàm lượng hydro cuối cùng
σ_d	cm ²	Tiết diện phá hủy
Φ_I	ions cm ⁻² s ⁻¹	Thông lượng dòng ion
Φ_E	MeV mg ⁻¹ s ⁻¹	Thông lượng năng lượng qua mẫu

TaiLieu.vn

DANH SÁCH HÌNH VẼ

Hình	Tên hình	Trang
1.1	Sự phân bố vật chất trong môi trường liên sao	6
1.2	Một số PAHs đơn giản tính theo chiều kim đồng hồ từ phía trên bên trái lần lượt là benz(e)acephenanthrylene, pyrene, và dibenz(ah)anthracene	9
1.3	Các kiểu gắn kết của C-H vào vòng thơm	10
1.4	Tinh vân Red Rectangle chụp từ kính Hubble (nguồn NASA)	11
1.5	Độ phong phú của các nguyên tố trong tia vũ trụ (đường in đậm) so với tia vũ trụ đến từ thiên hà (đường mảnh)[13].	12
1.6	Các chế độ dao động của phân tử [11]	15
2.1	Mô hình thí nghiệm tạo mẫu [18]	19
2.2	Phổ hồng ngoại của mẫu a-C:H 1, a-C:H 2 và bồ hóng [10]	19
2.3	Các vùng dao động của hợp chất hydrocarbon	20
3.1	Phổ hồng ngoại thu được từ thí nghiệm với mẫu bồ hóng được chiếu xạ bằng các chùm ion C^{5+} 50 MeV, Si^{7+} 85 MeV, Ni^{9+} 100 MeV với các thông lượng ion khác nhau, ở Tandem, Pháp vào tháng 3, 2009.	26
3.2	Phổ hồng ngoại vùng 1 của bồ hóng chiếu xạ bởi ion C^{5+} 50 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	27
3.3	Phổ hồng ngoại vùng 1 của bồ hóng chiếu xạ bởi ion Si^{7+} 85 MeV	28

	với những thông lượng ion khác nhau.	
3.4	Phổ hồng ngoại vùng 1 của bề hóng chiếu xạ bởi ion Ni^{9+} 100 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	28
3.5	Phổ hồng ngoại vùng 2 của bề hóng chiếu xạ bởi ion C^{5+} 50 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	30
3.6	Phổ hồng ngoại vùng 2 của bề hóng chiếu xạ bởi ion Si^{7+} 85 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	30
3.7	Phổ hồng ngoại vùng 2 của bề hóng chiếu xạ bởi ion Ni^{9+} 100 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	31
3.8	Phổ hồng ngoại vùng 3 của bề hóng chiếu xạ bởi ion C^{5+} 50 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	31
3.9	Phổ hồng ngoại vùng 3 của bề hóng chiếu xạ bởi ion Si^{7+} 85 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	32
3.10	Phổ hồng ngoại vùng 3 của bề hóng chiếu xạ bởi ion Ni^{9+} 100 MeV với những thông lượng ion khác nhau.	32
3.11	Sự tiến hóa của hàm lượng hydro của mẫu khi được chiếu xạ bởi ion C^{5+} 50 MeV.	36
3.12	Sự tiến hóa của hàm lượng hydro của mẫu khi được chiếu xạ bởi ion Si^{7+} 85 MeV.	37
3.13	Sự tiến hóa của hàm lượng hydro của mẫu khi được chiếu xạ bởi ion Ni^{9+} 100 MeV.	39
3.14	Quan sát sự thay đổi hàm lượng hydro tại các vị trí đỉnh khác nhau trong vùng 1 với các chùm ion khác nhau.	41

3.15	Quan sát sự thay đổi hàm lượng hydro tại các vị trí đỉnh khác nhau trong vùng 2 với các chùm ion khác nhau.	42
3.16	Quan sát sự thay đổi hàm lượng hydro tại các vị trí đỉnh khác nhau trong vùng 3 với các chùm ion khác nhau.	44
3.17	Tổng cường độ các đỉnh trong vùng 1 theo các lượt chiếu xạ khác nhau với thông lượng ion tăng dần tương ứng với ba loại ion C^{5+} , Si^{7+} và Ni^{9+} .	44
3.18	Tổng cường độ các đỉnh trong vùng 2 theo các lượt chiếu xạ khác nhau với thông lượng ion tăng dần tương ứng với ba loại ion C^{5+} , Si^{7+} và Ni^{9+} .	45
3.19	Tổng cường độ các đỉnh trong vùng 3 theo các lượt chiếu xạ khác nhau với thông lượng ion tăng dần tương ứng với ba loại ion C^{5+} , Si^{7+} và Ni^{9+} .	46
3.20	Tổng cường độ các đỉnh trong 3 vùng theo các lượt chiếu xạ khác nhau với thông lượng ion tăng dần tương ứng với ba loại ion C^{5+} , Si^{7+} và Ni^{9+} .	47
3.21	Tổng cường độ các đỉnh trong 3 vùng và tổng cường độ đỉnh của cả ba vùng đối với chiếu xạ từng ion theo các lượt chiếu xạ khác nhau với thông lượng ion tăng dần tương ứng với ba loại ion C^{5+} , Si^{7+} và Ni^{9+} . được thể hiện trên cùng một đồ thị.	48
3.22	Dạng của một buckyball	55

DANH SÁCH BẢNG

Bảng	Tên bảng	Trang
1.1	Thành phần của môi trường liên sao [7]	6
1.2	Các phân tử được tìm thấy trong môi trường liên sao cho đến năm 2003. Danh sách được cập nhật bởi Allan Wootten (http://www.cv.nrao.edu/~awootten) [13]. Một bảng cập nhật đầy đủ và chi tiết hơn cho tới 7/2014 có thể được tìm thấy ở trang web của viện vật lý, đại học Cologne, Đức (http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/molecules).	8
2.1	Các thông số chiếu xạ của mẫu vật chất mô phỏng môi trường liên sao[10]	23
2.2	Các thông số tiết diện hấp ứng với mẫu bề hống được chiếu xạ với các ion khác nhau và năng lượng khác nhau tương ứng.	24
2.3	hông số về mật độ dòng ion F_I và mật độ năng lượng gửi qua F_E tương ứng với các chùm ion chiếu xạ lên mẫu.	24
3.1	Các kiểu biến dạng nén dẫn của liên kết CH trong vùng 1[5]	27
3.2	Các vị trí biến dạng uốn của liên kết CH và biến dạng nén dẫn của liên kết CC trong vùng 2 [5]	29
3.3	Các vị trí biến dạng lệch khỏi mặt phẳng của liên kết CH [5]	29

Mở đầu

Trong quá trình hình thành và tiến hóa của vũ trụ, kể từ những giây phút đầu tiên đến nay, vật chất liên tục được sinh ra từ những đám mây bụi nhỏ cho đến các ngôi sao nóng sáng, hệ hành tinh, thiên hà và đám thiên hà. Vật chất đã trải qua những quá trình biến đổi liên tục; từ những nguyên tố vô cơ nhẹ cho đến những hợp chất hữu cơ có cấu trúc phức tạp. Những quá trình ấy được quan sát trong môi trường bụi khí liên sao (interstellar medium – ISM) - nơi những ngôi sao và hành tinh được sinh ra và bắt đầu vòng đời của chúng cho đến khi kết thúc.

Một công việc quan trọng của ngành vật lý thiên văn là khảo sát sự tiến hóa của các vật chất hữu cơ trong ISM. Trong môi trường liên sao này, các hợp chất hữu cơ tồn tại và chịu tác động của các bức xạ vật lý; trong đó sự ảnh hưởng mạnh mẽ của tia vũ trụ lên các hợp chất hữu cơ đã được khảo sát [1],[6],[10],[18]. Những mẫu chất hữu cơ tương tự với vật chất trong ISM đã được tạo ra trong phòng thí nghiệm ở Orsay, Pháp. Những mẫu được tạo ra là Hydrogenated amorphous carbons (a-CH 1 và a-CH 2) và bồ hóng (carbon soots). Người ta chiếu xạ những mẫu này bằng các chùm ion tương tự như tia vũ trụ, và thu phổ hồng ngoại của chúng. Kết quả phân tích phổ cho ta thấy được sự tiến hóa của các hợp chất hữu cơ trong ISM. Một số công trình trước đây nghiên cứu về ảnh hưởng của tia vũ trụ trong các vùng bước sóng khác nhau, ví dụ như vùng hấp thụ 3.4 μm [10]. Các kết quả cho thấy rằng việc các liên kết hóa học trong phân tử chất hữu cơ bị phá hủy bởi tia vũ trụ xảy ra trong thời gian cỡ 10^8 năm, và tiếp tục kéo dài trong những khoảng thời gian lớn. Tuy nhiên, chỉ có tia vũ trụ không thì không thể giải thích được việc quan sát thấy sự hấp thụ của phổ hồng ngoại trong những vùng mây đặc. Trong vùng mây khuếch tán thì sự hình thành phân tử hydro chiếm ưu thế hơn là sự phá hủy bởi tia cực tím (UV photons); trong vùng này ảnh hưởng của tia vũ trụ là không đáng kể. Như vậy, có nhiều yếu tố tác động lên vật chất trong môi trường liên sao, việc nghiên cứu các yếu tố này và sự tiến hóa của vật

chất liên sao trong suốt quá trình bị ảnh hưởng của bức xạ đặc biệt là tia vũ trụ giúp giải quyết các câu hỏi còn bỏ ngỏ hiện nay; cụ thể là những vấn đề về sự tiến hóa của vật chất và nguồn gốc của sự sống.

Được sự định hướng của thầy hướng dẫn - TS. Cao Anh Tuấn - và sự hứng thú đến từ bản thân cùng với những kết quả khả quan trong lĩnh vực này của những người đi trước; tôi chọn đề tài: “ Ảnh hưởng của bức xạ tương tự tia vũ trụ lên hợp chất hữu cơ mô phỏng môi trường liên sao”. Trong khuôn khổ nghiên cứu này tôi muốn khảo sát các vùng rộng hơn từ 4000 cm^{-1} đến 500 cm^{-1} (tương ứng với bước sóng từ $2,5\text{ }\mu\text{m}$ đến $20\text{ }\mu\text{m}$) của phổ hấp thụ hồng ngoại. Qua đó có thể quan sát các vùng hấp thụ do sự phá vỡ liên kết phân tử khi chiếu xạ bằng chùm ion và tái tổ hợp lại [10],[14]. Đề tài sẽ phân tích phổ hồng ngoại của các mẫu sau khi bị chiếu xạ và mong muốn thu được tỉ lệ hàm lượng hydro trong mẫu và sự thay đổi của tỉ lệ này trong suốt quá trình chiếu xạ để tìm hiểu sự tiến hóa của các vật chất trong ISM và những ảnh hưởng của môi trường xung quanh đến sự tiến hóa này.

Trong công trình này tôi sẽ thực hiện những mục tiêu nghiên cứu cụ thể về khảo sát sự ảnh hưởng của bức xạ tương tự tia vũ trụ lên hợp chất hữu cơ mô phỏng môi trường liên sao được tạo ra trong phòng thí nghiệm. Từ đó, tìm hiểu quá trình tiến hóa của vật chất trong môi trường liên sao. Công việc cụ thể như sau:

- Khảo sát phổ của mẫu được chiếu xạ bởi nhiều chùm ion của nhiều nguyên tố và có năng lượng và thông lượng khác nhau để khám phá các dải rộng của tiết diện hãm điện tử (electronic stopping cross sections).

- Tính toán các thông số tỉ số hàm lượng hydro trong mẫu trong từng lượt chiếu xạ so với ban đầu và nồng độ hydro tồn dư (residual hydrogen content) ở cường độ dòng cao. Cùng cố thêm cho mẫu tái tổ hợp (recombination model) dùng để giải thích sự mất hydro trong phân tử và tái tổ hợp từ hai hydro được giải phóng do chiếu xạ một lượng lớn ion lên vật liệu.

- Quan sát lượng hidro tồn dư sau khi chiếu những liều ban đầu và xem xét sự thay đổi theo từng vùng để kết luận về sự thay đổi hóa học của hợp chất hữu cơ theo hướng phức tạp hóa cấu trúc.

- Sử dụng kết quả phân tích phổ chiếu xạ để tìm hiểu quá trình tiến hóa của vật chất liên sao trong các đám mây đặc và đám mây khuếch tán.

Trong quá trình nghiên cứu tôi sử dụng phổ hồng ngoại trong khoảng 4000 cm^{-1} đến 500 cm^{-1} của các mẫu vật chất tương tự vật chất trong ISM được chiếu xạ bằng các chùm ion C^{5+} 50 MeV, Si^{7+} 85 MeV, Ni^{9+} 100 MeV. Sử dụng phần mềm Origin (Origin Lab) để phân tích và xử lý số liệu từ phổ hấp thụ hồng ngoại của mẫu chiếu xạ. Với những mục tiêu trên, luận văn này gồm 3 chương.

Chương I: Tổng quan về vật chất trong môi trường liên sao (ISM) và sự tương tác của chúng với môi trường.

Chương 1 trình bày các khái niệm về môi trường liên sao, vật chất trong môi trường liên sao. Sự tương tác giữa vật chất trong môi trường liên sao với môi trường xung quanh, cụ thể là các tia vũ trụ và các bức xạ khác như tia cực tím, tia X.

Chương II: Các mẫu vật chất hữu cơ dùng trong nghiên cứu và quá trình thu phổ khi chiếu xạ với các chùm ion.

Chương 2 giới thiệu về các mẫu vật chất tương tự với vật chất trong ISM và cách tạo mẫu trong phòng thí nghiệm. Quá trình chiếu xạ với các chùm ion tương tự tia vũ trụ. Thu phổ hồng ngoại của các mẫu được chiếu xạ và phân loại phổ. Trình bày các thông số chiếu xạ.

Chương III: Sự ảnh hưởng của tia bức xạ vũ trụ lên các vật chất mô phỏng môi trường liên sao.

Chương 3 trình bày cách tính toán lý thuyết tiết diện phá hủy (destruction cross section), mẫu tái tổ hợp (recombination model), nồng độ hidro tồn dư (residual hydrogen content) và các tham số liên quan được trích xuất từ việc phân tích phổ hấp thụ hồng ngoại của mẫu. Qua đó tìm hiểu được sự tiến hóa của các vật chất sau chiếu xạ và kết luận cho những hợp chất hữu cơ ngoài vụ trụ.

Chương 1. Tổng quan về vật chất trong môi trường liên sao (ISM) và sự tương tác của chúng với môi trường

Môi trường liên sao tồn tại trong các khoảng không bao la ngoài vũ trụ bao quanh các sao, chòm sao hoặc thiên hà. Trong môi trường này chứa nhiều vật chất cả vô cơ lẫn hữu cơ. Các vật chất trong ISM hấp thụ và bức xạ năng lượng. Các tia bức xạ đến từ nhiều nguồn khác nhau trong vũ trụ tương tác mạnh mẽ với vật chất trong ISM và làm chúng thay đổi về tính chất vật lý và hóa học; tạo nên một sự phát triển bền bỉ lâu dài và ngày càng phong phú hơn về mọi mặt. Trong công trình này, việc nghiên cứu các vật chất trong môi trường liên sao tập trung vào các chất hữu cơ và việc tương tác của chúng với bức xạ môi trường đặc biệt là tia vũ trụ.

1.1 Tổng quan về ISM và vật chất trong ISM

1.1.1 Môi trường liên sao (ISM)

Môi trường liên sao là môi trường tồn tại các vật chất giữa khoảng không của một hệ sao trong thiên hà. Các vật chất trong môi trường này chứa các khí dưới dạng ion hoặc trung hòa, các nguyên tử, phân tử vật chất và tia vũ trụ. Môi trường liên sao choáng đầy khoảng không giữa các vì sao, và chúng tập hợp quanh những thiên hà, trong vũ trụ. Trong môi trường liên sao, năng lượng được thể hiện dưới dạng bức xạ điện từ và động năng của các hạt.

Trong môi trường liên sao cũng có sự phân tách làm các vùng có tính chất khác nhau, dựa trên các tiêu chí như các loại nguyên tử, phân tử, ion, mật độ và nhiệt độ của đám mây vật chất. Những vùng này được gọi là những pha khác nhau của môi trường liên sao.

Giữa các pha này có một sự cân bằng về áp suất và nhiệt độ, thường được quyết định bởi từ trường và các dòng chảy hỗn loạn của đám mây vật chất. Trong một môi trường như vậy, mật độ vật chất rất loãng.

Dựa trên tiêu chí mật độ, môi trường liên sao được chia làm hai vùng:

- + Vùng đám mây đặc.
- + Vùng đám mây khuếch tán.

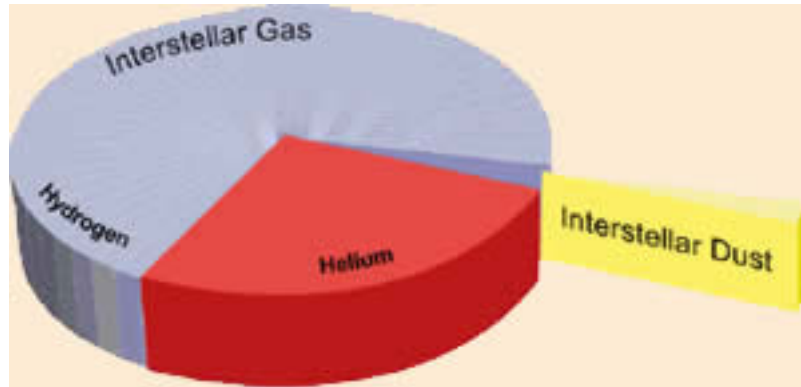
Trong khu vực mây đặc, nhiệt độ thấp hơn, có khoảng 10^6 phân tử vật chất trong 1 cm^{-3} . Vùng này là vùng mà các ngôi sao sẽ hình thành nếu xuất hiện một thăng giáng hấp dẫn ngẫu nhiên. Trong vùng này hydro ở trạng thái trung hòa; có thể nói rằng đây là khu vực đặc và lạnh của ISM với nhiệt độ $T < 300 \text{ K}$.

Trong vùng mây khuếch tán, nhiệt độ cao hơn, trong vùng này quá trình ion hóa chiếm ưu thế; mật độ vật chất thấp - khoảng 10^{-4} phân tử vật chất trong 1 cm^{-3} - và nhiệt độ cỡ $T \sim 10^4 \text{ K}$. Chúng ta có thể thêm vào một vùng nữa gọi là vùng nhiệt động; vùng này có nhiệt độ cỡ $T \sim 10^6 \text{ K}$ do bị ảnh hưởng mạnh mẽ từ bức xạ các sao, đôi khi là một vụ nổ siêu tân tinh.

Người ta cũng có thể chia môi trường liên sao thành hai khu vực: HI và HII dựa theo tiêu chí môi trường trung hòa và môi trường ion hóa. Khu vực HI được gọi là vùng nguyên tử khí trung hòa liên sao (The Neutral Interstellar Gas). Môi trường này chiếm phần lớn khối lượng của ISM. Việc mô tả môi trường này dựa trên sự quan sát của: vạch phát xạ 21 cm của hydro để tìm hiểu nhiệt độ của môi trường; cấu trúc tinh tế trong phổ hồng ngoại xa và phổ vạch hấp thụ của ISM để xác định thành phần hóa học và các thông số vật lý [13]. Vùng HII gọi là khí ion hóa liên sao (The Ionized Interstellar Gas). Trong vùng này, khí liên sao bị ion hóa do nhiều tác nhân như các tia cực tím xa đến từ các ngôi sao nóng sáng hoặc ion hóa do tia X và tia vũ trụ gây ra hoặc ion hóa do va chạm trong những cú sốc (shock). Khu vực đám mây ion hóa khuếch tán cũng được xem như nằm trong vùng này; ngoài ra còn có các đám mây nóng liên sao (hot interstellar medium) được cho là nằm gần các ngôi sao hoạt động mãnh liệt hoặc tàn dư của các vụ nổ siêu tân tinh [13].

Trong môi trường liên sao, 99 phần trăm khối lượng là khí và 1 phần trăm khối lượng là bụi, chủ yếu là các hạt silicate và graphite có kích thước gần bằng $0,1$

μm [19]. Trong vùng mây khí có khoảng 89 phần trăm là hydro, 9 phần trăm là heli và khoảng 2 phần trăm là các nguyên tố nặng hơn [7],[13]. Vùng này gần các ngôi sao trẻ, quá trình ion hóa chiếm ưu thế do một lượng lớn các tia cực tím đến từ ngôi sao trẻ mới hình thành. Các electron tái tổ hợp với các ion hydro và phát ra các bức xạ khả kiến. Các ngôi sao sinh ra và chết đi trong ISM ảnh hưởng tích cực đến sự tiến hóa của các phân tử bằng những tương tác vật lý trong một thang đo thời gian lớn.



Hình 1.1. Mô hình sự phân bố vật chất trong môi trường liên sao.

Bảng 1.1. Thành phần của môi trường liên sao.

Thành phần	Thể tích so với ISM	Chiều cao (pc)	Nhiệt độ (K)	Mật độ (atoms/cm ³)	Trạng thái của hydro	Kỹ thuật quan sát chính
Đám mây phân tử	< 1%	80	10-20	10^2 - 10^6	Phân tử	Phổ vạch hấp thụ và phát xạ vô tuyến và hồng ngoại của phân tử Vạch hấp thụ HI 21 cm
Môi trường lạnh trung hòa (CNM)	1-5%	100-300	50-100	20-50	Nguyên tử trung hòa	Vạch phát xạ HI 21 cm
Môi trường ấm trung hòa (WNM)	10-20%	300-400	6000-10000	0.2-0.5	Nguyên tử trung hòa	Vạch phát xạ HI 21 cm
Môi trường ấm ion hóa (WIM)	20-50%	1000	8000	0.2-0.5	Ion hóa	Vạch phát xạ H α và tán xạ pulsar
Vùng H II	< 1%	70	8000	10^2 - 10^4	Ion hóa	Vạch phát xạ H α và tán xạ pulsar
Môi trường khí hào quang ion hóa nóng (HIM)	30-70%	1000-3000	10^6 - 10^7	10^{-4} - 10^{-2}	Ion hóa (gồm cả kim loại nặng bị ion hóa)	Phát tia X; Vạch hấp thụ của kim loại nặng bị ion hóa, chủ yếu là tia cực tím

1.1.2 Vật chất trong môi trường liên sao

Trong môi trường liên sao vật chất tồn tại đa phần ở dạng khí và một phần là bụi. Các vật chất trong ISM bao gồm cả hữu cơ và vô cơ. Những chất này được phát hiện bằng phương pháp quang phổ. Khi chuyển đổi trạng thái của điện tử hoặc chuyển đổi các chuyển động quay và dao động, chúng sẽ phát ra các bức xạ đa phần là ở thang đo hồng ngoại và vô tuyến. Trong thế kỷ trước, ngoài phát hiện các chất vô cơ trong

môi trường liên sao, lần đầu tiên người ta đã nhận thấy sự xuất hiện của các nguyên tử carbon và chúng có gắn kết với hydro tạo thành những chất hữu cơ từ đơn giản đến phức tạp. Sự phát hiện ra hợp chất hữu cơ loại Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) ở tinh vân Red Rectangle vào năm 2004 [17], đánh dấu một bước tiến quan trọng trong việc tìm hiểu sự tiến hóa của vật chất trong vũ trụ.

1.1.2.1 Một số hợp chất hữu cơ được tìm thấy ngoài vũ trụ

Trước đây, chúng ta chỉ biết đến một số ít các hợp chất hữu cơ ngoài vũ trụ. Cụ thể là trước những năm 1965 chỉ có ba loại được biết là tồn tại trong môi trường liên sao gồm: CH, CH⁺ và CN [13]. Chúng được phát hiện dựa vào quang phổ vạch hấp thụ thu được từ những ngôi sao và môi trường khuếch tán xung quanh ngôi sao đó. Sự ra đời của kính thiên văn vô tuyến giúp ích đáng kể cho việc khám phá các phân tử trong môi trường liên sao, điều này như một cuộc chạy đua từ năm 1965. Trong năm đó, dựa vào sự thu nhận các vạch phổ phát xạ người ta phát hiện thêm OH, NH₃ và H₂O [17]. Ngày nay, hàng trăm phân tử được tìm ra trong môi trường liên sao, vỏ của các ngôi sao lạnh hoặc sao chổi.

Bảng 1.2. *Các phân tử được tìm thấy trong môi trường liên sao cho đến năm 2003. Danh sách được cập nhật bởi Allan Wootten (<http://www.cv.nrao.edu/~awootten>))[13]. Một bảng cập nhật đầy đủ và chi tiết hơn cho tới 7/2014 có thể được tìm thấy ở trang web của viện vật lý, đại học Cologne, Đức (<http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/molecules>).*