GIÁO TRÌNH
VẬT LÝ THIÊN VĂN

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

NGUYỄN ĐÌNH NOÃN *(Chủ biên)*
NGUYỄN ĐÌNH HUÂN – PHAN VĂN ĐỒNG – NGUYỄN QUỲNH LAN

GIÁO TRÌNH
VẬT LÝ THIÊN VĂN

(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

LỜI NÓI ĐẦU

Môn Thiên văn được giảng dạy ở các trường Đại học Sư phạm. Cuốn "Giáo trình thiên văn" của tác giả Phạm Viết Trinh và Nguyễn Đình Noãn đã được Hội đồng thẩm định sách của Bộ Giáo dục và Đào tạo giới thiệu làm sách dùng chung cho các trường Đại học Sư phạm. Tuy nhiên, sách được biên soạn vào thập kỷ 70 của thế kỷ trước nên nhiều nội dung chưa được cập nhật với những thành tựu mới của Thiên văn học nhất là Thiên văn vật lý. Hơn nữa, theo chương trình mới, môn Thiên văn còn được đưa vào chương trình Cao đẳng Sư phạm và một số tiết trong chương trình trung học phổ thông như các định luật Kepler về chuyển động của các hành tinh, cấu tạo và chuyển động của Hệ Mặt Trời, các sao và sự tiến hoá của các sao, Ngân hà và các Thiên hà, thuyết Big Bang... Vì vậy, Nhà xuất bản Giáo dục tổ chức biên soạn cuốn giáo trình Vật lý thiên văn mới này.

Trong quá trình biên soạn các tác giả đã cố gắng cập nhật các thành tựu và số liệu mới về Vật lý thiên văn cuối thế kỷ XX và đầu thế kỷ XXI, đồng thời bám sát yêu cầu đổi mới việc học tập và giảng dạy ở trường Sư phạm. Trong quá trình biên soạn không thể tránh khỏi thiếu sót. Kính mong đồng nghiệp và độc giả góp ý kiến. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Công ty Cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

Xin chân thành cảm ơn.

CÁC TÁC GIẢ

PHẦN MỞ ĐẦU

I– ĐỐI TƯỢNG VÀ NỘI DUNG

Thiên văn học là một ngành khoa học ra đời sớm nhất trong lịch sử nhân loại, cách đây khoảng hơn 4 ngàn năm. Do nhu cầu dự báo nước lũ sông Nin, các tu sĩ Ai Cập qua quan sát bầu trời đã thấy rằng, mỗi khi sao Thiên Lang xuất hiện buổi sáng thì chỉ vài tháng sau là có lũ lớn... Do đó, Các Mác đã chỉ ra rằng: "Sự cần thiết phải tính chu kỳ nước sông Nin lên xuống mà ngành thiên văn đã ra đời và các tu sĩ Ai Cập đã trở thành những người chỉ đạo canh tác". Ở Á Đông, cách đây trên 4500 năm, người ta đã quan sát thiên văn để đặt ra âm lịch có chu kỳ 60 năm. Hiện nay, lịch này vẫn được dùng và đang ở chu kỳ thứ 77...

Thiên văn học sử dụng công cụ Toán học và các thành tựu của các ngành khoa học tự nhiên, đặc biệt là vật lý học để nghiên cứu sự chuyển động, bản chất vật lý, thành phần hoá học, quá trình phát sinh, phát triển của các thiên thể và các hệ thiên thể như Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh (kể cả Trái Đất), các vệ tinh, các sao, các thiên hà và vũ trụ nói chung.

II– PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trước khi Galileo dùng kính thiên văn (1609), các nhà thiên văn chỉ quan sát bằng mắt để mô tả và đo cung dịch chuyển của các thiên thể trên bầu trời nhằm nghiên cứu sự chuyển động của chúng. Trong các thế kỷ XVII, XVIII và XIX, nhờ sự phát triển của Vật lý học, các phương pháp quan trắc đã đo được năng lượng bức xạ của các thiên thể, nhờ phương pháp quang phổ mà biết được cấu tạo hoá học và nhiệt độ của các thiên thể. Năm 1868 người ta phát hiện các vạch quang phổ của một nguyên tố quan trọng trong quang phổ Mặt Trời mà chưa hề thấy nguyên tố này trên Trái Đất. Đó là hêli (theo tiếng latinh, helio là Mặt Trời), và mãi đến năm 1897 mới tìm thấy hêli trên Trái Đất.

Nhờ định luật vạn vật hấp dẫn của I. Newton và toán học, ngành cơ học thiên thể đã phát triển và đã thu được các thành tựu kỳ diệu như tìm ra Hải Vương tinh. Vị trí của Hải Vương tinh được xác định

bằng tính toán lý thuyết, đó là một hành tinh không thể quan sát bằng mắt thường mà chỉ nhìn thấy nó qua kính thiên văn.

Vào giữa thế kỷ XX, kính thiên văn vô tuyến ra đời, cho phép ta quan sát các thiên thể mà không phụ thuộc vào thời tiết. Trong các thập kỷ cuối của thế kỷ XX, các trạm vũ trụ bay quanh Trái Đất có người điều khiển, kính thiên văn vũ trụ Hubble đã phát hiện được nhiều đối tượng thiên văn ở rất xa và rất nhỏ mà ở trên Trái Đất không thể quan sát được. Việc cho người đổ bộ lên Mặt Trăng, phóng các trạm tự động lên các hành tinh... đã làm cho ngành khoa học thiên văn có thêm khả năng nghiên cứu mới có tính chất thực nghiệm.

III– Ý NGHĨA VÀ VAI TRÒ CỦA THIÊN VĂN HỌC

Ở nước ta cũng như các nền văn minh cổ đại trên thế giới, thiên văn học đã ra đời rất sớm. Trên trống đồng Ngọc Lũ đã có các hình tượng thiên văn.

Thiên văn đo lường nghiên cứu các phương pháp xác định phương hướng, xác định thời gian và các toạ độ địa lý để xây dựng mạng lưới trắc địa nhà nước và lập bản đồ phục vụ cho nhiều ngành kinh tế và quốc phòng.

Trước những năm 60 của thế kỷ XX, việc xác định thời gian chính xác để có các chuẩn tần số chính xác cũng cần đến các phép đo thiên văn. Cơ sở của hệ thống tính thời gian dài và việc làm lịch hàng năm cũng dựa vào chu kỳ được nghiên cứu trong thiên văn học. Việc dự báo con nước thuỷ triều, xác định gia tốc trọng trường ở các điểm khác nhau trên mặt đất phục vụ cho việc nghiên cứu cấu tạo bên trong lòng đất để thăm dò khoáng sản, dầu khí... đều cần đến tri thức thiên văn. Thiên văn hàng hải, thiên văn hàng không phục vụ cho việc đi lại trên biển và trên bầu trời. Việc sử dụng các thiên thể nhân tạo (vệ tinh nhân tạo, tàu vũ trụ, trạm tự động...) phục vụ cho kinh tế và quốc phòng, đều phải sử dụng các tư liệu nghiên cứu thiên văn.

Thiên văn vật lý giúp con người hiểu biết các dạng tồn tại của vật chất trong vũ trụ. Có những trạng thái vật chất trong vũ trụ mà không thể thực hiện được trong phòng thí nghiệm trên mặt đất. Các kết quả nghiên cứu thiên văn vật lý thúc đẩy các ngành khoa học khác phát triển như cơ học, vật lý, hoá học, sinh học... Việc nghiên cứu phản ứng hạt nhân trong lòng Mặt Trời và các sao, việc nghiên

cứu sự tiến hoá của các sao đã gợi mở nhiều vấn đề của vật lý hạt nhân và hạt cơ bản...

Các kiến thức và kết quả nghiên cứu Thiên văn còn có ý nghĩa to lớn trong việc xây dựng thế giới quan duy vật biện chứng, phê phán các quan niệm duy tâm thần bí và loại trừ mê tín dị đoan. Đặc biệt ngày nay, khi khoa học công nghệ vũ trụ phát triển, thiên văn học càng có vai trò quan trọng. Chính vì có tác dụng nhiều mặt đến cuộc sống nên tuy ra đời sớm nhưng thiên văn học ngày nay vẫn là một mũi nhọn của khoa học hiện đại. Ông cha ta cũng sớm nhận thức: thiên địa tinh thông. Các triều đại phong kiến Việt Nam đều có cơ quan khảo cứu thiên văn và lịch pháp: Đời Lý có Lầu Chính dương để xem giờ, đời Trần có Thái Sử cục, đời Lê có Thái Sử viện, đời Lê Trung Hưng có Tư Thiên giám, đời Nguyễn có Khâm Thiên giám.

Trước cách mạng tháng 8 năm 1945, nước ta có đài thiên văn Phủ Liễn (Kiến An, Hải Phòng). Sau cách mạng tháng 8, do tinh giản chương trình nên ở các trường trung học môn thiên văn không được giảng dạy một cách liên tục và rộng khắp. Ngày 22 tháng 4 năm 1993, Hội Thiên văn Vũ trụ Việt Nam được thành lập, với sự giúp đỡ của Hội Thiên văn Quốc tế, các trường đại học và các tổ chức Thiên văn trên thế giới, việc giảng dạy Thiên văn được phát triển. Các trường đại học sư phạm đều có cán bộ giảng dạy thiên văn. Nhiều trang thiết bị thiên văn được lắp đặt: kính thiên văn, nhà chiếu hình vũ trụ, các thiết bị nghe nhìn phục vụ cho công tác giảng dạy và học tập thiên văn. Chương trình thiên văn cũng được đưa vào các trường cao đẳng sư phạm. Trong chương trình vật lý ở trường trung học phổ thông cũng có một số tiết về vật lý thiên văn.

Ngày 19/04/2008 nước ta đã phóng vệ tinh nhân tạo VINASAT–1. Hy vọng rằng, thiên văn học sẽ có vị trí xứng đáng để phát huy tác dụng trong công cuộc công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước, để cho Việt Nam có thể hoà nhập với trình độ phát triển về khoa học của các nước trong khu vực và trên thế giới.

PHẦN THỨ NHẤT

HỆ MẶT TRỜI

Chương I

ĐỘNG LỰC HỌC HỆ MẶT TRỜI

I– HỆ MẶT TRỜI TRONG VŨ TRỤ

Trong vũ trụ, Mặt Trời chỉ là một ngôi sao phát sáng cỡ trung bình, các sao khác có khối lượng cỡ từ 0,01 đến 100 lần khối lượng Mặt Trời. Mặt Trời là một trong số các sao tạo nên thiên hà của chúng ta. Quanh Mặt Trời có các hành tinh và quanh các hành tinh có các vệ tinh chuyển động. Hành tinh, vệ tinh là những thiên thể không tự phát sáng. Trái Đất là một hành tinh của Mặt Trời. Mặt Trăng là một vệ tinh của Trái Đất.

Cách đây hơn 2000 năm, các nhà Thiên văn đã cho rằng Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh tạo nên một hệ riêng, gọi là Hệ Mặt Trời và đã rút ra các đặc điểm chuyển động nhìn thấy của chúng như sau:

– Mặt Trời, Mặt Trăng dịch chuyển đối với các sao theo chiều từ tây sang đông (chiều thuận).

– Các hành tinh cũng chuyển động theo chiều thuận, nhưng cũng có khi chuyển động ngược lại, quỹ đạo của nó trên bầu trời là một đường nút.

– Thuỷ tinh và Kim tinh chỉ dao động quanh Mặt Trời với biên độ cực đại tương ứng 28° và 48°.

– Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh chuyển dịch gần như trong cùng một mặt phẳng.

***Hình I.1.** Quỹ đạo đường nút của hành tinh*

II– CÁC MÔ HÌNH VỀ HỆ MẶT TRỜI

1. Thiên văn thời cổ đại – Mô hình địa tâm

Vào khoảng thế kỷ thứ II, các nhà Thiên văn mới chỉ quan sát được 5 hành tinh: Thuỷ tinh (Mercury), Kim tinh (Vernus), Hoả tinh (Mars), Mộc tinh (Jupiter) và Thổ tinh (Saturn). Năm 125 (sau CN), C. Ptolemy,

nhà Thiên văn người Hy Lạp đã đưa ra phác thảo một mô hình vũ trụ địa tâm trên cơ sở các quan sát thiên văn thời bấy giờ như sau:

– Trái Đất là trung tâm của vũ trụ.

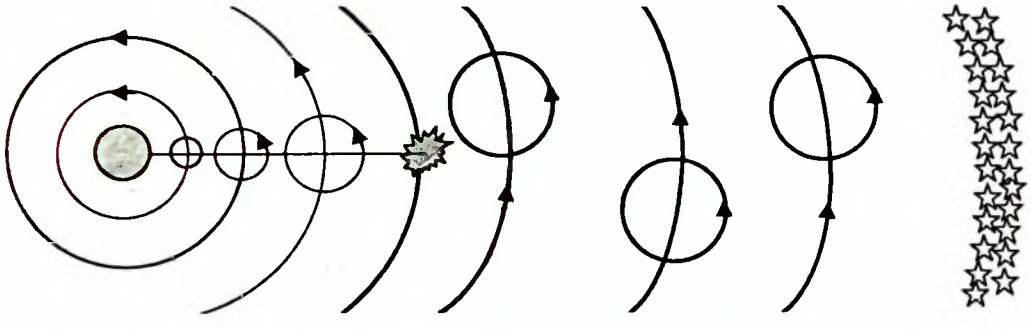
– Vũ trụ bị giới hạn bởi một mặt cầu chứa các ngôi sao cố định.

– Mặt Trời, Mặt Trăng chuyển động trên các quỹ đạo tròn với vận tốc không đổi, nhưng với chu kỳ lớn hơn chu kỳ nhật động.

– Các hành tinh chuyển động với tốc độ không đổi trên những vòng tròn nhỏ (vòng ngoại luân). Tâm của vòng ngoại luân chuyển động trên các quỹ đạo tròn (vòng chính đạo) xung quanh Trái Đất.

– Tâm vòng ngoại luân của các hành tinh trong (Kim tinh và Thuỷ tinh) nằm trên đường nối tâm Mặt Trời và Trái Đất.

– Các thiên thể quay xung quanh Trái Đất, theo thứ tự xa dần Trái Đất là: Mặt Trăng, Thuỷ tinh, Kim tinh, Mặt Trời, Hoả tinh, Mộc tinh và Thổ tinh.



Hình I.2. Mô hình địa tâm Ptolemy

Từ trong ra ngoài: Trái Đất, Mặt Trăng, Thuỷ tinh, Kim tinh, Mặt Trời, Hoả tinh, Mộc tinh, Thổ tinh và ngoài cùng là mặt cầu chứa các sao.

Hình I.3. Ptolemy

Mô hình địa tâm Ptolemy đã giải thích được các quan sát thiên văn với độ chính xác thời bấy giờ. Khi độ chính xác trong các phương pháp và phương tiện quan trắc thiên văn tăng lên thì Mô hình địa tâm càng bổ sung, càng phức tạp và không thể giải thích nổi, và tình trạng bế tắc đó phải kéo dài trong vòng hơn 1.300 năm. Thiên văn học lúc đó hầu như dẫm chân tại chỗ cho đến thế kỷ XVI.

2. Thiên văn thời trung cổ – Mô hình nhật tâm

Quan sát và phân tích số liệu quan trắc về chuyển động của các thiên thể, năm 1543, vào năm cuối cùng của cuộc đời ông, Nicholas Copernicus (1473 – 1543), nhà thiên văn học người Ba Lan đã đưa ra mô hình nhật tâm như sau:

– Mặt Trời nằm yên ở trung tâm vũ trụ.

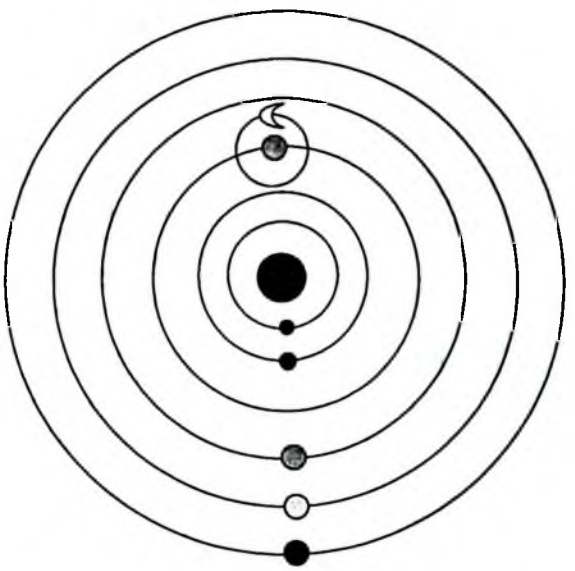
– Các hành tinh chuyển động xung quanh Mặt Trời trên các quỹ đạo tròn và cùng chiều.

– Trái Đất quay xung quanh trục của nó trong khi chuyển động quanh Mặt Trời.

– Mặt Trăng chuyển động trên một quỹ đạo tròn quanh Trái Đất.

– Các hành tinh, kể theo thứ tự tăng dần từ Mặt Trời là: Thuỷ tinh, Kim tinh, Trái Đất, Hoả tinh, Mộc tinh và Thổ tinh.

– Các sao ở rất xa và cố định trên thiên cầu.



Hình I.4. *Mô hình nhật tâm: ở giữa là Mặt Trời, các hành tinh vòng ngoài: Thuỷ tinh, Kim tinh, Trái Đất có Mặt Trăng quay xung quanh, Hoả tinh, Mộc tinh và Thổ tinh.*

Mô hình nhật tâm đã giải thích được chuyển động nhìn thấy của các thiên thể, tính toán chu kỳ chuyển động của các hành tinh và khoảng cách của chúng đến Mặt Trời. Mô hình nhật tâm đã mở đường cho sự tiến triển của khoa học nhưng lại bị các giáo lý của nhà thờ chống đối vì nó đối lập với các tiên đề của kinh thánh. Các nhà khoa học J. Bruno, Kepler, Galileo đã ủng hộ quan điểm đúng đắn của mô hình nhật tâm Copernicus.

Cuối thế kỷ XVI, nhà triết học chân chính Bruno (Italia) cho rằng trong vũ trụ, mỗi sao là một Mặt Trời, xung quanh các sao cũng có các hành tinh và trong Vũ trụ có thể có sự sống ở các thiên thể khác. Bruno đã bị kết án tội phản nghịch và đã bị giai cấp thống trị thiêu sống vào năm 1600 tại Rôma.

Hình I.5. *Nicholas Copernicus (1473 – 1543)*

Không lâu sau khi Copernicus qua đời, T. Brahe (1546 – 1601), nhà Thiên văn người Đan Mạch đã thực hiện một loạt các quan sát về Hoả tinh và các hành tinh khác trong vòng 20 năm. Năm 1597, ông chuyển đến làm việc tại Praha trong 2 năm cuối của cuộc đời ông và đã làm việc cùng người trợ lý đắc lực, người học trò tài ba J. Kepler.

III– QUY LUẬT CHUYỂN ĐỘNG CỦA CÁC HÀNH TINH TRONG HỆ MẶT TRỜI

1. Nguồn gốc của Thiên văn hiện đại – Các định luật Kepler

Dựa trên các số liệu quan trắc của T. Brahe và các số liệu của chính mình, J. Kepler (1571 – 1630), nhà Toán học người Đức đã phát minh ra 3 định luật nổi tiếng về chuyển động của các hành tinh:

– ***Định luật 1, (1609).*** Các hành tinh chuyển động trên trên một quỹ đạo elip, Mặt Trời là một tiêu điểm.

– ***Định luật 2, (1609).*** Bán kính vectơ của mỗi hành tinh quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian bất kỳ như nhau.

Hình I.6. *Kepler (1571–1630)*