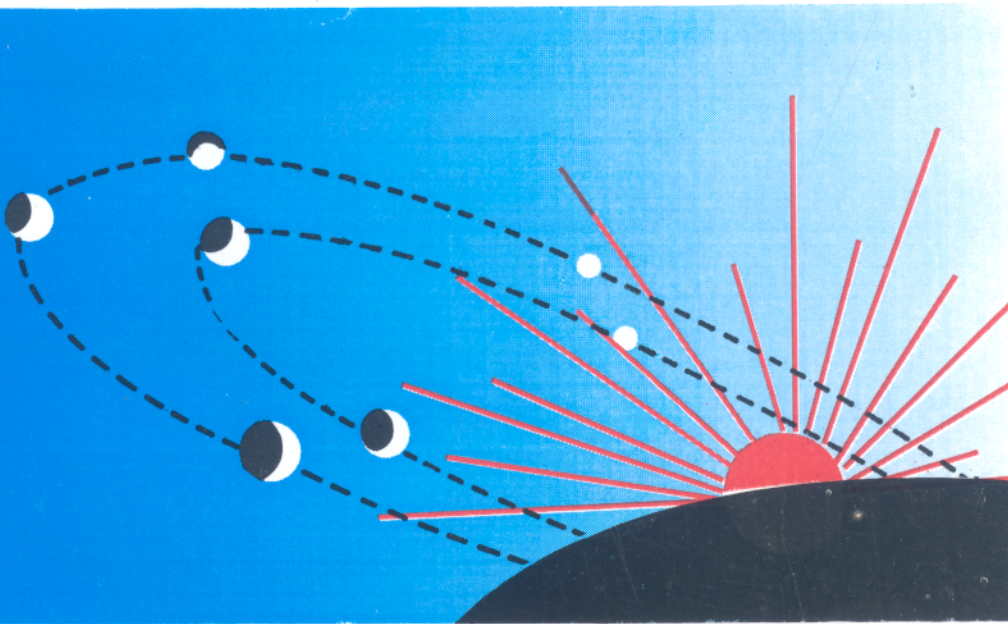


GIÁO TRÌNH THIÊN VĂN



PHẠM VIẾT TRINH - NGUYỄN ĐÌNH NOÃN

GIÁO TRÌNH THIÊN VĂN

(Đã được Hội đồng Thẩm định sách của Bộ Giáo dục
(nay là Bộ Giáo dục và Đào tạo) giới thiệu làm sách dùng chung
cho các trường Đại học Sư phạm)

(Tái bản lần thứ bảy)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

"Trái Đất là cái nôi trí tuệ, nhưng không vì thế mà con người cứ phải ở mãi trong nôi. Việc bước ra khỏi nôi cần được thực hiện sớm, không phải vì cái nôi này quá chật, mà trước hết vì sức mạnh kiến thức con người thu nhận được ở bên ngoài nôi, từ trong vũ trụ sẽ làm cho con người sáng suốt hơn, hạnh phúc hơn..."

XIÓNCÔPXXKI

Chịu trách nhiệm xuất bản :

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Biên tập nội dung :

PHẠM HỒNG TUẤT
NGUYỄN NGUYỆT TRUNG THU

Biên tập tái bản :

PHẠM QUANG TRÚC

Biên tập kỹ thuật :

TRẦN THU NGÀ

Sửa bản in :

TRẦN THỊ OANH

Chế bản :

PHÒNG CHẾ BẢN (NXB GIÁO DỤC)

LỜI NÓI ĐẦU

Hết ngày lại đêm, ban ngày có Mặt Trời, ban đêm có Trăng, Sao... Những hiện tượng muôn hình muôn vẻ trong bầu trời đã kích thích óc tò mò và trí tưởng tượng của nhiều người.

- Vũ trụ cấu tạo như thế nào ?
- Quy luật vận động và bản chất của các thiên thể ra sao ?
- Có mối liên hệ gì giữa bầu trời và Trái Đất ?

Đó là những nội dung nghiên cứu cơ bản của Thiên văn học.

Cũng như các khoa học khác, Thiên văn học ra đời từ nhu cầu của đời sống. Điều đáng chú ý là Thiên văn học ra đời sớm vào bậc nhất ở các dân tộc có nền văn hóa sớm phát triển như Hi Lạp, Ai Cập, Babilon, Trung Quốc,... hàng ngàn năm trước đây và hiện nay nó cũng là một mũi nhọn của khoa học hiện đại.

Giáo trình này được biên soạn theo chương trình Thiên văn học dành cho các Trường Đại học Sư phạm do Bộ Giáo dục và Đào tạo quy định. Với nội dung chương trình ấy, chúng tôi cố gắng xây dựng cuốn sách theo ba mục tiêu sau :

- Trình bày những kiến thức tổng quát về vũ trụ nhằm làm cho sinh viên nắm được những tri thức thiên văn cơ bản nhất, phổ biến nhất để làm tốt công tác giảng dạy ở phổ thông và có khả năng tuyên truyền, giải thích góp phần bài trừ những tập tục mê tín dị đoan.

- Trình bày những hiện tượng thiên văn, những ứng dụng thiên văn phục vụ đời sống.

- Sử dụng những công cụ toán học, những định luật và phương pháp vật lý vào nghiên cứu các thiên thể để giúp cho sinh viên thấy được phương pháp vận dụng những tri thức toán học và vật lý học vào nghiên cứu các vấn đề cụ thể, góp phần củng cố những tri thức toán, lý đã học.

Cuốn giáo trình này được xuất bản năm 1986. Năm 1994 in lại có sửa chữa.

Lần tái bản này, chúng tôi có bổ sung những thành tựu mới của Thiên văn học.

Chúng tôi hoan nghênh những ý kiến nhận xét của các bạn để giúp cho việc tái bản lần sau hoặc biên soạn một giáo trình Thiên văn mới có chất lượng cao hơn.

TÁC GIẢ

PHẦN MỞ ĐẦU

A - ĐỐI TƯỢNG VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Thiên văn học là khoa học nghiên cứu các thiên thể - những vật thể tồn tại trong bầu trời - như các sao, Mặt Trời, các hành tinh, các sao chổi, các thiên hà v.v...

Nội dung nghiên cứu có thể chia làm ba phần :

- Phát hiện quy luật chuyển động của các thiên thể, kể cả quy luật chuyển động của Trái Đất.
- Nghiên cứu về thành phần cấu tạo và bản chất vật lí của các thiên thể.
- Nghiên cứu về sự hình thành và tiến hóa của các dạng tồn tại của vật chất trong vũ trụ.

B - PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu đặc thù của Thiên văn học là phương pháp quan sát và quan trắc từ xa.

Bằng mắt thường và chủ yếu bằng kính Thiên văn người ta theo dõi sự di chuyển của các thiên thể để phát hiện ra quy luật chuyển động. Bằng quan trắc và chụp ảnh phổ bức xạ của các thiên thể để nghiên cứu lí tính của chúng... Rõ ràng các nhà thiên văn không thể tự tạo ra những thí nghiệm để nghiên cứu như các nhà khoa học tự nhiên khác. Có thể nói rằng phòng thí nghiệm của các nhà thiên văn học là cả vũ trụ vô tận.

Chỉ vài ba chục năm trở lại đây, với sự tiến bộ của khoa du hành vũ trụ, Thiên văn học có thêm một khả năng nghiên cứu

mới có tính chất thực nghiệm hơn. Đó là việc đặt các kính thiên văn trong các vệ tinh nhân tạo, trong các tàu vũ trụ và cả việc đổ bộ lên thiên thể khác, trước hết là lên một số thiên thể trong hệ Mặt Trời của chúng ta.

C - Ý NGHĨA CỦA VIỆC NGHIÊN CỨU THIÊN VĂN HỌC

Cũng như các khoa học khác, thiên văn học ra đời từ nhu cầu của đời sống. Điều đáng chú ý là thiên văn học ra đời sớm vào bậc nhất, đã hàng ngàn năm nay.

Thiên văn đo đạc với mục đích xác định phương hướng, thời gian, tọa độ địa lí... rất cần thiết cho nhiều ngành hoạt động của một xã hội. Quả vậy việc xây dựng kế hoạch nhà nước, việc điều khiển các máy móc tự động trong các công xưởng, nhà máy, hầm mỏ, trên các tuyến giao thông không thể nào tiến hành được tốt nếu không có lịch, không có thời gian chính xác. Việc xây dựng các bản đồ địa lí địa chất... việc xác định các con nước, thủy triều, việc xác định gia tốc trọng trường ở các điểm khác nhau trên mặt đất với mục tiêu thăm dò khoáng sản, việc đi lại giữa biển khơi và trên bầu trời không thể nào tiến hành được nếu như không có tri thức thiên văn, không có phương pháp quan sát và kết quả đo đạc của thiên văn học. Ngày nay việc sử dụng các thiên thể nhân tạo (vệ tinh nhân tạo, tàu vũ trụ, trạm tự động giữa các hành tinh) phục vụ cho phát triển kinh tế và quốc phòng lại càng gắn chặt với các tư liệu nghiên cứu của thiên văn học.

Thiên văn vật lí với nội dung nghiên cứu lí tính của các thiên thể đã giúp con người nghiên cứu vật chất dưới nhiều hình thức và trạng thái khác nhau mà những hình thức và trạng thái này không thể nào thực hiện được trong các phòng thí nghiệm. Những kết quả nghiên cứu của thiên văn vật lí đã góp phần thúc đẩy cơ học, vật lí học, hóa học... phát triển. Chỉ cần dẫn chứng việc giải phóng thành công năng lượng hạt nhân hiện nay đã được bắt nguồn từ nghiên cứu nguồn gốc năng lượng khổng lồ của

Mặt Trời, của các sao tức là từ những kết quả nghiên cứu và gợi mở của các nhà thiên văn vật lí lí thuyết.

Những kết quả nghiên cứu của thiên văn học còn có ý nghĩa rất to lớn trong việc xây dựng vũ trụ quan duy vật góp phần chống lại tư tưởng duy tâm, thần bí và bài trừ mê tín dị đoan. Bằng các kết quả nghiên cứu, các nhà thiên văn cho ta thấy những hiện tượng muôn hình muôn vẻ diễn ra trong vũ trụ là những dạng tồn tại khác nhau của vật chất không ngừng vận động và biến hóa theo những quy luật của tự nhiên chứ không phải do ý muốn của một "đấng sáng tạo" nào !

Chính vì có tác dụng nhiều mặt đến cuộc sống nên tuy ra đời rất sớm, hiện nay Thiên văn học vẫn là một mũi nhọn của nền khoa học hiện đại.

Cha ông ta cũng đã sớm nhận thức : Thiên địa tinh thông. Từ thời Lý, Trần nước Đại Việt đã lập ra *Khâm thiên giám* để quan sát thiên văn, làm lịch. Nhiều nhà Thiên văn tài ba đã xuất hiện như Trần Nguyên Đán, Lê Quý Đôn...

Do những cuộc chiến tranh vệ quốc ác liệt kéo dài mà đất nước đã không có điều kiện xây dựng thiên văn học. Hiện nay trong thời kì hòa bình xây dựng, hi vọng rằng thiên văn học sẽ có vị trí nhất định để nó phát huy được tác dụng trong đời sống xã hội và để cho Việt Nam ta hòa nhập dần với trình độ phát triển của khoa học thế giới.

Chương I

HỆ MẶT TRỜI TRONG VŨ TRỤ

§1. TỔNG QUAN VỀ CẤU TRÚC VŨ TRỤ

Những kết quả quan trắc và nghiên cứu chứng tỏ rằng vũ trụ là vô tận. Trong phần vũ trụ mà con người đã tìm hiểu được (bán kính đến hàng tỉ năm ánh sáng^{*)}) thì vật chất tồn tại dưới dạng dễ nhận biết nhất là các sao, tức là những thiên thể khổng lồ nóng sáng - những Mặt Trời.

Các sao phân bố trong không gian không đều. Chúng tập trung thành những hệ có hình dạng xác định gồm hàng trăm tỉ sao và được gọi là các *thiên hà*. Các thiên hà thường có dạng elipxôit, dạng đĩa xoắn... với đường kính từ hàng chục đến hàng trăm ngàn năm ánh sáng. Khoảng cách trung bình giữa các thiên hà vào cỡ chục lần lớn hơn kích thước của mỗi thiên hà. Các sao trong mỗi thiên hà phân bố cũng không đều, đa số tập trung vào một mặt phẳng xác định được gọi là mặt phẳng chính của thiên hà.

Thiên hà trong đó có hệ Mặt trời được gọi là *Thiên hà của chúng ta* bao gồm các sao mà ta nhìn thấy bằng mắt thường (khoảng sáu ngàn sao) và hơn một trăm tỉ sao khác chỉ có thể quan sát qua các kính thiên văn. Những đêm trời quang nếu ta nhìn theo phương mặt phẳng chính của thiên hà của chúng ta

^{*)} Năm ánh sáng là đơn vị đo khoảng cách có độ dài bằng quãng đường ánh sáng truyền trong chân không trong một năm.

thì sẽ thấy một dải sáng quen gọi là dải Ngân Hà. Ngoài ra ta còn có thể thấy được một số thiên hà khác (những thiên hà ở gần thiên hà của chúng ta) dưới dạng những vết sáng nhòe yếu ớt và vì thế mà chúng còn được gọi là các *tinh vân*. Qua kính thiên văn cực mạnh ta có thể nhìn thấy một số sao riêng biệt cấu tạo nên các tinh vân ấy. Trong khoảng không giữa các sao còn có vật chất tồn tại dưới dạng bụi, khí, các hạt cơ bản, trường điện từ và trường hấp dẫn. Rõ ràng các đám bụi khí vũ trụ làm cản trở khả năng nhìn xa của chúng ta.

Mặt Trời là một trong số các sao cấu tạo nên thiên hà của chúng ta. Quanh Mặt Trời có các *hành tinh* chuyển động và quanh các hành tinh còn có các *vệ tinh*. Các kết quả quan trắc cho biết chung quanh nhiều ngôi sao khác cũng có các hành tinh chuyển động, tương tự như hệ Mặt Trời.

Thành tựu nghiên cứu của thiên văn học khẳng định rằng vật chất trong vũ trụ vận động và biến đổi không ngừng. Chẳng những các hành tinh chuyển động quanh các sao, mà chính các sao trong mỗi thiên hà, cũng như bản thân các thiên hà đều chuyển động trong không gian.

§2. TỪ TRÁI ĐẤT QUAN SÁT BẦU TRỜI

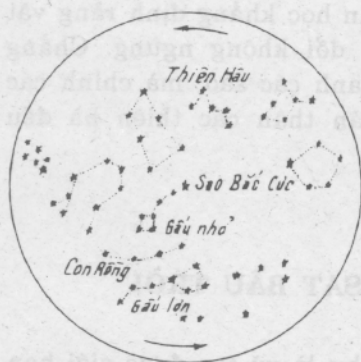
Nhìn lên bầu trời ta có cảm giác như là vũ trụ được giới hạn bởi một vòm cầu trong suốt (trên đó có gắn các thiên thể) mà trung tâm là nơi ta đứng. Vòm trời tưởng tượng này được gọi là *thiên cầu*.

Những đêm trời quang, bầu trời đầy sao lấp lánh. Bằng mắt thường ta có thể nhìn được khoảng 6000 sao. Đó là những sao ở gần Trái Đất nhất. Bằng kính thiên văn người ta thấy được hàng chục tỉ sao và hàng triệu thiên hà ở ngoài thiên hà của chúng ta. Khoảng cách từ Trái Đất đến các thiên thể rất lớn. Mặt Trời ở cách ta 150 triệu km (ánh sáng từ Mặt Trời truyền đến Trái Đất mất 8 phút). Cận Tinh là sao gần Trái Đất nhất

đã cách ta đến 4,3 năm ánh sáng. Thiên hà xa nhất mà hiện nay con người nhìn tới được ở cách ta hàng tỉ năm ánh sáng.

Mặc dù các sao đều chuyển động trong không gian, nhưng vì chúng ở quá xa nên ta thấy vị trí tương đối giữa chúng hầu như không đổi. Đây là điều kiện thuận lợi để ta dễ làm quen với bầu trời sao.

Người xưa đã nhóm từng tượng các sao trông thấy ở gần nhau thành từng chòm và đã đặt tên cho các *chòm sao*. Nguyên tắc đặt tên là : chòm có hình dạng một con vật nào đó thì lấy tên con vật ấy, ví dụ chòm : Con gấu, chòm Song tử (H. 1b) ; nếu không có hình dạng cụ thể thì được đặt theo tên các nhân vật thần thoại, ví như chòm Thiên Hậu, chòm Tiên Nữ...



a - Các chòm sao
ở bầu trời Bắc.



b - Các chòm sao được đặt tên
theo hình dạng

Hình 1

Một số sao sáng cũng đã được đặt tên, thí dụ : Thiên Lang (sao sáng nhất bầu trời), Chức Nữ, Ngưu Lang... Từ thế kỉ XVII tất cả các sao trong các chòm đều được kí hiệu theo các chữ cái Hi Lạp (α , β , γ , δ ...). Như vậy tất cả các sao mà mắt ta nhìn thấy trong bầu trời đã có "địa chỉ" rõ ràng (tên gì, thuộc chòm sao nào, ở khu vực nào của bầu trời).

Làm quen bầu trời sao, trước hết là biết các chòm sao thì ta có khả năng phát hiện những thiên thể "lạ". Người cổ Hi Lạp đã ghi nhận 5 "ngôi sao" không thuộc một chòm nào. Các sao này từ từ chuyển động qua các chòm sao và được gọi là hành tinh.*

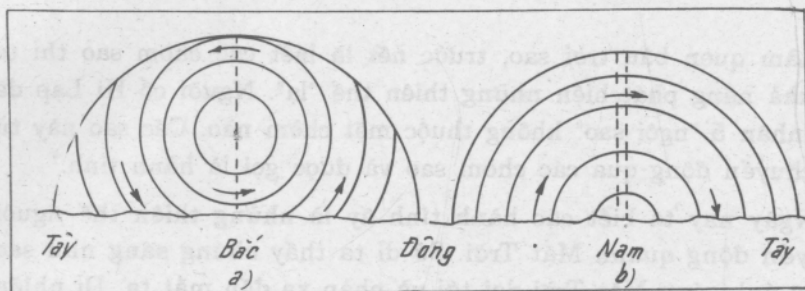
Ngày nay ta biết các hành tinh ấy là những thiên thể nguội chuyển động quanh Mặt Trời. Sở dĩ ta thấy chúng sáng như sao là do ánh sáng Mặt Trời dội tới và phản xạ đến mắt ta. Dĩ nhiên nếu như ta đứng trên mỗi hành tinh này thì ta cũng sẽ thấy Trái Đất sáng như một ngôi sao vậy.

§3. NHẬT ĐỘNG CỦA BẦU TRỜI. XÁC ĐỊNH PHƯƠNG HƯỚNG

Ban ngày ta thấy Mặt Trời quay đều trên thiên cầu theo một chiều nhất định. Ban đêm Mặt Trăng và các sao cũng quay theo chiều đó. Ta có cảm giác, như là toàn bộ thiên cầu (trên đó gắn Mặt Trời, Mặt Trăng, các sao...) đang quay đều quanh một trục xuyên qua nơi ta đứng và quay tròn một vòng trong một ngày đêm. Hiện tượng quay này được gọi là *nhật động*.

Trục quay tưởng tượng này cắt thiên cầu tại hai điểm được gọi là *thiên cực*. Rõ ràng những sao ở càng gần thiên cực có bán kính vòng quay càng nhỏ và sao ở ngay tại thiên cực thì nằm yên. Người ta quy ước thiên cực Bắc là thiên cực mà ta nhìn về đó thì thấy chiều nhật động của các sao ngược với chiều quay của kim đồng hồ. Đứng nhìn như vậy thì bên tay phải là phương Đông và bên tay trái là phương Tây. Với quy ước này thì bầu trời nhật động theo chiều từ đông sang tây (các thiên thể mọc ở phương Đông, lặn ở phương Tây). Như vậy muốn xác

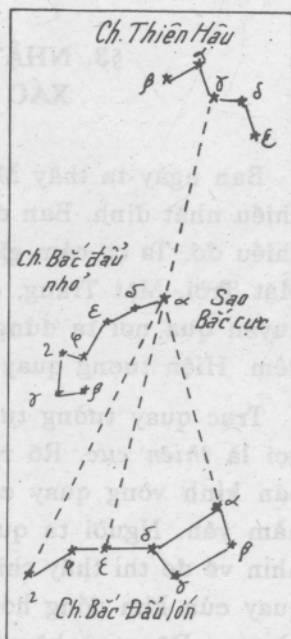
* Thủy tinh, Kim tinh, Hỏa tinh, Mộc tinh, Thổ tinh.



Hình 2 - Vòng nhật động của các sao quanh thiên cực.

- a) Ngược chiều kim đồng hồ (nhìn về thiên cực Bắc)
- b) Cùng chiều kim đồng hồ (nhìn về thiên cực Nam)

định đúng bốn phương trên mặt đất ta chỉ cần xác định được phương Bắc tức là phương hướng đến thiên cực Bắc. Có một ngôi sao nằm rất gần thiên cực Bắc (cách thiên cực Bắc khoảng 1°) được gọi là sao Bắc Cực. Nó là sao sáng nhất (sao α) trong chòm Bắc Đẩu nhỏ* (chòm Con Gấu nhỏ). Trong thực tế người ta xác định phương Bắc qua xác định vị trí của sao Bắc Cực. Muốn tìm sao Bắc Cực, trước hết người ta phải tìm được chòm Bắc Đẩu lớn* (Chòm Con Gấu lớn). Trong chòm này có 7 sao khá sáng (H. 3). Tưởng tượng kéo dài đoạn $\alpha\beta$ rồi ước lượng trên đường kéo dài đó một đoạn bằng khoảng 5 lần đoạn $\alpha\beta$ thì mút của đoạn kéo dài tưởng tượng này gần trùng với một sao, đó là sao Bắc Cực (sao α của chòm Bắc Đẩu nhỏ, gồm 7



Hình 3 - Tìm sao Bắc Cực

* Có sách viết chòm Tiểu Hùng Tinh, chòm Đại Hùng Tinh.

86.
sao có dạng gần giống như chòm Bắc Đẩu lớn). Người đứng ở Hà Nội luôn luôn thấy sao Bắc Cực nằm cao trên chân trời Bắc khoảng 21° , người đứng ở thành phố Hồ Chí Minh thì thấy sao Bắc Cực ở thấp hơn (khoảng 10° . Sẽ hiểu rõ ở chương IV).

Cần chú ý rằng chòm Bắc Đẩu lớn ở cách thiên cực Bắc khoảng 30° nên đối với người quan sát ở Việt Nam ta thì trong mỗi vòng nhật động có khi nó khuất dưới chân trời. Trong thời gian này, ta có thể tìm sao Bắc Cực qua chòm Thiên Hậu (nằm gần đối xứng với chòm Bắc Đẩu lớn qua sao Bắc Cực). Chòm Thiên Hậu có 5 sao khá sáng tạo thành dạng chữ M. Hãy kéo tưởng tượng đường vuông góc với đoạn yố thì đường này đi qua sao Bắc Cực (sao Bắc Cực ở cách chòm Thiên Hậu một khoảng bằng 10 lần đoạn yố).

Như vậy nếu ta làm quen được với 2 chòm sao Bắc Đẩu lớn và Thiên Hậu thì ban đêm ta có thể xác định được phương Bắc một cách dễ dàng.

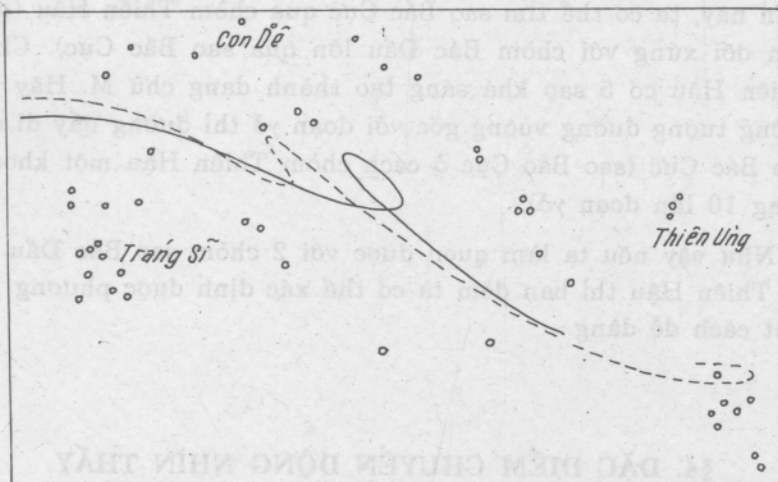
§4. ĐẶC ĐIỂM CHUYỂN ĐỘNG NHÌN THẤY CỦA MẶT TRỜI, MẶT TRĂNG VÀ CÁC HÀNH TINH TRÊN NỀN TRỜI SAO

Ta đã biết, toàn bộ thiên cầu sao nhật động đều quanh Trái Đất và vị trí tương đối giữa các sao không đổi (dạng các chòm sao không đổi). Nếu chú ý quan sát trong nhiều ngày thì ta có thể nhận thấy Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh từ từ thay đổi vị trí đối với các chòm sao (chúng không thuộc một chòm sao nào). Cách đây trên 2000 năm, các nhà thiên văn đã rút ra những kết luận về đặc điểm chuyển động nhìn thấy của Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh trên nền trời sao như sau :

1. Mặt Trời và Mặt Trăng từ từ dịch chuyển đối với các sao theo chiều ngược với chiều nhật động (tức là từ Tây sang Đông).

Mặt Trời dịch chuyển trọn một vòng trong khoảng 365 ngày.
Mặt Trăng dịch chuyển trọn một vòng trên 27 ngày.

2. Các hành tinh nói chung cũng dịch chuyển đối với các sao theo chiều ngược với chiều nhật động, nhưng cũng có những thời kì chúng dịch chuyển theo chiều ngược lại nên quỹ đạo của chúng trên nền trời sao có dạng hình nút (H. 4).



Hình 4 - Sự dịch chuyển của Thủy Tinh (đường chấm chấm)
và Kim Tinh (đường liền nét)
giữa các sao từ tháng 1 đến tháng 7 năm 1977.

3. Có 2 hành tinh (Thủy Tinh và Kim Tinh) không bao giờ tồn tại trên vòm trời ở quá xa Mặt Trời. Theo thời gian Thủy Tinh "dao động" quanh Mặt Trời với biên độ không quá 28° , còn Kim Tinh thì không quá 48° .

4. Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh dịch chuyển đối với các sao theo các quỹ đạo rất gần nhau.

Từ những đặc điểm chuyển động nhìn thấy trên và từ khoảng cách ước lượng đến chúng, người ta đã cho rằng Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh này tạo thành một hệ - hệ Mặt Trời.

Vấn đề đặt ra là hệ Mặt Trời được cấu tạo và chuyển động như thế nào để dẫn đến những đặc điểm về chuyển động nhìn thấy như vậy ?

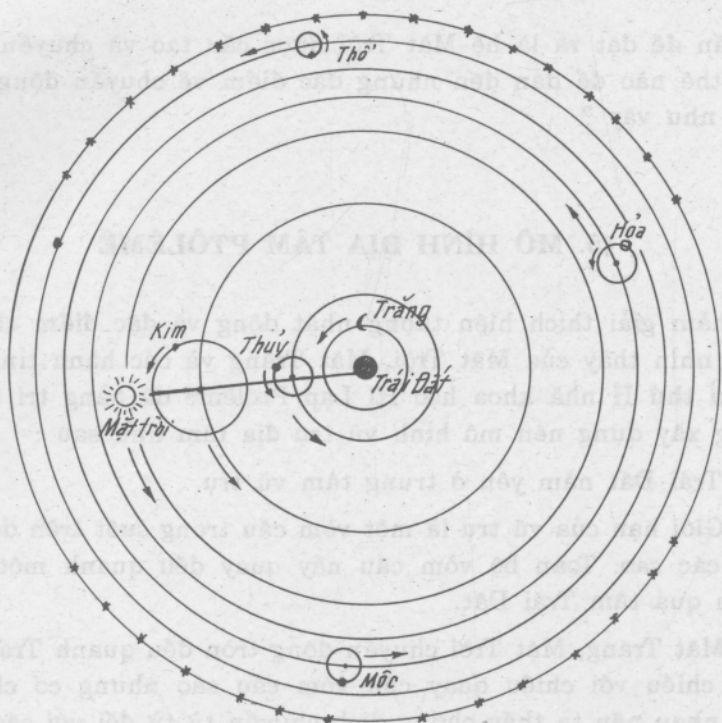
§5. MÔ HÌNH ĐỊA TÂM PTÔLÊMÊ

Nhằm giải thích hiện tượng nhật động và đặc điểm chuyển động nhìn thấy của Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh vào thế kỉ thứ II nhà khoa học Hi Lạp Ptôlêmê đã bằng trí tưởng tượng xây dựng nên mô hình vũ trụ địa tâm như sau :

- Trái Đất nằm yên ở trung tâm vũ trụ.
- Giới hạn của vũ trụ là một vòm cầu trong suốt trên đó gắn chặt các sao. Toàn bộ vòm cầu này quay đều quanh một trục xuyên qua tâm Trái Đất.
- Mặt Trăng, Mặt Trời chuyển động tròn đều quanh Trái Đất cùng chiều với chiều quay của vòm cầu sao nhưng có chu kì khác nhau nên ta thấy chúng dịch chuyển từ từ đối với các sao.
- Các hành tinh chuyển động đều theo những vòng tròn phụ mà tâm của các vòng này chuyển động tròn đều quanh Trái Đất (giải thích quỹ đạo nhìn thấy có dạng nút của các hành tinh).
- Trái Đất, Mặt Trời và tâm vòng phụ của Kim Tinh và Thủy Tinh luôn luôn nằm trên một đường thẳng (giải thích sự "dao động" của 2 hành tinh này quanh Mặt Trời).

Mô hình vũ trụ địa tâm thỏa mãn cho việc giải thích những đặc điểm về chuyển động nhìn thấy của các thiên thể trên thiên cầu như đã trình bày ở trên.

Về sau, bằng những quan sát thiên văn chính xác hơn, người ta đã phát hiện những đặc điểm chuyển động khác vượt ra ngoài khả năng giải thích của mô hình địa tâm Ptôlêmê. Những người kế tục Ptôlêmê đã phải bổ sung thêm những loại vòng tròn khác nữa. Mô hình địa tâm vốn đã phức tạp lại càng thêm rắc rối.



Hình 5 - Mô hình vũ trụ địa tâm Ptolêmê.

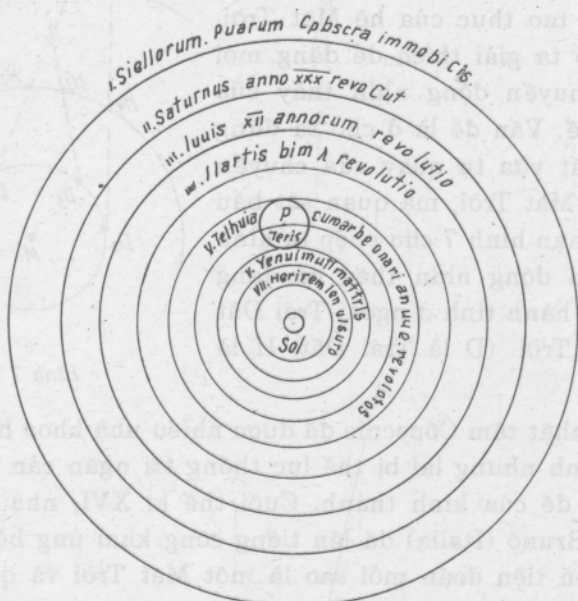
Các tu sĩ đương thời, khi học mô hình địa tâm trong các trường giáo hội cũng đã phải thốt lên rằng : "Tại sao Thượng đế đã sáng tạo ra một mô hình phiến toái đến thế !".

§6. MÔ HÌNH NHẬT TÂM CÔPECNIC

Mô hình địa tâm được thừa nhận cho mãi đến thế kỉ thứ XVI. Trong thời kì đó thiên văn học đã dậm chân tại chỗ. Nhiều nhà khoa học đã nêu vấn đề xét lại mô hình địa tâm, song uy lực của giáo hội với tiền đề Trái Đất nằm yên đã đè nặng lên luồng suy nghĩ của họ. Người đầu tiên có trí sáng tạo và đủ nghị lực phá vỡ tiền đề ấy là nhà khoa học Ba Lan Nicôlai Côpecnic.

Qua nhiều năm phân tích các số liệu quan trắc về chuyển động của các thiên thể, vào năm 1543 cũng là năm cuối đời của mình, Nicôlai Côpecnic đã cho xuất bản cuốn sách "Về sự quay của Thiên cầu". Ông đã trình bày hệ vũ trụ nhật tâm gồm các nội dung chủ yếu sau :

- Mặt Trời, chứ không phải Trái Đất, ở trung tâm vũ trụ (H. 6).



Hình 6 - Hệ nhật tâm của Côpecnic.

- Các hành tinh chuyển động đều quanh Mặt Trời theo quỹ đạo tròn, cùng chiều và gần như trong một mặt phẳng. Càng ở xa Mặt Trời hành tinh có chu kì chuyển động càng lớn.

- Trái Đất cũng là một hành tinh. Ngoài chuyển động quanh Mặt Trời, Trái Đất còn tự quay quanh một trục xuyên tâm.

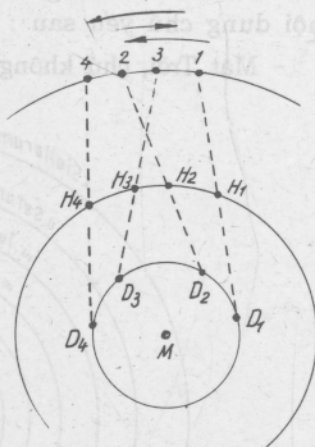
- Mặt Trăng chuyển động tròn quanh Trái Đất (vệ tinh của Trái Đất).

- Thủy Tinh và Kim Tinh có quỹ đạo chuyển động bé hơn quỹ đạo chuyển động của Trái Đất (ở gần Mặt Trời hơn). Các hành tinh còn lại (Hỏa Tinh, Mộc Tinh, Thổ Tinh...) có quỹ đạo

chuyển động lớn hơn quỹ đạo chuyển động của Trái Đất (ở xa Mặt Trời hơn). Như vậy theo Côpecnic thì các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời theo thứ tự từ Mặt Trời ra xa là :

Thủy Tinh, Kim Tinh, Trái Đất, Hỏa Tinh, Mộc Tinh, Thổ Tinh...

Về cơ bản hệ nhật tâm Côpecnic phù hợp với cấu tạo thực của hệ Mặt Trời, nó cho phép ta giải thích dễ dàng mọi đặc điểm chuyển động nhìn thấy của các thiên thể. Vấn đề là ở chỗ ta đứng trên Trái Đất vừa tự quay vừa chuyển động quanh Mặt Trời, mà quan sát bầu trời. Chẳng hạn hình 7 cho phép ta hình dung chuyển động nhìn thấy có dạng nút của một hành tinh ở ngoài Trái Đất đối với Mặt Trời. (D là Trái Đất, H là hành tinh).



Hình 7

Mô hình nhật tâm Côpecnic đã được nhiều nhà khoa học đương thời tán thành nhưng lại bị thế lực thống trị ngăn cản vì nó đối lập với tiền đề của kinh thánh. Cuối thế kỉ XVI, nhà triết học chân chính Brunô (Italia) đã lên tiếng công khai ủng hộ hệ nhật tâm. Ông còn tiên đoán mỗi sao là một Mặt Trời và quanh các sao cũng có những hành tinh chuyển động.

Trong vô số các hành tinh ấy nhất định phải có nhiều hành tinh giống Trái Đất của chúng ta và như vậy cuộc sống không chỉ có đơn độc trên Trái Đất mà phổ biến trong vũ trụ vô tận. Brunô đã bị kết tội phản nghịch và đã bị giai cấp thống trị thiêu sống vào năm 1600 tại thành phố Rôma.

Năm 1610, Galilê (Galilê) đã sáng chế kính thiên văn. Bằng chiếc kính đầu tiên này ông đã nhìn rõ dạng cầu của nhiều hành tinh, nhìn rõ nhiều chi tiết trên Mặt Trăng, nhìn được vệ tinh của Mộc Tinh... Đây là những bằng chứng thực nghiệm khẳng định cho sự đúng đắn của học thuyết Côpecnic.

§7. BA ĐỊNH LUẬT KÉPLE

Kiên trì theo quan điểm của Côpecnic, nhà khoa học nước Đức Képle dựa trên các số liệu quan trắc Hỏa Tinh trong 20 năm của nhà thiên văn Đan Mạch Tikhô Brahê và các số liệu quan trắc trong nhiều năm của chính mình, đã xây dựng nên ba định luật nổi tiếng sau :

I - Các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo elip mà Mặt Trời nằm tại một trong hai tiêu điểm của elip quỹ đạo.

II - Bán kính vectơ của mỗi hành tinh quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau.

III - Bình phương chu kì chuyển động của hành tinh quanh Mặt Trời tỉ lệ với lập phương bán trục lớn của quỹ đạo elip.

Cần nhớ rằng elip có đặc tính là tổng khoảng cách từ bất cứ một điểm nào của elip đến hai tiêu điểm của nó có giá trị không đổi và bằng trục lớn của nó.

Trên hình 8, F_1 và F_2 là hai tiêu điểm,

$VC = 2a$ là trục lớn, O là tâm của elip.

Giả sử Mặt Trời ở tiêu điểm F_1 . Theo định luật I thì hành tinh chuyển động trên quỹ đạo elip và như vậy khoảng cách từ hành tinh đến Mặt Trời biến thiên. Rõ ràng khi hành tinh ở điểm C thì có khoảng cách đến Mặt Trời bé nhất. Điểm C gọi là cận điểm. Khi hành tinh đến điểm V sẽ có khoảng cách đến Mặt Trời xa nhất. Điểm V gọi là viễn điểm. Khoảng cách từ Mặt Trời đến hành tinh là r và được gọi là bán kính vectơ của hành tinh ($r = F_1H$)

Tại cận điểm $r_c = a(1 - e)$.

Tại viễn điểm $r_v = a(1 + e)$.

$$\text{Với } e = \frac{OF_1}{OC} = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

e là tâm sai của elip, a là bán trục lớn, còn b là bán trục bé của elip.

§8. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

Ta đã biết các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời và các vệ tinh chuyển động quanh hành tinh. Vấn đề đặt ra là lực gì đã đóng vai trò lực hướng tâm trong các chuyển động ấy, Képke đã ví Mặt Trời như một nam châm khổng lồ.

Nhà bác học nước Anh Niutơn đã phát hiện cái gọi là lực hướng tâm ấy. Ông đã giả thiết lực tạo cho các hành tinh và các vệ tinh chuyển động tròn có bản chất giống như trọng lực trên mặt đất. Để khẳng định, ông vận dụng vào chuyển động của Mặt Trăng. Nếu lực giữ cho Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất là trọng lực thì gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng phải chính là gia tốc hấp dẫn của Trái Đất lên Mặt Trăng. Tại mặt đất gia tốc trọng trường là $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Biết Mặt Trăng ở cách Trái Đất một khoảng bằng 60 lần bán kính Trái Đất, nên tại Mặt Trăng thì gia tốc trọng trường g' phải bé hơn 60^2 lần (với giả thiết gia tốc trọng trường g tại mỗi điểm tỉ lệ ngược với bình phương khoảng cách từ điểm đó đến tâm Trái Đất).

$$g' = \frac{g}{60^2} = \frac{9,81}{3600} = 0,0027 \text{ m/s}^2.$$

Mặt khác gia tốc hướng tâm g' của Mặt Trăng cũng được tính trực tiếp theo công thức cơ học

$$g' = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R,$$

trong đó T là chu kì chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất ($T = 27,3$ ngày), R là bán kính quỹ đạo của Mặt Trăng ($R = 60$ bán kính của Trái Đất $= 60.6370\text{km}$).

Thay các trị số của T và R vào biểu thức trên ta được :

$$g' = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = 0,0027 \text{ m/s}^2.$$

Kết quả như nhau về trị số của g' tính theo hai cách trên chứng tỏ lực buộc Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất chính là trọng lực. Dễ dàng suy luận thêm rằng lực buộc các hành tinh

chuyển động quanh Mặt Trời cũng có bản chất như trọng lực. Từ đó Niuton đã khái quát và phát hiện một định luật chung của tự nhiên : định luật vạn vật hấp dẫn (các vật trong vũ trụ đều hấp dẫn nhau. Lực hấp dẫn giữa hai vật tỉ lệ thuận với tích khối lượng của chúng và tỉ lệ ngược với bình phương khoảng cách giữa chúng).

§9. BIỂU THỨC TOÁN HỌC CỦA ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

Dưới tác dụng của lực hấp dẫn các hành tinh chuyển động theo các định luật Kêple. Ngược lại, từ các định luật Kêple ta rút ra được biểu thức của lực hấp dẫn. Thật vậy, từ định luật 1 và 2

$$r = \frac{P}{1 + e \cos \varphi} \quad (1-1)$$

$$\frac{r^2 d\varphi}{dt} = C \quad (1-2)$$

và vận dụng thêm phương trình động lực học :

$$d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = Fdr \quad (1-3)$$

trong đó m là khối lượng, v là vận tốc của hành tinh và F là lực hấp dẫn của Mặt Trời tác dụng lên hành tinh.

Trong hệ tọa độ cực thì biểu thức của vận tốc v có dạng :

$$v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2$$

và từ đó (1-3) sẽ có dạng :

$$\frac{m}{2} d\left[\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right] = Fdr \quad (1-4)$$

$$\text{hay : } \frac{m}{2} \frac{d}{d\varphi} \left[\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right] = F \frac{dr}{d\varphi} \quad (1-4a)$$

Từ (1-2) ta có :

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{C}{r^2} \quad (1-2a)$$

và chú ý thêm :

$$\frac{dr}{dt} = \frac{dr}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dr}{d\varphi} \frac{C}{r^2} = -C \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{1}{r} \right) \quad (1-5)$$

thì (1-4a) sẽ có dạng :

$$\begin{aligned} \frac{m \cdot C^2}{2} \frac{d}{d\varphi} \left\{ \left[-\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{1}{r} \right) \right]^2 + \frac{1}{r^2} \right\} &= F \frac{dr}{d\varphi} \\ -\frac{mC^2}{r^2} \left\{ \frac{d^2}{d\varphi^2} \left(\frac{1}{r} \right) + \frac{1}{r} \right\} &= F. \end{aligned} \quad (1-4b)$$

Từ (1-1) ta có :

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{p} + \frac{e}{p} \cos\varphi \quad (1-1a)$$

Lấy vi phân hai lần (1-1a) ta được :

$$\frac{d^2}{d\varphi^2} \left(\frac{1}{r} \right) = -\frac{e}{p} \cos\varphi \quad (1-1b)$$

Đến đây kết hợp (1-1b) với (1-4b) thì F có dạng :

$$F = -\frac{mC^2}{pr^2} = -K \frac{m}{r^2}, \quad (1-6)$$

với $K = \frac{C^2}{p} = \text{hằng số.}$

Hằng số K có giá trị chung cho các hành tinh. Quả vậy từ diện tích elip là πab , hằng số C bằng 2 lần tốc độ diện tích và

bằng $\frac{2\pi ab}{T}$, thông số $p = \frac{b^2}{a}$ ta rút ra

$$K = \frac{C^2}{p} = 4\pi^2 \frac{a^3}{T^2} = 4\pi^2 h = \text{hằng số.}$$

Rõ ràng hằng số K không phụ thuộc vào bán trục lớn a và chu kì T của mỗi hành tinh mà chỉ phụ thuộc vào tỉ số giữa lập phương bán trục lớn và bình phương chu kì, một tỉ số có giá trị chung cho mọi hành tinh (theo định luật 3).

Bây giờ ta hãy làm sáng tỏ thêm ý nghĩa của hằng số K. Theo định luật 3 Niuton thì lực Mặt Trời tác dụng lên hành tinh (F) phải bằng và ngược chiều với lực hành tinh tác dụng lên Mặt Trời (F'). Rõ ràng lực F' có dạng :

$$F' = -K \frac{M}{r^2}$$

trong đó M là khối lượng của Mặt Trời.

Như vậy từ $F = -F'$

$$\text{Ta có : } \frac{Km}{r^2} = \frac{K'M}{r^2}$$

$$\text{hay } \frac{K}{M} = \frac{K'}{m} = G = \text{hằng số,}$$

$$\text{do đó : } K = GM. \quad (1-7)$$

Từ (1-6) và (1-7) ta đi đến biểu thức hoàn chỉnh của lực hấp dẫn giữa Mặt Trời (có khối lượng M) và hành tinh (có khối lượng m) là :

$$F = -G \frac{Mm}{r^2} \quad (1-8)$$

trong đó hằng số G được gọi là hằng số hấp dẫn.

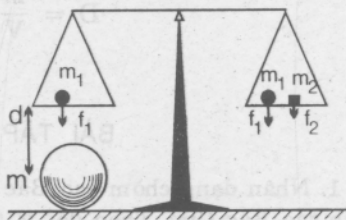
Rõ ràng lực hấp dẫn giữa hai vật tỉ lệ thuận với tích khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$\text{Trong hệ SI hằng số hấp dẫn } G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

§10. XÁC ĐỊNH KHỐI LƯỢNG CỦA TRÁI ĐẤT

Sau khi xây dựng định luật vạn vật hấp dẫn, người ta có khả năng xác định được khối lượng của Trái Đất. Đã có nhiều phương pháp xác định khác nhau và sau đây là một trong các phương pháp ấy :

Trên 2 đĩa của một cân chính xác, người ta đặt hai quả cầu có khối lượng bằng nhau (m_1) và cân nằm thăng bằng (H.10)



Hình 10

Người ta đặt dưới một đĩa cân (đĩa bên trái) một quả cầu nặng có khối lượng m . Do lực hấp dẫn của m lên quả cầu m_1 (bên đĩa trái) mà cân lệch xuống. Để lấy lại thăng bằng người ta phải bỏ thêm một quả cân lên đĩa bên phải, giả dụ quả cân này có khối lượng m_2 . Lúc này lực hấp dẫn tác dụng lên các quả cân ở đĩa phải và đĩa trái sẽ phải bằng nhau :

$$F_{\text{phải}} = F_{\text{trái}}$$

$$\frac{GMm_1}{R^2} + \frac{GMm_2}{R^2} = \frac{GMm_1}{R^2} + \frac{Gm_1m}{d^2} \quad (1-9)$$

trong đó M là khối lượng của Trái Đất, R là bán kính của Trái Đất, d là khoảng cách từ tâm quả cầu m đến quả cân m_1 bên đĩa trái.

$$\text{Từ (1-9) ta có :} \quad \frac{GMm_2}{R^2} = \frac{Gm_1m}{d^2}$$

$$\text{hay :} \quad M = \frac{m_1 m R^2}{m_2 d^2} \quad (1-10)$$

Trong 1 lần thí nghiệm người ta đã sử dụng :

$$m_1 = 5\text{kg}$$

$$m = 6000\text{kg}$$

$$d = 0,57\text{m}$$

$$m_2 = 0,6\text{mg} = 6 \cdot 10^{-4}\text{kg}$$

Thay các trị số của các đại lượng trên vào (1-10) ta thu được khối lượng của Trái Đất M :

$$M = 5,98.10^{24} \text{ kg} \approx 6.10^{24} \text{ kg}$$

Đến đây ta cũng có thể tính được khối lượng riêng trung bình của Trái Đất :

$$D = \frac{M}{V} = 5,5 \text{ kg/dm}^3.$$

BÀI TẬP CHƯƠNG MỘT

1. Nhận dạng chòm sao Bắc Đẩu lớn hoặc Thiên Hậu rồi từ đó xác định sao Bắc Cực. Theo dõi vị trí sao Bắc Cực và các sao chung quanh (từ chập tối đến 11 giờ đêm, mỗi lần quan sát cách nhau khoảng 1 giờ) để rút ra đặc điểm chuyển động của các sao này.

2. Vẽ quỹ đạo của một hành tinh trên nền trời đối với các sao lân cận và rút ra kết luận (vẽ khoảng 10 vị trí, mỗi tuần vẽ 1 lần, rồi nối các vị trí ấy).

3. Dùng bản đồ sao quay để làm quen các chòm sao trên bầu trời. Rút ra kết luận về tác dụng của bản đồ này.

4. Giải thích các đặc điểm chuyển động nhìn thấy của Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh dựa trên cơ sở hệ nhật tâm.

5. Giải thích hiện tượng sao Hôm và sao Mai (là hai trường hợp nhìn thấy của Kim Tinh).

6. Dựa vào đặc điểm chuyển động nhìn thấy của Thủy Tinh và Kim Tinh, tính khoảng cách từ chúng tới Mặt Trời và chu kì chuyển động của chúng. Cho biết khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời bằng 1 đơn vị thiên Văn* và chu kì chuyển động quanh Mặt Trời bằng 1 năm. Coi các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo tròn.

* Đơn vị thiên văn là đơn vị độ dài bằng khoảng cách trung bình từ Mặt Trời đến Trái Đất.

Chương II

TRÁI ĐẤT

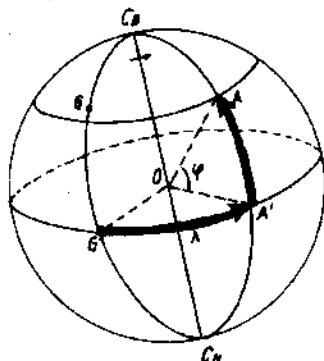
Theo thuyết hấp dẫn thì các vật có khối lượng lớn tự quay quanh mình phải có dạng rất gần với dạng cầu. Quả vậy các thiên thể có khối lượng lớn như Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh đều có dạng cầu. Dạng cầu của Trái Đất được thấy rõ qua các ảnh chụp từ các trạm vũ trụ (H.11).



Hình 11 - Hình Trái Đất chụp từ Mặt Trăng

§11. HỆ TỌA ĐỘ ĐỊA LÍ

Trái Đất có dạng cầu tự quay quanh một trục đi qua khối tâm O của nó. Trục quay tưởng tượng này cắt mặt đất tại hai điểm được gọi là địa cực Bắc (C_B) và địa cực Nam (C_N) (H.12)



Hình 12 - Hệ tọa độ địa lí.

Đứng ở nửa địa cầu Bắc quan sát bầu trời sao ta thấy bầu trời nhật động ngược chiều kim đồng hồ. Mặt phẳng qua tâm O và thẳng góc với trục quay cắt mặt đất theo một đường tròn được gọi là *xích đạo*. Xích đạo chia Trái Đất ra hai nửa Bắc và Nam.

Các vòng tròn nhỏ song song với xích đạo được gọi là các *vĩ tuyến*. Các vòng tròn đi qua hai địa cực được gọi là các vòng *kinh tuyến*. Nửa vòng kinh tuyến qua đài Thiên văn Grinuych* ($C_B G G' C_N$) được quy ước là *kinh tuyến gốc* hay *kinh tuyến số không*.

Vòng kinh tuyến gốc chia Trái Đất ra hai nửa Đông và Tây. Mỗi điểm ở trên mặt đất được xác định bởi 2 tọa độ : *vĩ độ* φ và *kinh độ* λ . Vĩ độ của một nơi có trị số bằng góc tạo thành bởi mặt phẳng xích đạo và đường dây nối qua nơi đó.

Ví dụ : Vĩ độ của nơi A là :

$$\varphi_A = \widehat{AOA'}$$

Vĩ độ được tính từ xích đạo đến hai cực và có giá trị từ 0 đến $\pm 90^\circ$ (dấu + ứng với bán cầu Bắc, dấu - ứng với bán cầu Nam).

* Đài thiên văn Grinuych (Greenwich) ở ngoại ô Luân Đôn.

Kinh độ của một nơi có trị số bằng góc nhị diện tạo bởi 2 mặt phẳng chứa kinh tuyến gốc và kinh tuyến qua nơi đó. Chẳng hạn kinh độ λ_A của nơi A có trị số :

$$\lambda_A = \widehat{G'OA'} = \text{cung } G'A'$$

Kinh độ được tính từ kinh tuyến gốc theo chiều tự quay của Trái Đất và có giá trị từ 0 đến 360° . Nhiều trường hợp người ta quy ước kinh độ có giá trị từ 0 đến $\pm 180^\circ$ (dấu + ứng với các nơi ở về phía đông kinh tuyến gốc, tức là ở về nửa Đông của Trái Đất).

Ví dụ : Hà Nội có $\varphi = +21^\circ$ và $\lambda = 105^\circ 52'$

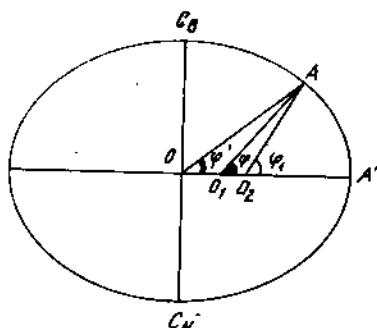
LaHabana có $\varphi = +23^\circ$ và $\lambda = 82^\circ \text{T hay } (-82^\circ)$.

Thực tế Trái Đất có dạng không hoàn toàn đúng là một khối cầu mà hơi dẹt ở hai cực (hình phỏng cầu).

Với độ chính xác tương đối, ta có thể coi Trái Đất có dạng cầu bán kính trung bình $R = 6370\text{km}$. Với quy ước này thì đường dây dọi đi qua tâm O và các vòng kinh tuyến là những vòng tròn. Trong trường hợp này, vĩ độ tại một nơi có trị số bằng độ lớn của cung kinh tuyến tính từ xích đạo đến nơi đó.

$$\varphi_A = \widehat{A'A} = \widehat{AOA'}$$

Trong trường hợp đòi hỏi độ chính xác cao thì ta cần chú ý đến phương của dây dọi. Nói chung phương của dây dọi không đi qua tâm O của hình phỏng cầu mà đi qua điểm O_1 (H.13).



Hình 13

Mặt khác vì sự phân bố mật độ của Trái Đất không đều và do Trái Đất quay nên đường dây dọi AO_1 cũng không trùng với đường thẳng góc với mặt phẳng tiếp tuyến của hình phỏng cầu tại nơi khảo sát AO_2 . Từ đó tại mỗi nơi nhất định ở trên mặt đất, trong khoa học người ta đã phân biệt 3 loại vĩ độ.

- Vĩ độ thiên văn φ là góc AO_1A' giữa mặt phẳng xích đạo và đường dây dọi tại điểm khảo sát.

- Vĩ độ địa tâm φ' là góc AOA' giữa mặt phẳng xích đạo và bán kính vectơ của điểm khảo sát.

- Vĩ độ trắc địa là góc AO_2A' giữa mặt phẳng xích đạo và đường thẳng góc với hình phỏng cầu tại điểm khảo sát.

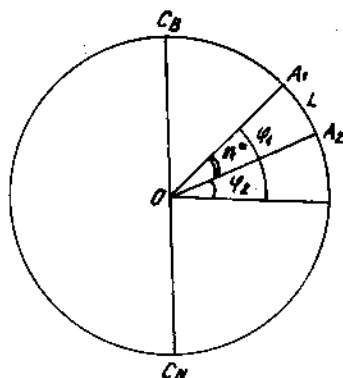
Bằng quan sát thiên văn người ta xác định được vĩ độ thiên văn φ . Bằng phương pháp trắc địa và trọng lực người ta xác định được độ lệch của dây dọi với đường thẳng góc và từ đó xác định được vĩ độ trắc địa. Còn vĩ độ địa tâm φ' lại được tính theo các công thức hình giải tích.

§12. XÁC ĐỊNH BÁN KÍNH TRÁI ĐẤT. TAM GIÁC ĐẠC

Khi biết Trái Đất có dạng cầu thì người ta đã nghĩ đến cách xác định bán kính của nó. Lấy hai điểm A_1 và A_2 nằm trên cùng một kinh tuyến (H. 14). Nếu đo được độ dài L của A_1A_2 và độ lớn n° của góc A_1OA_2 thì bán kính Trái Đất R sẽ là :

$$R = \frac{180^\circ L}{\pi n^\circ}$$

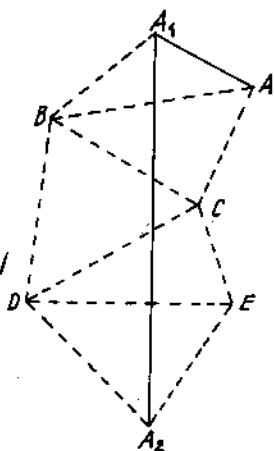
Góc $A_1OA_2 = n^\circ = \varphi_1 - \varphi_2$ (hiệu độ vĩ tại 2 nơi A_1 và A_2) được xác định bằng phương pháp thiên văn. Vấn đề phức tạp là xác định độ dài giữa 2 điểm A_1 và A_2 . Quả vậy, việc đo khoảng cách trên mặt đất dài đến hàng trăm km sẽ gặp rất nhiều trở ngại vì núi sông ngăn trở. Người ta đã phải dùng phương pháp đặc biệt được



Hình 14

gọi là tam giác đặc : nguyên tắc cơ bản là đo một đoạn không lớn lắm làm đoạn đáy và đo các góc rồi tính toán (H. 15).

Chẳng hạn muốn đo khoảng cách giữa hai điểm A_1 và A_2 thì người ta chọn một số điểm trung gian nằm hai bên đường A_1A_2 cách nhau khoảng vài ba chục km (A, B, C, D, E). Các điểm được chọn sao cho từ điểm này thấy được ít nhất hai điểm khác ở gần đó.



Hình 15.

Tại mỗi điểm người ta dựng một mốc trắc địa (chóp hình tháp cao hàng chục mét). Đoạn đáy A_1A phải chọn ở nơi bằng phẳng để có khả năng đo được chính xác. Người ta có thể đo đoạn đáy dài 10km không sai quá 2mm. Sau đó người ta dùng kính đo góc đặt tại đỉnh các mốc trắc địa để lần lượt đo các góc $A_1AB, ABC, BCD, CDE, DEA_2$. Biết độ dài của đoạn đáy A_1A và các góc này ta sẽ tính được độ dài của các đoạn thẳng khác, tức biết độ dài của đường gấp khúc từ A_1 đến A_2 (đường A_1BDA_2). Tiếp đó ta tính được độ dài A_1A_2 bằng cách chiếu đường gấp khúc xuống A_1A_2 . Cần chú ý rằng khi tính người ta phải dùng công thức của lượng giác cầu (xem §48) vì mặt đất là một mặt cầu.

Phương pháp tam giác đặc đã được tiến hành lần đầu tiên ở Hà Lan vào năm 1615.

§13. DẠNG THỰC CỦA TRÁI ĐẤT

Các phép đo chính xác cho thấy độ dài của 1° cung kinh tuyến ở những đoạn có độ vĩ khác nhau không bằng nhau. Ở vùng xích đạo nó dài 110,6km, ở vùng địa cực dài 111,7km. Điều đó chứng

tỏ rằng độ cong của mặt đất ở vùng xích đạo lớn hơn ở vùng cực. Như vậy Trái Đất hơi dẹt ở hai cực (có dạng elipxôit tròn xoay hay hình phỏng cầu).

Dựa trên kết quả đo đạc nhiều lần, vào năm 1964 hội Thiên văn quốc tế đã ghi nhận các giá trị sau :

$$a = 6378,16\text{km (bán kính ở xích đạo)}$$

$$b = 6356,78\text{km (bán kính ở địa cực)}$$

$$\text{độ dẹt } \varepsilon = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{298,25}$$

§14. SỰ BIẾN THIÊN CỦA GIA TỐC TRỌNG TRƯỜNG TRÊN MẶT ĐẤT

Ta đã biết gia tốc trọng trường tại mỗi điểm trên mặt đất được xác định theo công thức $g = \frac{GM}{R^2}$ (tức là tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách đến tâm Trái Đất). Vì Trái Đất dẹt ở cực nên gia tốc trọng trường tại các nơi trên mặt đất phải có trị số khác nhau. Nếu xét từ xích đạo đến địa cực (R giảm) thì gia tốc trọng trường $= GM/R^2$ phải tăng dần. Các kết quả đo đạc cho ta bảng sau :

Vĩ độ	0°	20°	40°	60°	80°	90°
g (cm/s ²)	978,0	978,7	980,2	981,9	983,1	983,2

Phân tích các số liệu trong bảng trên ta thấy gia tốc trọng trường đo được tăng nhanh hơn so với kết quả tính theo công thức $g = GM/R^2$. Sai khác này chứng tỏ gia tốc trọng trường còn phụ thuộc vào sự quay của Trái Đất. Quả vậy nếu như Trái

Đất không quay thì gia tốc trọng trường g tại một điểm nào đó, chẳng hạn như điểm A (H. 16) có độ vĩ φ sẽ là :

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Do Trái Đất tự quay với vận tốc góc ω nên tại A có gia tốc quán tính li tâm

$$a = \omega^2 R \cos \varphi$$

Hình 16

và gia tốc trọng trường g_φ đo được tại A là :

$$g_\varphi = g - a_1 = g - a \cos \varphi = g - \omega^2 R \cos^2 \varphi \quad (2.1)$$

Rõ ràng càng tiến về địa cực (φ càng lớn) thì g_φ càng tăng.

Đến đây ta đã có đủ cơ sở để tính gia tốc trọng trường trung bình tại từng nơi trên mặt đất. Song kết quả đo đạc tại một số nơi nhất định có thể sai lệch với tính toán nếu như tại các nơi đó vỏ Trái Đất có thêm phần cấu tạo không bình thường (khối lượng riêng không bình thường). Ta cũng dễ hiểu rằng nếu gia tốc đo được lớn hơn tính toán thì nơi đó ắt có mỏ kim loại nằm dưới đất và ngược lại thì sẽ có những chất nhẹ như dầu, khí... Như vậy bằng cách đo gia tốc trọng trường người ta có thể phát hiện được các mỏ nằm sâu dưới đất. Đây là một phương pháp thăm dò khoáng sản tương đối đơn giản và có hiệu quả.

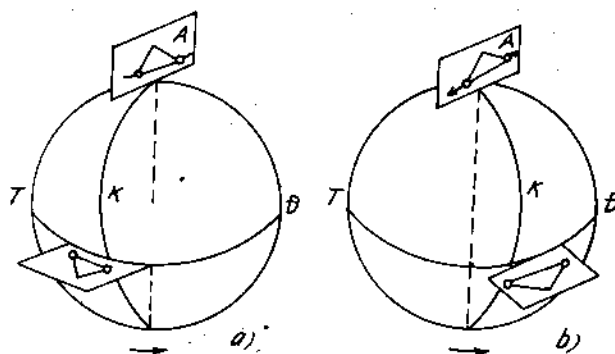
§15. CHỨNG MINH TRÁI ĐẤT TỰ QUAY

Từ những đặc điểm chuyển động nhìn thấy của các thiên thể ta đã kết luận Trái Đất tự quay quanh một trục. Để khẳng định điều đó, ta hãy xét những hiện tượng sau đây :

1. Con lắc Foucault

Năm 1851 nhà vật lý Pháp Foucault đã tiến hành một thí nghiệm nhằm phát hiện sự quay của Trái Đất. Thí nghiệm của ông đã

dựa trên tính chất của con lắc tự do có phương dao động không đổi (vì chỉ có trọng lực duy nhất tác dụng lên nó)



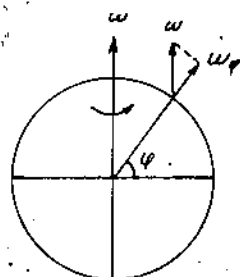
Hình 17

Giả sử con lắc được treo tại địa cực Bắc và ở một thời điểm nào đó dao động trong một mặt phẳng kinh tuyến K (H. 17a)

Nếu tiếp tục theo dõi thì ta sẽ thấy mặt phẳng dao động của con lắc từ từ

quay so với mặt phẳng kinh tuyến K theo chiều từ Đông sang Tây (cùng chiều kim đồng hồ) và quay đúng một vòng (trở lại trùng với mặt phẳng kinh tuyến K) sau một ngày đêm. Vì mặt phẳng dao động của con lắc tự do này không thể quay, nên ta kết luận Trái Đất tự quay quanh mình nó (H.17b) theo chiều từ Tây sang Đông với chu kì một ngày đêm (với vận tốc góc $\omega = 2\pi/T = 15^\circ/\text{h}$).

Nếu con lắc được treo ở nơi có độ vĩ φ , thì dao động của nó diễn ra trong mặt phẳng thẳng đứng tại nơi đó. Do Trái Đất quay mà người quan sát thấy mặt phẳng dao động của con lắc quay quanh đường thẳng đứng đó. Vận tốc góc quay này (ω_φ) bằng hình chiếu của vectơ vận tốc góc quay ω của Trái Đất lên đường thẳng đứng tại nơi khảo sát (H. 18)



Hình 18

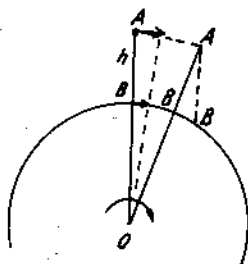
$$\omega_\varphi = \omega \sin \varphi = 15^\circ \sin \varphi$$

Như vậy vận tốc góc quay của mặt phẳng dao động của con lắc so với mặt đất tỉ lệ với sin của độ vĩ nơi treo nó. Càng tiến về xích đạo thì vận tốc góc quay càng nhỏ tức chu kì quay của con lắc càng lớn.

Phucô đã tiến hành thí nghiệm ở Paris với con lắc dài 67 mét và quả nặng 28kg và thấy mặt phẳng dao động của con lắc từ từ quay với vận tốc góc thỏa mãn $\omega = 15^\circ \sin \varphi$. Rõ ràng ở xích đạo ($\varphi = 0$) thì $\omega = 0$ tức là mặt phẳng dao động của con lắc nằm yên so với mặt đất.

2. Sự lệch về phương Đông của các vật rơi tự do

Một vật ở càng cao trên mặt đất (tức cách tâm O của Trái Đất càng lớn) thì có vận tốc dài càng lớn (vận tốc kéo theo từ Tây sang Đông do Trái Đất tự quay mà ra). Vật A đặt ở độ cao h (H. 19) có vận tốc dài lớn hơn vận tốc điểm chiếu B của nó. Khi ta buông vật A thì theo nguyên lý độc lập chuyển động nó vẫn giữ nguyên vận tốc quay và như vậy khi rơi đến mặt đất thì nó lệch về phương Đông so với điểm chiếu. Các phép đo độ lệch này đều cho trị số thỏa mãn độ lệch x tính theo công thức :



Hình 19

$$x = \frac{2\pi h}{3T} \sqrt{\frac{2h}{g}} \cos \varphi,$$

Hiện tượng lệch về phương Đông của các vật rơi tự do và đặc biệt thí nghiệm con lắc Phucô đã chứng tỏ sự tự quay của Trái Đất. Ngoài ra ta còn có thể kể nhiều hiện tượng khác nữa, chẳng hạn như sự lệch mục tiêu của các đường đạn bắn theo hướng về phương Bắc hoặc phương Nam, các đợt gió mùa Đông - Bắc và Đông - Nam ở vùng nhiệt đới, hiện tượng xói mòn của các bờ sông bên phải (ở Bắc bán cầu) và bên trái (ở Nam bán cầu), hiện tượng dịch vạch trong quang phổ Mặt Trời ứng với hai hướng quan trắc khác nhau khi Mặt Trời mọc và lặn (hiệu ứng Dopple)...

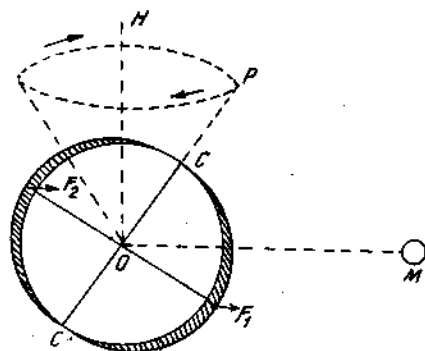
Ngày nay hiện tượng quay của Trái Đất có thể dễ dàng quan sát trực tiếp từ các con tàu vũ trụ.

19.08.01

§16. TIẾN ĐỘNG VÀ CHUƠNG ĐỘNG CỦA TRỤC QUAY TRÁI ĐẤT

Nếu như Trái Đất có dạng thực đúng một khối cầu và có mật độ vật chất phân bố đều thì phương trục quay cũng như chu kì quay của nó sẽ không đổi.

Nhưng thực ra Trái Đất có dạng hình phỏng cầu nên lực hấp dẫn của một thiên thể nào đó, chẳng hạn như của Mặt Trời (H. 20) tác dụng lên nó không thể coi như tác dụng lên một chất điểm. Lực tác dụng này có thể coi như tổng hợp của 3 lực : lực F tác dụng lên khối cầu được tách ra tưởng tượng ở phần

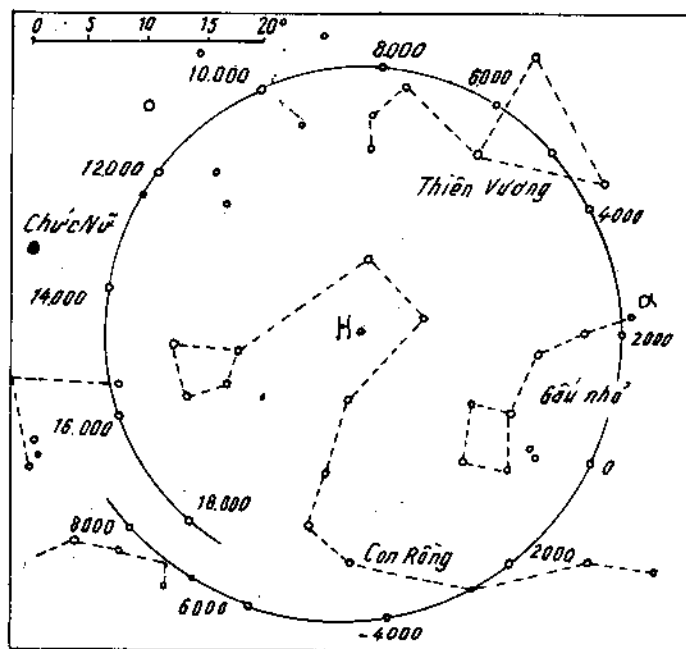


Hình 20

tâm O, lực F_1 tác dụng lên phần nhô của nửa vành xích đạo nằm gần Mặt Trời và lực F_2 tác dụng lên phần nhô kia. Vì lực F_1 lớn hơn F_2 nên kết quả là lực tác dụng của Mặt Trời tạo ra một ngẫu lực có xu hướng làm quay mặt phẳng xích đạo về phương của đường OM (đường nối tâm Mặt Trời và Trái Đất) tức là về phương trùng với mặt phẳng quỹ đạo chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời, hay nói cách khác có xu hướng kéo trục quay của Trái Đất về phương thẳng góc với mặt phẳng quỹ đạo của Trái Đất (mặt phẳng hoàng đạo). Song hiện tượng trên không thể xảy ra vì Trái Đất quay quanh mình nó. Trong trường hợp cụ thể này, tương tự như hiện tượng con quay cơ học, trục Trái Đất CC' đảo quanh pháp tuyến OH của mặt phẳng Hoàng đạo và từ từ quét thành một hình nón với góc ở đỉnh bằng 2 lần góc COH (bằng $46^{\circ}54'$) với chu kì xác định, OH cắt thiên cầu tại điểm H và điểm này được gọi là *Hoàng cực*. Hiện tượng quay vòng của trục Trái Đất được gọi là *tiến động*. Như vậy, do tiến động mà thiên cực Bắc (giao điểm của trục Trái Đất và Bắc

thiên cầu) dịch chuyển theo quỹ đạo tròn trên nền trời quanh Hoàng cực với bán kính góc $23^{\circ}27'$ và với chu kì khoảng 26000 năm.

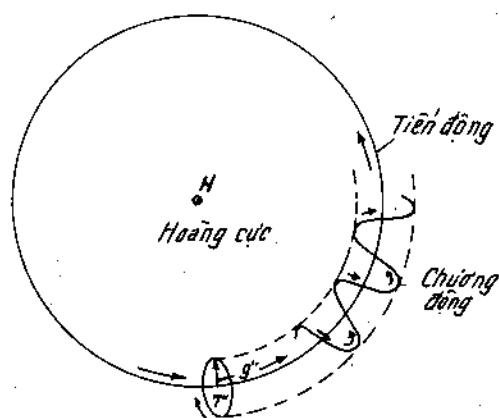
Hiện nay thiên cực Bắc nằm gần sao Bắc Cực (sao α của chòm Gấu nhỏ - chòm Bắc Đẩu nhỏ). Sau 13000 năm thì sao Chức Nữ (sao α của chòm Thiên Cầm) sẽ được gọi là sao Bắc Cực (H. 21).



Hình 21'

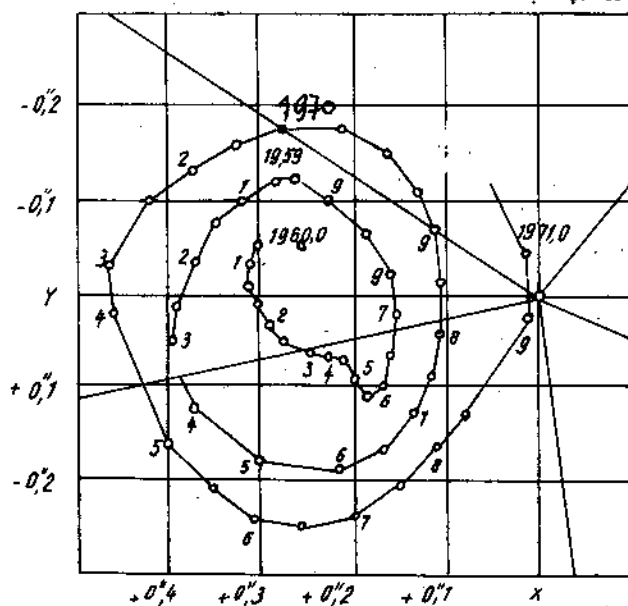
Chú ý rằng Mặt Trăng cũng gây hiện tượng tiến động của trục quay Trái Đất nhưng ở mức độ yếu hơn. Ngoài hiện tượng tiến động, trục quay Trái Đất còn có một chuyển động nhiễu loạn bé được gọi là *chuơng động*. Vì có chương động nên cực vũ trụ dịch chuyển quanh cực trung bình theo một elip với bán trục lớn là $9''21$, bán trục nhỏ là $6''86$. Do tiến động và chương động cực vũ trụ dịch chuyển trên nền trời sao theo một đường uốn khúc gần với dạng hình sin (H.22).

§17. SỰ DI CHUYỂN CỦA CỰC TRÁI ĐẤT TRÊN MẶT CỦA NÓ



Hình 22

Sau nhiều lần đo vĩ độ địa lí ở nhiều nơi người ta đã đi đến kết luận rằng vĩ độ địa lí của mỗi nơi xác định không phải là hằng số mà biến thiên một cách tuần hoàn với biên độ $\pm 0''3$. Điều đáng chú ý là khi ở một nơi có vĩ độ tăng lên thì ở nơi khác trên kinh tuyến đối tâm (kinh độ khác nhau 180°) lại giảm đi cùng một lượng. Có sự dao động này của vĩ độ địa lí là do bản



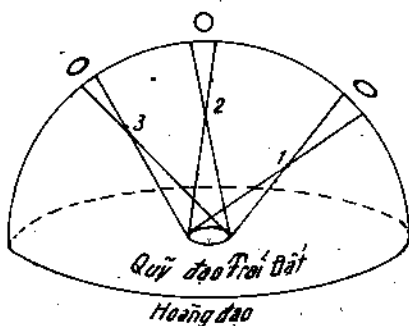
Hình 23

thân Trái Đất không tuyệt đối rắn, nên khi coi trục quay của Trái Đất giữ nguyên phương trong không gian (nếu không xét đến hiện tượng tiến động và chương động) thì kết quả có thể coi như địa cực di chuyển trên mặt đất. Theo các số liệu quan trắc trên cùng một loại kính thiên văn của các trạm độ vĩ quốc tế ở cùng một vĩ tuyến $\varphi = 39^{\circ}03'$ từ trước đến nay cho thấy : Địa cực di chuyển trên mặt đất theo một đường cong rất phức tạp trong phạm vi một hình vuông có cạnh không quá 30m. Hình 23 biểu diễn quỹ đạo dịch chuyển của địa cực Bắc từ năm 1968 đến năm 1971. Hiện nay có gần 40 đài Thiên văn ở khắp các lục địa theo dõi sự di chuyển của cực Trái Đất.

Theo sự phân tích của nhiều nhà khoa học thì đường cong dịch chuyển của địa cực có thể là tổng hợp của hai sự dịch chuyển có chu kì khác nhau : 12 tháng và 14 tháng. Rõ ràng sự dịch chuyển có chu kì 12 tháng có liên quan đến sự biến đổi mùa trên Trái Đất (sự thay đổi về phân bố băng tuyết, các lượng nước, các khối khí). Sự dịch chuyển theo chu kì 14 tháng (theo lập luận của Óle) có thể là do Trái Đất không tuyệt đối rắn.

§18. CHỨNG MINH TRÁI ĐẤT CHUYỂN ĐỘNG QUANH MẶT TRỜI

Ta đã biết Trái Đất trong khi tự quay còn chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo gần như tròn. Mặt phẳng quỹ đạo của Trái Đất cắt thiên cầu theo một đường tròn gọi là *Hoàng đạo*. Đứng trên Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời, nếu quan sát các sao ở gần thì phương nhìn các sao ấy sẽ thay đổi rõ rệt, cụ thể là mỗi sao di chuyển trên thiên cầu trong một năm theo một quỹ đạo elip nào đó. Elip này được gọi là elip thị sai hay *thị sai hàng năm*. Bán kính lớn của elip thị sai càng nhỏ nếu sao càng xa Trái Đất (từ đó người ta có thể xác định khoảng cách đến các sao qua kích thước của elip thị sai của chúng). Ngoài ra ta cũng dễ dàng hình dung các sao nằm ở trên mặt



Hình 24

phẳng hoàng đạo có elip thì sai là một cung, còn nằm ở phương hướng đến hoàng cực thì elip thì sai là một vòng tròn (H.24).

Rõ ràng thì sai hàng năm của các sao chứng tỏ Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời.

Hiện tượng thứ hai chứng tỏ Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời là tinh sai.

Giả sử điểm K là tâm chữ thập của kính mắt (nơi đặt mắt quan sát) và O là tâm kính vật của một kính thiên văn. Người quan sát cùng với kính di chuyển trong không gian theo phương KA với vận tốc v , (v là vận tốc chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời). Tia sáng từ sao S truyền với vận tốc c đến kính vật tại điểm O. Từ O đến K tia sáng phải truyền thêm một khoảng thời gian t ($OK = ct$). Như vậy tia sáng (ảnh của sao) không thể truyền tới đúng điểm K vì trong khoảng thời gian t này người quan sát và kính đã di chuyển đến K_1 với $KK_1 = vt$. Để thu được ảnh của sao nằm đúng tâm chữ thập của kính mắt thì ta phải hướng ống kính không theo phương KO mà phải theo phương K_0O ($K_0K = KK_1$). Như vậy phương K_0S' hướng đến ảnh của sao tạo thành với phương thực KS một góc σ được gọi là góc dịch chuyển tinh sai hay gọi tắt là *tinh sai* của sao S.

Từ tam giác KOK_0 ta có :

$$\sin \sigma = \frac{v}{c} \sin \alpha.$$

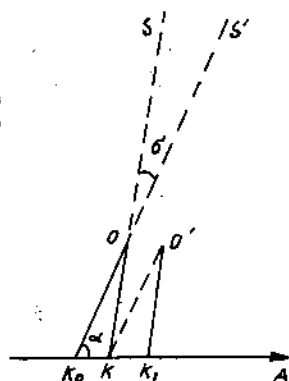
Vì góc σ rất bé nên có thể viết :

$$\sigma = 206\,265'' \frac{v}{c} \sin \alpha \quad (2.2)$$

trong đó α là góc giữa phương quan sát thiên thể và phương chuyển động của người quan sát tức là phương chuyển động của

Trái Đất (phương hướng đến điểm A trên hình 25). Điểm A được gọi là điểm tới và có tên là điểm Apec.

Cần chú ý rằng một người quan sát đứng yên trên Trái Đất, thì thực ra là đang tham gia đồng thời hai chuyển động : chuyển động quay quanh trục Trái Đất và chuyển động quanh Mặt Trời. Vì vậy ta phải phân biệt hai loại tinh sai : tinh sai ngày



Hình 25

và tinh sai năm. Tinh sai ngày là kết quả của sự phối hợp giữa vận tốc ánh sáng và vận tốc quay (v_q) của Trái Đất. Tinh sai năm là kết quả của sự phối hợp giữa vận tốc ánh sáng và vận tốc chuyển động v quanh Mặt Trời. Vì v_q rất bé so với v nên giá trị của tinh sai ngày rất bé. Ta hãy tính tinh sai năm : Biết vận tốc chuyển động quanh Mặt Trời $v = 29,78 \text{ km/s}$, vận tốc ánh sáng $c = 299\,792 \text{ km/s}$ và theo (2.2) ta có :

$$\sigma = 206\,265'' \frac{29,78}{299\,792} \sin \alpha$$

$$\sigma \approx 20''50 \sin \alpha \quad (2.3)$$

Vì điểm tới A nằm trên mặt phẳng hoàng đạo và dịch chuyển đúng một vòng trong một năm nên các vị trí nhìn thấy của thiên thể nằm ở hoàng cực trong một năm tạo thành một vòng tròn có bán kính góc là $20''50$ và có tâm là vị trí thực của thiên thể đó. Các thiên thể ở các vùng khác của thiên cầu vẽ những elip tinh sai với bán trục lớn là $20''50$.

Các thiên thể nằm trên mặt phẳng hoàng đạo vẽ thành 1 cung có độ dài $20''50 \cdot 2 = 41''$.

Sự khác nhau giữa thị sai hàng năm và tinh sai là ở chỗ thị sai hàng năm phụ thuộc vào khoảng cách đến các sao, còn tinh sai chỉ phụ thuộc kích thước quỹ đạo chuyển động của Trái Đất. Từ đó bán trục lớn elip thị sai của các sao có độ lớn khác nhau, ngược lại bán trục lớn elip tinh sai của các sao có trị số bằng nhau và bằng $20''50$.

BÀI TẬP CHƯƠNG II

1. Dựa vào tam giác đặc thực hiện ở Peru, Lapôni và ở Pháp người ta đã tính được độ dài cung 1° (một độ) như sau :

Peru ($\varphi = -2^\circ$) 110,578m

Pháp ($\varphi = +49^\circ$) 112,214m

Lapôni ($\varphi = +66^\circ$) 111,950m

Hãy tính bán kính chính khúc của Trái Đất tại ba nơi ấy.

2. Tính tầm nhìn xa khi một thủy thủ đứng ở một nơi trên con tàu mà mắt người ấy cách mặt nước biển 10m. Coi Trái Đất có dạng cầu với bán kính 6370km. Bỏ qua sự hấp thụ ánh sáng của khí quyển.

3. Tính độ dài của con lắc có chu kì dao động là một giây đặt tại Hà Nội ($\varphi = 21^\circ$)

4. Tính tâm sai quỹ đạo của Trái Đất biết rằng đường kính góc của Mặt Trời lớn nhất vào đầu tháng giêng bằng $32'36''{,}4$ và bé nhất vào đầu tháng bảy bằng $31'32''{,}8$.

10.01
-P.666

Chương III **QUY LUẬT CHUYỂN ĐỘNG** **CỦA CÁC THIÊN THỂ**

Lực tương tác chung của các vật trong vũ trụ là lực vạn vật hấp dẫn. Dưới tác dụng của lực này, các thiên thể chuyển động theo những quỹ đạo xác định.

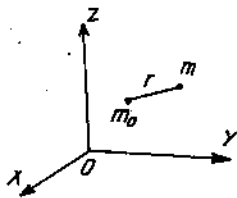
Ba định luật mà Kêple đã thành lập từ số liệu quan trắc chỉ mới là quy luật chuyển động của các hành tinh quanh Mặt Trời. Quy luật chuyển động tổng quát của các thiên thể dưới tác dụng của lực hấp dẫn tương hỗ còn đa dạng hơn nhiều. Bài toán này là nội dung cơ bản của ngành Cơ học thiên thể.

Chương này giới thiệu bài toán hai vật và khái niệm được gọi là lực nhiễu loạn đối với bài toán nhiều vật.

§19. BÀI TOÁN HAI VẬT

Giả sử có hai vật với khối lượng tương ứng m_0 và m_1 được coi như hai chất điểm và cách nhau một khoảng r . Ta hãy khảo sát chuyển động của chúng dưới tác dụng của lực hấp dẫn tương hỗ $F = G m_0 m_1 / r^2$.

Phương trình chuyển động của mỗi vật thành lập trong hệ tọa độ cố định (quán tính) OXYZ (H.26a) là :



Hình 26a

Đối với vật m_0 :

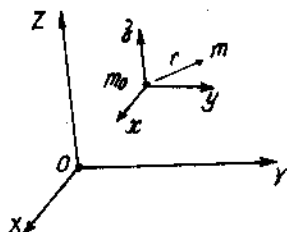
$$\begin{aligned}\frac{d^2 X_0}{dt^2} &= Gm \frac{X - X_0}{r^3} \\ \frac{d^2 Y_0}{dt^2} &= Gm \frac{Y - Y_0}{r^3} \\ \frac{d^2 Z_0}{dt^2} &= Gm \frac{Z - Z_0}{r^3}\end{aligned}\quad (3.1)$$

Trong đó X_0, Y_0, Z_0 và X, Y, Z là tọa độ của m_0 và m ở thời điểm khảo sát.

Cũng như vậy đối với vật m ta có :

$$\begin{aligned}\frac{d^2 X}{dt^2} &= -Gm_0 \frac{X - X_0}{r^3} \\ \frac{d^2 Y}{dt^2} &= -Gm_0 \frac{Y - Y_0}{r^3} \\ \frac{d^2 Z}{dt^2} &= -Gm_0 \frac{Z - Z_0}{r^3}\end{aligned}\quad (3.2)$$

Đối với hệ hai vật này có 6 phương trình vi phân hạng hai. Muốn giải ta phải thực hiện 12 phép tính tích phân. Trong thực tế người ta thường xét chuyển động tương đối, tức là xét chuyển động của một vật đối với vật kia được coi như nằm yên. Muốn vậy, ta sử dụng hệ tọa độ Oxyz gắn với một vật, ví dụ với vật m_0 (H.26b). Trường hợp này thì tọa độ của vật m sẽ là x, y, z và ta có :



Hình 26b

$$\begin{aligned}x &= X - X_0; & y &= Y - Y_0; & z &= Z - Z_0 \\ r^2 &= x^2 + y^2 + z^2\end{aligned}$$

Vận dụng hệ phương trình (3.1) và (3.2) ta sẽ được hệ phương trình chuyển động tương đối của vật m đối với vật m_0 .

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -G(m_0 + m) \frac{x}{r^3}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -G(m_0 + m) \frac{y}{r^3}$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -G(m_0 + m) \frac{z}{r^3}$$

hay

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -K \frac{x}{r^3}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -K \frac{y}{r^3} \quad (3.3)$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -K \frac{z}{r^3}$$

với $K = G(m_0 + m)$

Từ hệ phương trình (3.3) ta rút ra được quy luật chuyển động tương đối của vật m đối với vật m_0 .

Cần biết rằng dưới tác dụng của lực hấp dẫn các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời theo 3 định luật Kêple. Dĩ nhiên việc ta giải bài toán hai vật này nhất định sẽ thu được các định luật ấy, song còn tổng quát hơn nữa.

1. Suy ra định luật 2 Kêple

Trước hết cần biết rằng chuyển động của một vật trong trường lực xuyên tâm (bài toán 2 vật ta đang xét cũng là xét chuyển động của một vật (m) trong trường lực xuyên tâm có tâm của lực tại m_0) diễn ra trong một mặt phẳng chứa tâm của lực. Như vậy đối với các hệ (3.1), (3.2), (3.3) ta chỉ cần hai tọa độ.

Lần lượt nhân hai phương trình đầu của hệ (3.3) với $-y$ và x rồi cộng hai phương trình này ta thu được :

$$x \frac{d^2 y}{dt^2} - y \frac{d^2 x}{dt^2} = 0$$

hay
$$\frac{d}{dt} \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right) = 0$$

Do đó $x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} = C$ (hằng số) (3.4)

Trong hệ tọa độ cực với $x = r \cos \varphi$; $y = r \sin \varphi$ thì (3.4) có dạng :

$$r^2 \frac{d\varphi}{dt} = C$$

nghĩa là ta đã rút ra được định luật 2 mà Kêple đã xây dựng định luật vận tốc diện tích không đổi.

2. Suy ra định luật 1 Kêple

Lần lượt nhân hai phương trình đầu trong hệ (3.3) với $\frac{dx}{dt}$ và $\frac{dy}{dt}$ rồi cộng hai phương trình này ta thu được :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} \frac{dx}{dt} + \frac{d^2 y}{dt^2} \frac{dy}{dt} = -\frac{K}{r^2} \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right)$$

hay

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \left[\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 \right] = -\frac{K}{r^3} \left(r \frac{dr}{dt} \right)$$

$$\frac{d}{dt} \left[\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 \right] = -\frac{2K}{r^2} \frac{dr}{dt}$$

$$\frac{d}{dt} (v^2) = 2K \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{r} \right)$$

$$v^2 = \frac{2K}{r} + B \quad (3.5)$$

Chuyển sang hệ tọa độ cực, v có dạng :

$$v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2$$

hay
$$v^2 = \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 \left[\left(\frac{dr}{d\varphi}\right)^2 + r^2 \right]$$

Từ định luật 2 Kêple ta có :

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{C}{r^2}$$

và biểu thức của v sẽ là :

$$v^2 = \frac{C^2}{r^4} \left[\left(\frac{dr}{d\varphi}\right)^2 + r^2 \right] \quad (3.6)$$

Từ (3.5) và (3.6) ta suy ra :

$$\frac{dr}{d\varphi} = \frac{r^2}{C} \sqrt{\frac{2K}{r} + B - \frac{C^2}{r^2}}$$

hay

$$d\varphi = \frac{dr}{\frac{r^2}{C} \sqrt{\frac{2K}{r} + B - \frac{C^2}{r^2}}}$$

$$d\varphi = \frac{-d\left(\frac{C}{r}\right)}{\sqrt{\frac{2K}{r} + B - \frac{C^2}{r^2}}}$$

$$d\varphi = \frac{-d\left(\frac{C}{r}\right)}{\sqrt{\frac{K^2}{C^2} + B - \left(\frac{C}{r} - \frac{K}{C}\right)^2}}$$

Vì $\frac{K}{C}$ là hằng số, nên có thể viết :

$$d\varphi = \frac{-d\left(\frac{C}{r} - \frac{K}{C}\right)}{\sqrt{\frac{K^2}{C^2} + B - \left(\frac{C}{r} - \frac{K}{C}\right)^2}}$$

Chia tử và mẫu ở vế phải cho $\sqrt{\frac{K^2}{C^2} + B}$ ta được

$$d\varphi = \frac{-d\left(\frac{C}{r} - \frac{K}{C}\right)}{\sqrt{\frac{K^2}{C^2} + B} \sqrt{1 - \frac{\left(\frac{C}{r} - \frac{K}{C}\right)^2}{\frac{K^2}{C^2} + B}}}$$

$$\varphi = \arccos \frac{\frac{C}{r} - \frac{K}{C}}{\sqrt{\frac{K^2}{C^2} + B}} + A$$

$$\text{hay } \cos(\varphi - A) = \frac{\frac{C}{r} - \frac{K}{C}}{\sqrt{\frac{K^2}{C^2} + B}}$$

$$\text{Từ đó } r = \frac{\frac{C^2}{K}}{1 + \sqrt{1 + B \frac{C^2}{K} \cos(\varphi - A)}}$$

$$\text{hay} \quad r = \frac{p}{1 + e \cos(\varphi - A)} \quad (3.7)$$

Đây là phương trình đường cong bậc hai, trong đó có p là thông số

$$p = \frac{C^2}{K} = \text{hằng số}$$

$$\text{và tâm sai} \quad e = \sqrt{1 + B \frac{C^2}{K^2}} = \text{hằng số}$$

$$\text{hay} \quad e^2 = 1 + B \frac{C^2}{K^2} = 1 + \frac{B}{K} p \quad (3.8)$$

Ta có nhận xét rằng (3.5) và (3.8) đều chứa hằng số tích phân B . Điều đó cho thấy có mối liên hệ giữa vận tốc v và tâm sai e , hay nói cách khác có mối liên hệ giữa vận tốc v với dạng của quỹ đạo. Như vậy ta có thể khảo sát chuyển động cụ thể của vật qua (3.5) và (3.8) :

$$v^2 = \frac{2K}{r} + B$$

$$e^2 = 1 + \frac{B}{K} p$$

a) Quỹ đạo elip : $e < 1$, $p = a(1 - e^2)$

$$\text{thì} \quad B = -\frac{K}{a} < 0$$

$$\text{và} \quad v_c^2 = \frac{2K}{r} - \frac{K}{a} = K \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (3.9)$$

b) Quỹ đạo tròn $e = 0$, $r = a$

$$\text{thì} \quad v^2 = \frac{K}{r} \quad (3.10)$$

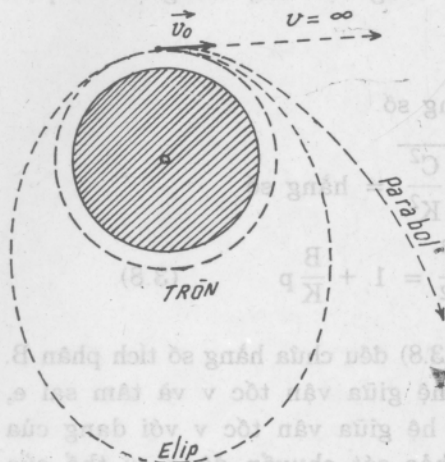
c) Quỹ đạo parabol $e = 1$

$$B = 0$$

$$\text{thì} \quad v_p^2 = \frac{2K}{r} = 2v_1^2 \quad (3.11)$$

d) Quỹ đạo hypebol $e > 1$ và $p = a(e^2 - 1)$,

$$\text{thì } B = \frac{K}{a} \text{ và } v_h^2 = K \left(\frac{2}{r} + \frac{1}{a} \right) \quad (3.12)$$



Hình 27

Như vậy dạng cụ thể của quỹ đạo phụ thuộc vào vận tốc ban đầu và khoảng cách giữa hai vật tức là phụ thuộc vào năng lượng toàn phần của hai vật (động năng + thế năng).

Hình 27 là họ các quỹ đạo của vật m ứng với các vận tốc ban đầu v_0 khác nhau tính từ cận điểm (r lúc này có môđun cực tiểu).

BẢNG TÓM TẮT

Vận tốc ban đầu v_0	Dạng quỹ đạo
$v_t^2 = \frac{K}{r} = G \left(\frac{M+m}{r} \right)$	tròn
$v_e^2 = K \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$	elip
$v_p^2 = \frac{2K}{r}$	parabol
$v_h^2 = K \left(\frac{2}{r} + \frac{1}{a} \right)$	hypebol

Từ định luật I và II Képłe ta rút ra được biểu thức của định luật III Képłe chính xác :

$$\frac{T^2(M + m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G} = \text{const} \quad (3.13)$$

Định luật III Képle chính xác được phát biểu như sau : Tỉ số giữa tích của bình phương chu kì chuyển động của một vật quanh một vật khác với tổng khối lượng của chúng và lập phương bán trục lớn là một đại lượng không đổi (bằng $\frac{4\pi^2}{G}$). Tỉ số có giá trị chung cho mọi cặp vật.

Ta hãy áp dụng định luật III Képle chính xác (3.13) để xét hai hành tinh có khối lượng tương ứng là m_1 và m_2 chuyển động quanh Mặt Trời có khối lượng M :

$$\begin{aligned}\frac{T_1^2 (M + m_1)}{a_1^3} &= \frac{4\pi^2}{G} \\ \frac{T_2^2 (M + m_2)}{a_2^3} &= \frac{4\pi^2}{G} \\ \text{Do đó : } \frac{T_1^2 (M + m_1)}{T_2^2 (M + m_2)} &= \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (3.14)\end{aligned}$$

Vì khối lượng của hành tinh (m_1 và m_2) rất bé so với khối lượng của Mặt Trời M nên (3.14) có biểu thức gần đúng :

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (3.15)$$

(3.15) là biểu thức của định luật III mà Képle đã xác lập từ số liệu quan trắc.

Định luật III Képle chính xác (3.13) có vai trò quan trọng trong thiên văn học vì từ định luật này người ta có khả năng xác định được khối lượng của các thiên thể mỗi khi biết được chu kì và bán trục lớn quỹ đạo chuyển động của thiên thể này quanh thiên thể khác (hai đại lượng chu kì và bán trục lớn có thể xác định được bằng quan trắc).

§20. BÀI TOÁN NHIỀU VẬT. LỰC NHIỀU LOẠN

Bài toán hai vật đã xét là bài toán lí tưởng. Trong thiên nhiên có rất nhiều vật tương tác lẫn nhau. Chẳng hạn khi xét chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất thì ngoài lực tác dụng của Trái Đất, Mặt Trăng còn chịu lực tác dụng của Mặt Trời, của các hành tinh khác... Do đó quỹ đạo của Mặt Trăng không còn là một elip toán học mà bị biến dạng, rất phức tạp.

Việc giải bài toán nhiều vật, ngay cả bài toán ba vật là vô cùng khó khăn, chỉ có thể giải một cách gần đúng. Trong tiết này chúng ta sẽ tìm hiểu phương pháp giải và từ đó hiểu được khái niệm được gọi là lực nhiễu loạn và những ứng dụng lí thú của bài toán nhiều vật (xem §21)

Thử khảo sát sự nhiễu loạn trong chuyển động của một hành tinh của hệ Mặt Trời.

Gọi khối lượng của Mặt Trời và của các hành tinh theo thứ tự $m_0, m_1, m_2, \dots, m_n$.

Lực hấp dẫn tương hỗ giữa hai thiên thể số i và j có dạng :

$$F_{ij} = G \frac{m_i m_j}{r_{ij}^2}$$

Trong hệ tọa độ tuyệt đối thì thành phần của tổng hợp lực (trên tọa độ X) của các thiên thể khác tác dụng lên vật số i là :

$$\begin{aligned} F_{ix} &= m_i \ddot{X}_i \\ &= G m_i m_0 \frac{X_0 - X_i}{r_{i0}^3} + \dots + G m_i m_n \frac{X_n - X_i}{r_{in}^3} \\ &= G \sum_{j=0}^n m_i m_j \frac{X_j - X_i}{r_{ij}^3} \end{aligned}$$

$$\text{hay} \quad \ddot{X}_i = G \sum_{j=0}^n m_j \frac{X_j - X_i}{r_{ij}^3} \quad (3.16)$$

Dấu phẩy (,) ở tổng ($\sum$) có nghĩa là j được lấy trị số từ 0 đến n trừ $j = i$. Đối với vật m_0 ta cũng có biểu thức tương tự :

$$\ddot{X}_0 = G \sum_{j=0}^n m_j \frac{X_j - X_0}{r_{oj}^3} \quad (3.17)$$

Nếu xét chuyển động tương đối của hành tinh đối với Mặt Trời (lấy gốc tọa độ trùng với Mặt Trời m_0) thì :

$$x_i = X_i - X_0 \quad \text{v.v...}$$

và (3.16), (3.17) sẽ có dạng :

$$\ddot{X}_i = G \sum_{j=0}^n m_j \frac{X_j - X_i}{r_{ij}^3} = G m_0 \frac{-x_i}{r_{io}^3} + G \sum_{j=1}^n m_j \frac{x_j - x_i}{r_{ij}^3}$$

$$\ddot{X}_0 = G \sum_{j=0}^n m_j \frac{x_j}{r_{oj}^3} = G m_i \frac{x_i}{r_{oi}^3} + G \sum_{j=1}^n m_j \frac{x_j}{r_{oj}^3}$$

Do đó $\ddot{x}_i = \ddot{X}_i - \ddot{X}_0$ sẽ là :

$$\ddot{x}_i = -G(m_0 + m_i) \frac{x_i}{r_{oi}^3} + G \sum_{j=1}^n m_j \left(\frac{x_j - x_i}{r_{ij}^3} - \frac{x_j}{r_{oj}^3} \right)$$

hay : $\ddot{x}_i = -K \frac{x_i}{r_{oi}^3} + G \sum_{j=1}^n m_j \left(\frac{x_j - x_i}{r_{ij}^3} - \frac{x_j}{r_{oj}^3} \right) \quad (3.18)$

Đối với 2 tọa độ Y và Z ta cũng có biểu thức tương tự.

(3.18) là phương trình chuyển động của hành tinh thứ i đối với Mặt Trời trong trường hấp dẫn của hệ Mặt Trời (các thiên thể từ 0 đến n). Số hạng đầu của vế phải trong (3.18) là gia tốc hấp dẫn của Mặt Trời (vật 0) lên vật i (tương tự như bài toán 2 vật đã xét). Còn số hạng thứ hai biểu diễn tổng của lực

hấp dẫn của các thiên thể khác lên vật khảo sát i và lên Mặt Trời được coi như nằm yên. Phép tính cho biết rằng số hạng thứ hai này có trị số rất bé so với trị số của số hạng đầu và do đó nó được gọi là gia tốc nhiễu loạn.

Để thấy rõ hơn ý nghĩa của gia tốc nhiễu loạn ta hãy xét một hệ đơn giản gồm 3 vật, ví dụ hệ gồm Mặt Trời, Trái Đất và Hỏa Tinh với khối lượng tương ứng là m_0 , m_1 và m_2 .

Theo (3.18) thì phương trình chuyển động của Trái Đất (m_1) đối với Mặt Trời là :

$$\ddot{\mathbf{x}}_1 = -k \frac{\mathbf{x}_1}{r_{01}^3} + Gm_2 \left(\frac{\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1}{r_{12}^3} - \frac{\mathbf{x}_2}{r_{02}^3} \right)$$

Như vậy gia tốc của Trái Đất có 3 thành phần (H.28) :

a) Gia tốc chủ đạo :

$$\mathbf{g}_{01} = \frac{-K\mathbf{x}_1}{r_{01}^3} = -G(m_0 + m_1) \frac{\mathbf{x}_1}{r_{01}^3}$$

do Mặt Trời tác dụng và hướng về Mặt Trời.

b) Gia tốc nhiễu loạn thứ nhất :

$$\mathbf{g}_{12} = Gm_2 \frac{\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1}{r_{12}^3}$$

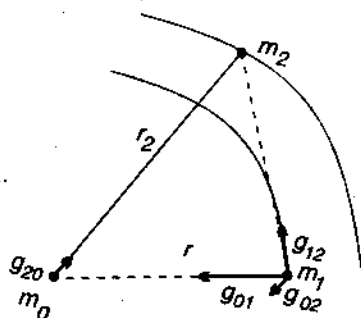
do Hỏa Tinh tác dụng và hướng về Hỏa Tinh.

c) Gia tốc nhiễu loạn thứ hai :

$$\mathbf{g}_{02} = -\mathbf{g}_{20} = -Gm_2 \frac{\mathbf{x}_2}{r_{02}^3}$$

Có gia tốc nhiễu loạn thứ hai này là do ta xét chuyển động của Trái Đất đối với Mặt Trời được coi như đứng yên (vì trong thực tế Mặt Trời còn bị tác dụng hấp dẫn của Hỏa Tinh với gia

tốc $\mathbf{g}_{20} = Gm_2 \frac{\mathbf{x}_2}{r_{02}^3}$ nên phải tính đến gia tốc này).



Hình 28

Ta thấy rằng gia tốc nhiễu loạn phụ thuộc vào khối lượng của Hỏa Tinh và vào khoảng cách từ Hỏa Tinh đến Trái Đất và Mặt Trời. Rõ ràng các khoảng cách này đều thay đổi theo thời gian và do đó gia tốc nhiễu loạn có độ lớn và hướng luôn luôn biến thiên. Điều này cho ta thấy việc giải bài toán nhiễu loạn, ngay cả bài toán 3 vật là rất phức tạp.

§21. QUÁ TRÌNH PHÁT HIỆN THÊM CÁC HÀNH TINH

Cho đến giữa thế kỉ XVIII, người ta chỉ mới biết được 6 hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời : Thủy Tinh, Kim Tinh, Trái Đất, Hỏa Tinh, Mộc Tinh và Thổ Tinh. Nghiên cứu khoảng cách từ các hành tinh này đến Mặt Trời người ta thấy có quy luật sau :

Nếu cộng thêm 4 cho mỗi số trong dãy số 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96 thì ta được một dãy số mới biểu diễn khá chính xác khoảng cách từ các hành tinh đến Mặt Trời.

T.T	K.T	T.Đ	H.T		M.T	T.T
4	7	10	16	28	52	100
(3,9)	(7,3)	(10)	(15,2)		(52)	(95,4)*

Điều đáng chú ý là ứng với con số 28 không có hành tinh ? Đến cuối thế kỉ XVIII nhà thiên văn nghiệp dư Italia Piatxi đã phát hiện qua ống kính một thiên thể có độ sáng rất yếu di chuyển đối với các sao. Sử dụng các số liệu quan sát của Piatxi nhà toán học Gauxơ đã xác định được quỹ đạo elip của thiên thể này có bán trục lớn bằng 27,7. Thiên thể mà Piatxi phát hiện là một hành tinh có kích thước rất bé so với các hành tinh đã biết và được gọi là hành tinh tí hon. Đến nay người ta đã

* Các số có móc đơn chỉ khoảng cách thực từ Mặt Trời đến các hành tinh với quy ước khoảng cách từ Mặt Trời đến Trái Đất là 10 đơn vị.

phát hiện trên hai ngàn hành tinh tí hon như vậy (quỹ đạo của chúng đều nằm ở giữa quỹ đạo của Hỏa Tinh và của Mộc Tinh).

Năm 1781 nhà thiên văn Anh Hecsen đã phát hiện qua ống kính một hành tinh lớn và được gọi là Thiên Vương Tinh. Quỹ đạo của Thiên Vương Tinh nằm ở ngoài quỹ đạo của Thổ Tinh. Nghiên cứu dạng quỹ đạo của Thiên Vương Tinh người ta cho rằng phải có một hành tinh nào khác nữa đã gây nhiễu loạn lên chuyển động của hành tinh này. Một bài toán mới đã đặt ra cho các nhà thiên văn là : Theo đặc điểm nhiễu loạn trong quỹ đạo chuyển động của Thiên Vương Tinh hãy đoán nhận vị trí của hành tinh (chưa biết) đã gây ra nhiễu loạn đó. Bài toán hóc búa này đã được nhà khoa học Pháp Laveriê giải. Vào đêm 23 tháng 9 năm 1846 nhà thiên văn Đức Gale đã quan sát được hành tinh dự đoán này ở rất gần vị trí mà Laveriê đã dự tính trước (sai không đầy 1°). Hành tinh mới này được gọi là Hải Vương Tinh. Năm 1930 người ta lại phát hiện thêm một hành tinh nữa và được gọi là Diêm Vương Tinh.

Như vậy trong hệ Mặt Trời, ngoài hàng ngàn hành tinh tí hon có 9 hành tinh lớn. Nếu kể từ Mặt Trời ra xa thì 9 hành tinh lớn đó là : Thủy Tinh, Kim Tinh, Trái Đất, Hỏa Tinh, Mộc Tinh, Thổ Tinh, Thiên Vương Tinh, Hải Vương Tinh và Diêm Vương Tinh.

Cần nói thêm rằng việc phát hiện Hải Vương Tinh bằng cách giải bài toán nhiễu vật đã chứng tỏ sự đúng đắn của định luật vạn vật hấp dẫn và khả năng kì diệu của toán học.

§22. XÁC ĐỊNH KHỐI LƯỢNG CỦA CÁC THIÊN THỂ

Khối lượng của các thiên thể có thể xác định qua định luật 3 Kêple hay qua sự phân tích đặc điểm nhiễu loạn trong chuyển động của các thiên thể khác do thiên thể có khối lượng cần được xác định gây nên.

Sử dụng biểu thức chính xác của định luật 3 Képle (3.15) ta có thể xác định tỉ số giữa khối lượng của Mặt Trời và khối lượng của hành tinh nếu hành tinh này có vệ tinh.

Kí hiệu lần lượt khối lượng của Mặt Trời, hành tinh và vệ tinh là M , m và m_1 ; chu kì chuyển động của hành tinh quanh Mặt Trời và chu kì chuyển động của vệ tinh quanh hành tinh là T và T_1 ; kí hiệu bán trục lớn của quỹ đạo chuyển động của chúng là a và a_1 thì theo định luật 3 Képle ta có :

$$\frac{T^2 (M + m)}{T_1^2 (m + m_1)} = \frac{a^3}{a_1^3}$$

$$\text{Từ đó : } \frac{M + m}{m + m_1} = \frac{a^3 T_1^2}{a_1^3 T^2} \quad (3.19)$$

Trong thực tế vì khối lượng của Mặt Trời là rất lớn so với khối lượng của hành tinh ($M \gg m$) và khối lượng của hành tinh lại rất lớn so với khối lượng của vệ tinh ($m \gg m_1$) nên (3.19) có dạng :

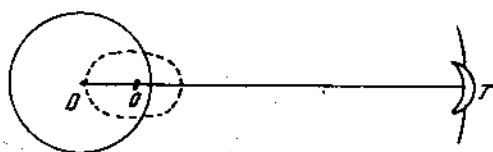
$$\frac{M}{m} = \frac{a^3 T_1^2}{a_1^3 T^2} \quad (3.20)$$

Vì chu kì chuyển động và bán trục lớn quỹ đạo của các hành tinh và vệ tinh là những đại lượng có thể xác định bằng quan trắc nên từ (3.20) ta xác định được tỉ số khối lượng M/m . Chẳng hạn như ứng dụng (3.20) để xét chuyển động của Mộc Tinh và vệ tinh của nó thì ta biết Mặt Trời có khối lượng lớn hơn khối lượng của Mộc Tinh khoảng 1050 lần.

Cần chú ý thêm rằng trong hệ Mặt Trời thì Trái Đất có khối lượng không quá lớn so với khối lượng của Mặt Trăng. Đối với trường hợp này nếu sử dụng (3.20) để xác định tỉ số M/m sẽ

mắc sai số lớn. Để có độ chính xác cần thiết ta phải sơ bộ tính trước khối lượng của Mặt Trăng rồi mới sử dụng (3.19).

Như đã trình bày ở §19 dưới tác dụng của lực hấp dẫn tương hỗ, cả hai thiên thể đều chuyển động trong không gian. Ta nói Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất theo quỹ đạo elip là nói đến sự chuyển động tương đối của Mặt Trăng đối với Trái Đất được coi như nằm yên. Trong thực tế Trái Đất và Mặt Trăng đều chuyển động quanh khối tâm chung của hệ Trái Đất + Mặt Trăng, và khối tâm này chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo elip. Như vậy do sự chuyển động của Trái Đất quanh khối tâm chung của hệ Trái Đất + Mặt Trăng, mà khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời biến thiên theo thời gian với chu kì xác định (bằng chu kì chuyển động của Trái Đất và Mặt Trăng quanh khối tâm chung).



Hình 29

Trên hình 29 Trái Đất có tâm là D. Mặt Trăng là T, O là khối tâm chung của hệ. Gọi khoảng cách DO là x, khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng là r thì ta có :

$$mx = m_1(r - x).$$

Bằng quan trắc sự biến thiên khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời người ta xác định được khoảng cách từ tâm Trái Đất đến khối tâm O là $x = 4635\text{km}$. Người ta cũng xác định được khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng $r = 384\,400\text{km}$ và do đó :

$$m = 81,5m_1$$

Biết chu kì chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời $T = 365,25$ ngày, chu kì chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất $T = 27,32$ ngày, bán trục lớn quỹ đạo của Trái Đất $a = 149\,600\,000\text{ km}$, bán trục lớn quỹ đạo của Mặt Trăng $a_1 = 384\,400\text{ km}$. Đưa các giá trị này vào (3.19) ta tính được :

$$M = 330\,000m.$$

6a.
Tức là khối lượng Mặt Trời lớn hơn khối lượng Trái Đất đến 330 000 lần và bằng :

$$M \approx 330\,000.6.10^{24}\text{kg}$$

$$M \approx 1,98.10^{30}\text{kg}.$$

Biết khối lượng của Mặt Trời, ta có thể xác định dễ dàng khối lượng của các hành tinh theo (3.20)

§23. CHUYỂN ĐỘNG CỦA VỆ TINH NHÂN TẠO CỦA TRÁI ĐẤT

Quanh Trái Đất có một vệ tinh thiên nhiên chuyển động, đó là Mặt Trăng.

Ngày 4-X-1957, lần đầu tiên trong lịch sử, Liên Xô cũ đã phóng thành công vệ tinh nhân tạo đầu tiên của Trái Đất, mở đầu kỉ nguyên du hành vũ trụ.

Cần biết rằng các thiên thể nhân tạo cũng chuyển động theo các định luật Kêple (quỹ đạo chuyển động của chúng phụ thuộc vào lực hấp dẫn và vận tốc ban đầu).

Bằng tên lửa nhiều tầng, vật phóng được tăng tốc dần. Khi tầng cuối ngừng hoạt động và tách ra khỏi vật phóng thì vật phóng đã tới một điểm có độ cao xác định và có vận tốc xác định theo phương nằm ngang. Điểm này được gọi là điểm vào quỹ đạo.

Nếu tại điểm vào quỹ đạo vận tốc của vật đạt vận tốc chuyển động tròn $v_1^2 = G(m_0 + m)/r$ thì vật sẽ chuyển động tròn quanh Trái Đất.

Nếu vận tốc bé hay lớn hơn vận tốc chuyển động tròn thì vật sẽ chuyển động theo quỹ đạo elip. Trong trường hợp bé hơn thì điểm lên quỹ đạo là viễn điểm, trường hợp ngược lại là cận

điểm. Rõ ràng trong trường hợp thứ nhất vật sẽ lại rơi xuống mặt đất.

Vì khối lượng của vật phóng m rất bé so với khối lượng của Trái Đất nên vận tốc chuyển động tròn của vệ tinh nhân tạo ở độ cao h trên mặt đất (cách tâm Trái Đất $r = R + h$, với R là bán kính của Trái Đất) được tính theo công thức :

$$v_t^2 = \sqrt{\frac{GM}{R + h}}$$

Một vệ tinh nhân tạo tưởng tượng chuyển động theo quỹ đạo tròn ở sát mặt đất ($h = 0$) thì phải có vận tốc

$$V_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7,91\text{km/s} \quad (3.21)$$

Vận tốc V_1 này được gọi là vận tốc vũ trụ cấp I của Trái Đất.

Trong thực tế, các vệ tinh nhân tạo được phóng lên khá cao (thường cao trên 100km) để tránh lớp khí quyển dày đặc, nhưng dù sao thì khí quyển vẫn còn và do ma sát mà quỹ đạo của chúng liên tục biến đổi, cụ thể bán trục lớn của quỹ đạo giảm dần. Vì càng ở gần mặt đất khí quyển càng dày đặc nên vận tốc của vệ tinh bị giảm nhanh khi chuyển động ở vùng cận điểm. Từ đó độ cao của viễn điểm giảm rõ rệt sau mỗi vòng chuyển động cho đến khi quỹ đạo có dạng tròn. Từ đây vệ tinh chịu lực ma sát đồng đều trên toàn quỹ đạo nên hạ thấp dần theo đường xoắn ốc đi vào lớp khí quyển dày đặc và bốc cháy.

Cần chú ý rằng vì bán kính quỹ đạo của vệ tinh ngày càng giảm, tức là thế năng của nó ngày càng giảm và một phần của độ giảm thế năng này được chuyển sang động năng dẫn đến kết quả là vận tốc của vệ tinh không bị giảm mà ngược lại tăng lên và do đó chu kì chuyển động của nó cũng giảm dần (phù hợp với định luật 3 Kêple).

§24. CHUYỂN ĐỘNG CỦA CÁC TRẠM VŨ TRỤ

Ta gọi trạm vũ trụ là vật được phóng lên quỹ đạo với vận tốc lớn hơn vận tốc vũ trụ cấp I, đến mức có khả năng vượt ra khỏi phạm vi tác dụng của Trái Đất và tiến đến các thiên thể khác trong hệ Mặt Trời. Quỹ đạo của các trạm vũ trụ bao gồm hai phần chính : phần hoạt động và phần thụ động. Trong phần hoạt động, trạm chuyển động nhờ sức đẩy của tên lửa. Phần thụ động bắt đầu từ lúc tên lửa ngừng hoạt động và từ đây trạm tiếp tục chuyển động trong trường hấp dẫn của Trái Đất và của các thiên thể khác của hệ Mặt Trời (Mặt Trăng, Mặt Trời, các hành tinh).

Nếu vận tốc của trạm ở thời điểm bắt đầu phần thụ động bằng (hay lớn hơn) vận tốc parabol đối với Trái Đất thì trạm sẽ chuyển động theo quỹ đạo parabol (hay hiperbôl) cho đến khi nó chưa vượt ra khỏi cấu tác dụng của Trái Đất hay chưa đi vào cấu tác dụng của một thiên thể khác nào đó.

Cấu tác dụng của một thiên thể nào đó có khối lượng m so với một thiên thể khác có khối lượng m' là khoảng không gian bao quanh nó mà ở trong khoảng không gian này thỏa mãn điều kiện :

$$\frac{\Delta g}{g} < \frac{\Delta g'}{g'}$$

trong đó g và g' là gia tốc trọng trường trong trường hấp dẫn của thiên thể m và m' , Δg và $\Delta g'$ là gia tốc nhiễu loạn từ phía m' và m gây ra. Bán kính ρ của cấu tác dụng được tính theo công thức :

$$\rho = r \left(\frac{m}{m'} \right)^{2/5} \quad (3.22)$$

trong đó r là khoảng cách giữa hai thiên thể đó.

Từ công thức (3.22) ta tính được bán kính cấu tác dụng của Trái Đất so với Mặt Trời bằng 930 000km, và bán kính cấu tác dụng của Mặt Trăng so với Trái Đất bằng 66 000km. Số liệu sau

có nghĩa rằng một con tàu vũ trụ được phóng từ Trái Đất khi tiến đến cách Mặt Trăng 66 000km thì lực chủ yếu quyết định đặc điểm chuyển động tiếp theo của trạm là lực hấp dẫn của Mặt Trăng, còn lực hấp dẫn của Trái Đất chỉ đóng vai trò phụ (lực nhiễu loạn). Tại biên giới này nếu vận tốc của trạm đối với Mặt Trăng bằng không thì trạm sẽ rơi tự do xuống Mặt Trăng, nếu lớn hơn không nhưng bé hơn vận tốc parabol đối với Mặt Trăng thì tùy theo phương chuyển động của trạm mà trạm có thể chuyển động quanh Mặt Trăng theo quỹ đạo elip hay tròn, nếu vận tốc bằng hay lớn hơn vận tốc parabol thì trạm có thể thoát li khỏi Mặt Trăng.

Cần nhắc lại rằng một trạm vũ trụ muốn thoát li khỏi Trái Đất thì vận tốc của trạm lúc bắt đầu phân thụ động (tại điểm lên quỹ đạo) phải đạt vận tốc parabol đối với Trái Đất. Giả sử điểm lên quỹ đạo này ở độ cao h thì vận tốc parabol là :

$$v_p = \sqrt{\frac{2K}{r}} = \sqrt{\frac{2GM}{R+h}} \quad (3.23)$$

Nếu điểm bắt đầu phân thụ động lấy ngay tại mặt đất ($h = 0$) thì :

$$v_p = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Vận tốc này được gọi là vận tốc vũ trụ cấp II của Trái Đất :

$$V_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad (3.24)$$

$$V_{II} = V_I \sqrt{2}$$

$$V_{II} = 7,91 \sqrt{2} \text{ km/s}$$

$$V_{II} = 11,2 \text{ km/s}$$

Bây giờ ta hãy tìm hiểu khái niệm được gọi là vận tốc vũ trụ cấp III, vận tốc ban đầu cần thiết để cho trạm vũ trụ thoát li khỏi hệ Mặt Trời tiến vào khoảng không giữa các sao.

Muốn cho một trạm vũ trụ vượt khỏi lực hấp dẫn của Trái Đất tiến vào cấu tác dụng của Mặt Trời mà không rơi xuống Mặt Trời thì tại vùng giới hạn này phải có vận tốc v đối với Mặt Trời (vận tốc nhật tâm) khác không. Tùy theo trị số và hướng của vận tốc nhật tâm v này mà quỹ đạo chuyển động của trạm đối với Mặt Trời có dạng khác nhau. Cần biết rằng các trạm vũ trụ được phóng từ Trái Đất đang chuyển động quanh Mặt Trời với vận tốc xác định v_D . Hiệu số vận tốc nhật tâm v của trạm và v_D của Trái Đất được gọi là vận tốc bổ sung v_{BS} của trạm - vận tốc của trạm đối với Trái Đất khi nó rời khỏi cấu tác dụng của Trái Đất so với Mặt Trời.

Vận tốc ban đầu của trạm (tại điểm lên quỹ đạo ở độ cao h) được tính theo (3.9) :

$$v_o^2 = \frac{2GM}{R+h} - \frac{GM}{a}$$

Vận tốc của trạm ở khoảng cách r bằng bán kính cấu tác dụng của Trái Đất ρ , chính là vận tốc bổ sung của trạm cũng được tính theo (3.9) :

$$v_{BS}^2 = \frac{2GM}{\rho} - \frac{GM}{a}$$

Từ 2 phương trình trên ta có :

$$v_o^2 - v_{BS}^2 = \frac{2GM}{R+h} - \frac{2GM}{\rho}$$

$$\text{hay} \quad v_o^2 - v_{BS}^2 = v_p^2 - \frac{2GM}{\rho} \approx v_p^2$$

vì ρ khá lớn so với $R+h$.

Như vậy vận tốc ban đầu của trạm được tính theo công thức

$$v_o = \sqrt{v_p^2 + v_{BS}^2} \quad (3.25)$$

Đến đây ta hãy tính vận tốc ban đầu cần có của trạm để thoát li hệ Mặt Trời. Muốn vậy vận tốc nhật tâm của trạm phải đạt được vận tốc parabol đối với Mặt Trời. Ta biết Trái Đất

chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo elip với tâm sai rất bé nên có thể coi như theo quỹ đạo tròn và vận tốc được tính theo (3.10) và bằng $v_o = v_t = 29,8 \text{ km/s}$. Ở khoảng cách của Trái Đất thì vận tốc parabol đối với Mặt Trời $v_p = v_t \sqrt{2} = 42,1 \text{ km/s}$. Như vậy muốn thoát li khỏi Mặt Trời (khỏi hệ Mặt Trời) thì vận tốc nhát tâm của trạm phải bằng $v = v_p = 42,1 \text{ km/s}$. Từ đó nếu trạm khi thoát ra khỏi cấu tác dụng của Trái Đất có chiều chuyển động cùng chiều chuyển động của Trái Đất thì vận tốc bổ sung của nó là :

$$v_{BS} = v_p - v_t = (42,1 - 29,8) \text{ km/s} = 12,3 \text{ km/s}$$

và nếu ngược chiều với chiều chuyển động của Trái Đất thì :

$$v_{BS} = v_p + v_t = (42,1 + 29,8) \text{ km/s} = 71,9 \text{ km/s}.$$

Như vậy vận tốc ban đầu cần thiết của trạm (tính theo (3.25) trong trường hợp thuận chiều sẽ là :

$$v_o = \sqrt{(11,2)^2 + (12,3)^2} = 16,6 \text{ km/s}$$

và trong trường hợp ngược chiều sẽ là :

$$v_o = \sqrt{(11,2)^2 + (71,9)^2} = 72,8 \text{ km/s}.$$

Ta thấy rằng vận tốc ban đầu cần thiết của một trạm (được phóng từ mặt Trái Đất) để có thể thoát li khỏi hệ Mặt Trời phụ thuộc rõ rệt đến chiều chuyển động của trạm khi vượt ra khỏi cấu tác dụng của Trái Đất. Nó nằm trong giới hạn :

$$16,6 \text{ km/s} \leq v_o \leq 72,8 \text{ km/s}.$$

Vận tốc bé nhất bằng 16,6 km/s được gọi là vận tốc vũ trụ cấp III của Trái Đất.

$$V_{III} = 16,6 \text{ km/s}.$$

BÀI TẬP CHƯƠNG III

1. Một vệ tinh nhân tạo chuyển động quanh Trái Đất theo quỹ đạo elip có tâm sai e , bán trục lớn a và chu kì T .

a) Tính vận tốc dài của vệ tinh ở cận điểm và ở viễn điểm. So sánh độ lớn hai vận tốc ấy.

b) Cho $e = 0,2$, $a = 10\,000\text{ km}$, $R_d = 6\,370\text{ km}$, tính khoảng cách gần nhất và xa nhất từ vệ tinh đến mặt đất.

2. Hãy tính độ cao và vận tốc ngang của một vệ tinh liên lạc địa tĩnh chuyển động tròn quanh Trái Đất (có chu kì bằng chu kì tự quay của Trái Đất) (cho biết diện tích elip là $\pi ab = \pi a^2 \sqrt{1 - e^2}$).

3. Tính gần đúng khối lượng của Mộc Tinh, biết rằng : đối với Mộc Tinh $a = 5,2$ đơn vị thiên văn, $T = 11,9$ năm ; đối với vệ tinh Ganimet của Mộc Tinh $a_1 = 7,14 \cdot 10^{-3}$ đơn vị thiên văn. $T_1 = 1,9 \cdot 10^{-2}$ năm.

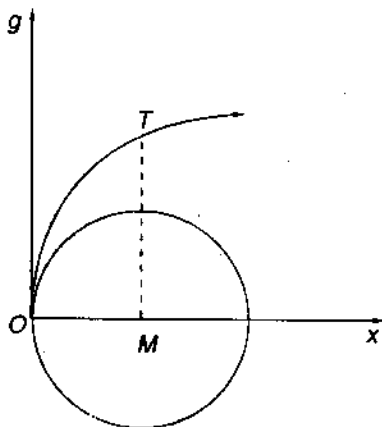
4. Tính vận tốc vũ trụ cấp I và cấp II của Mặt Trăng.

5. Tính vận tốc của vệ tinh nhân tạo bay theo quỹ đạo tròn ở độ cao 250 km quanh Trái Đất, quanh Hỏa Tinh và quanh Mặt Trăng.

6. Người ta phóng một trạm vũ trụ chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo tròn trong mặt phẳng hoàng đạo. Các trạm quan sát từ mặt đất thấy trạm này dao động quanh Mặt Trời với biên độ xác định bằng 45° .

a) Tính bán kính quỹ đạo a_1 và chu kì chuyển động T_1 của Trạm (coi Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo tròn với bán kính bằng 1 đ.v.t.v. và với chu kì 1 năm).

b) Giả sử tại điểm O trên quỹ đạo tròn của trạm (H.30) người ta tăng vận tốc cho trạm tức thời đến vận tốc parabol (trạm bắt đầu chuyển động theo quỹ đạo parabol nhận điểm O làm đỉnh). Hãy tính thời gian trạm chuyển từ điểm O đến điểm T. Cho biết phương trình parabol trong hệ xOy là $y^2 = 2px$ trong đó p là khoảng cách từ tiêu điểm đến đường chuẩn. Chú ý thêm rằng định luật 2 Képle cũng đúng đối với chuyển động parabol.



Hình 30

7. Người ta muốn phóng một vệ tinh nhân tạo theo phương án sau :

a) Từ mặt đất cung cho vệ tinh vận tốc v_0 theo phương thẳng đứng.

b) Khi vệ tinh lên đến độ cao h có vận tốc bằng không, người ta lại cung cho nó vận tốc v_1 theo phương ngang ($v_1 \perp v_0$) để vệ tinh chuyển động theo quỹ đạo elip có tâm sai e và thông số p được xác định trước.

Bỏ qua sức cản của không khí hãy tính các vận tốc v_0 và v_1 . Cho biết bán kính của Trái Đất là R_0 và gia tốc trọng trường tại mặt đất là g_0 ($g_0 = G \frac{M}{R^2}$; M là khối lượng của Trái Đất).

Hướng dẫn. Vì chuyển động trong trường lực xuyên tâm, áp dụng định luật bảo toàn mômen xung lượng và cơ năng.

8. Một vệ tinh nhân tạo đang chuyển động theo quỹ đạo elip với tâm sai e và thông số p . Khi vệ tinh bay đến viễn điểm thì người ta giảm vận tốc của nó để quỹ đạo mới có khoảng cách cận điểm bằng bán kính R_0 của Trái Đất (nghĩa là để đưa vệ tinh trở về Trái Đất). Hãy tính độ giảm vận tốc đó.

Chương IV

THIÊN CẦU. NHẬT ĐỘNG

Trong các chương trước chúng ta đã xét quy luật chuyển động của các thiên thể. Để phát hiện được các quy luật ấy, người ta đã dựa vào những kết quả xác định vị trí nhìn thấy của các thiên thể trên vòm trời ở nhiều thời điểm quan sát khác nhau. Chương IV này giới thiệu những cơ sở để xác định vị trí nhìn thấy của các thiên thể.

§25. THIÊN CẦU

1. Định nghĩa

Thiên cầu là một mặt cầu tưởng tượng có tâm là nơi ta quan sát, có bán kính vô cùng lớn mà tất cả các thiên thể dường như được phân bố trên mặt đó.

Thiên cầu có mấy đặc điểm đáng chú ý sau :

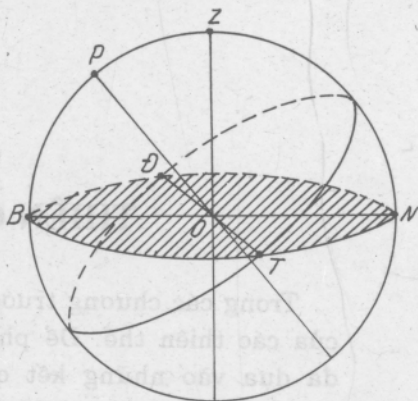
- Mặt phẳng chứa tâm thiên cầu cắt thiên cầu theo một vòng tròn lớn.
- Qua 2 điểm trên thiên cầu không đối tâm chỉ có thể vẽ được một vòng tròn lớn.
- Các vòng tròn lớn đều cắt nhau (tại hai điểm đối tâm)

Chú ý : đoạn thẳng nối 2 điểm (2 thiên thể) trên thiên cầu là một cung của vòng tròn lớn, từ đó ta cũng có thể nói đường thẳng trên thiên cầu là một vòng tròn lớn và như vậy trên thiên cầu ta không thể vẽ được những đường thẳng song song.

2. Những điểm và đường cơ bản trên thiên cầu

Để xác định vị trí của các thiên thể trên thiên cầu người ta đã quy ước những điểm và đường cơ bản sau (H.31)

- Thiên đỉnh và đường chân trời. Đường thẳng góc với mặt đất ở nơi ta đứng (tâm O của thiên cầu) cắt thiên cầu tại 2 điểm được gọi là *thiên đỉnh* (Z) và *đối thiên đỉnh* (Z'). Mặt phẳng vuông góc với OZ (tiếp tuyến với mặt đất) gọi là mặt phẳng chân trời. Mặt phẳng chân trời cắt thiên cầu theo một vòng tròn lớn được gọi là *đường chân trời* (NTBD).



Hình 31 Z'

- Thiên cực và xích đạo trời. Đường thẳng qua tâm O mà sự quay của thiên cầu nhận làm trục gọi là *trục vũ trụ*. Trục vũ trụ cắt thiên cầu tại 2 điểm được gọi là *thiên cực Bắc* (P) và *thiên cực Nam* (P'). Thiên cực Bắc là thiên cực nếu hướng đến đó ta thấy các sao nhật động ngược chiều kim đồng hồ. Mặt phẳng qua tâm O và vuông góc với trục vũ trụ PP' (song song với mặt phẳng xích đạo Trái Đất) cắt thiên cầu theo một vòng tròn lớn được gọi là *xích đạo trời*. Xích đạo trời cắt thiên cầu thành 2 nửa Bắc và Nam. Nửa Bắc có thiên cực Bắc P.

- Kinh tuyến trời. Các điểm Đông, Tây, Nam, Bắc. Vòng tròn lớn đi qua 2 thiên cực (P.P') và thiên đỉnh (Z) gọi là *kinh tuyến trời*. Kinh tuyến trời cắt đường chân trời tại 2 điểm Bắc (B) và Nam (N). Có thể nói điểm Bắc là điểm chiếu của thiên cực Bắc lên đường chân trời. Nửa vòng kinh tuyến trời giới hạn bởi 2 thiên cực và chứa thiên đỉnh Z gọi là *kinh tuyến trên* còn nửa kia gọi là *kinh tuyến dưới*.

Xích đạo trời cắt đường chân trời tại 2 điểm (cách đều 2 điểm Bắc và Nam) được gọi là *Điểm Đông* (Đ) và *điểm Tây* (T). Rõ ràng kinh tuyến trời chia thiên cầu ra 2 nửa Đông và Tây. Vết chiếu của kinh tuyến trời lên mặt phẳng chân trời (BON) gọi là đường nửa ngày hay *đường Bắc Nam*.

Vòng thẳng đứng. Vòng giờ. Các vòng tròn đi qua thiên đỉnh (Z) và đối thiên đỉnh (Z') thẳng góc với đường chân trời gọi là các *vòng thẳng đứng*. Các vòng tròn đi qua 2 thiên cực (P và P') thẳng góc với xích đạo trời gọi là các *vòng giờ*.

Do Trái Đất tự quay quanh một trục mà ta nhìn thấy thiên cầu quay theo chiều ngược lại với chu kì một ngày gọi là *nhật động*. Do nhật động, tất cả các thiên thể quay quanh trục vũ trụ PP' có quỹ đạo là những vòng tròn song song với xích đạo trời và được gọi là các *vòng nhật động*.

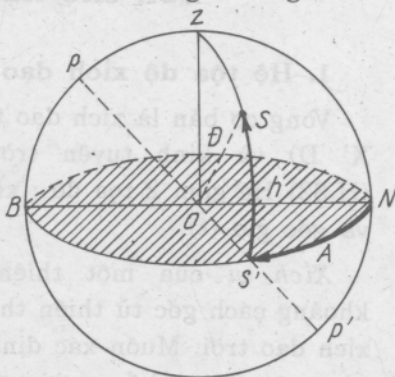
§26. HỆ TỌA ĐỘ CHÂN TRỜI

Muốn xác định vị trí cụ thể của các thiên thể trên thiên cầu người ta đã sử dụng các hệ tọa độ cầu. Các hệ tọa độ cầu khác nhau phụ thuộc vào các điểm và vòng chọn làm chuẩn khác nhau. Hệ đơn giản nhất là hệ tọa độ chân trời.

Trong hệ tọa độ chân trời, người ta chọn vòng cơ bản là đường chân trời và điểm cơ bản là thiên đỉnh. Hệ gồm 2 tọa độ : độ cao (h) và độ phương (A).

Độ cao h. *Độ cao* của một thiên thể là khoảng cách góc từ thiên thể đó đến đường chân trời. Muốn xác định độ cao của một thiên thể, chẳng hạn như của sao S (H. 32) thì ta vẽ vòng thẳng đứng qua sao đó. Vòng này cắt đường chân trời tại S'. Độ cao h của sao S là : $h = \text{cung } SS'$ tương ứng góc SOS'.

Độ cao của thiên thể có giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 90° . Nhiều khi người ta dùng khoảng cách đỉnh Z thay cho độ cao. *Khoảng cách*



Hình 32

đỉnh Z của sao S = cung ZS tương ứng góc ZOS. Rõ ràng đối với một thiên thể thì tổng độ cao và khoảng cách đỉnh của nó bằng 90° .

$$h + Z = 90^\circ \quad (4.1)$$

- Độ phương A. Độ *phương* của một thiên thể cho ta biết phương quan sát thiên thể đó. Nó có trị số bằng góc giữa vòng thẳng đứng qua điểm Nam (N) và vòng thẳng đứng qua thiên thể khảo sát. Trên hình 32 độ phương A của sao S = góc NOS' = cung NS'. Độ phương được tính từ điểm Nam theo chiều nhật động, tức hướng đến điểm Tây và có trị số từ 0 đến 360° . Nhiều khi người ta còn vận dụng quy ước bầu trời Đông và Tây để có độ phương Đông hay Tây (180° Đ ; T)

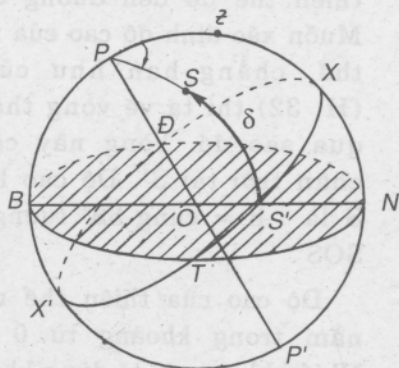
Rõ ràng do nhật động mà tọa độ chân trời của mỗi thiên thể biến đổi theo thời gian. Mặt khác đứng ở các nơi khác nhau trên mặt đất để quan sát một thiên thể nào đó thì sẽ thấy nó ở độ cao và độ phương khác nhau. Như vậy tọa độ chân trời của mỗi thiên thể phụ thuộc vào thời điểm và nơi quan sát và cũng vì thế nó là hệ tọa độ thực hành quan sát.

§27. CÁC HỆ TỌA ĐỘ XÍCH ĐẠO

1. Hệ tọa độ xích đạo 1

Vòng cơ bản là xích đạo trời (X T X' Đ) và kinh tuyến trời PZNP' (H.33) Hệ gồm 2 tọa độ : xích vĩ (δ) và góc giờ (t).

Xích vĩ của một thiên thể là khoảng cách góc từ thiên thể đó đến xích đạo trời. Muốn xác định xích vĩ của một thiên thể người ta vẽ vòng giờ qua thiên thể đó.



Hình 33

Xích vĩ δ của sao $S =$ cung $SS' =$ góc SOS' . Xích vĩ của các thiên thể có giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến $\pm 90^\circ$. Dấu cộng tính cho các thiên thể ở nửa thiên cầu Bắc, dấu trừ nửa thiên cầu Nam.

Do nhật động, các thiên thể vẽ những vòng tròn song song với xích đạo trời. Từ đó xích vĩ của các thiên thể không thay đổi vì nhật động. Nó cũng không phụ thuộc vào nơi quan sát.

Góc giờ t của mỗi thiên thể là góc giữa kinh tuyến trên và vòng giờ qua thiên thể đó. Nó được tính từ kinh tuyến trên theo chiều nhật động (tức từ kinh tuyến trên sang hướng tây) và có giá trị từ 0 đến 360° hay từ 0 đến $24h$ (mỗi giờ ứng với 15°).

Rõ ràng do nhật động mà góc giờ (t) của mỗi thiên thể biến thiên một cách tuần hoàn (từ 0 đến 360°) với chu kì bằng chu kì nhật động. Hơn nữa nó còn phụ thuộc vào nơi quan sát.

2. Hệ tọa độ xích đạo 2

Vòng cơ bản cũng là xích đạo trời. Điểm cơ bản là điểm xuân phân (γ)*. Hệ gồm 2 tọa độ : xích vĩ δ (cũng giống như ở hệ xích đạo thứ nhất) và xích kinh α (h. 34).

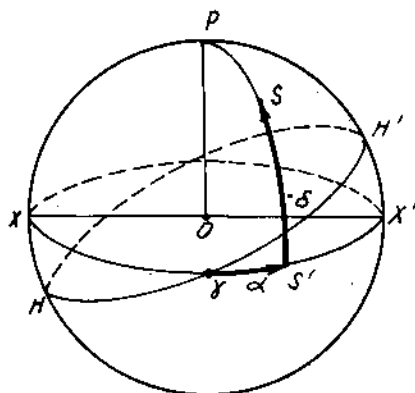
Xích kinh α của mỗi sao (S) có trị số bằng góc giữa vòng giờ qua điểm xuân phân (điểm gốc) và vòng giờ qua sao đó.

$$\begin{aligned}\alpha &= \text{góc } \gamma OS' \\ &= \text{cung } \gamma S'.\end{aligned}$$

Xích kinh được tính từ điểm xuân phân γ theo chiều ngược với chiều nhật động và có giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 360° hay từ 0 đến $24 h$.

Vì điểm xuân phân nằm yên trong không gian (thực ra có chuyển động do hiện tượng tiến động nhưng rất chậm) nên nó cũng tham gia nhật động như các thiên thể khác. Do đó xích

* Điểm xuân phân (γ) là một trong hai giao điểm của xích đạo trời và hoàng đạo. Mặt Trời di chuyển biểu kiến qua điểm này từ Nam thiên cầu lên Bắc thiên cầu. Hoàng đạo là quỹ đạo chuyển động biểu kiến của mặt trời trên thiên cầu.



Hình 34

kinh của các thiên thể không thay đổi vì nhật động. Ngoài ra nó cũng không phụ thuộc vào nơi quan sát.

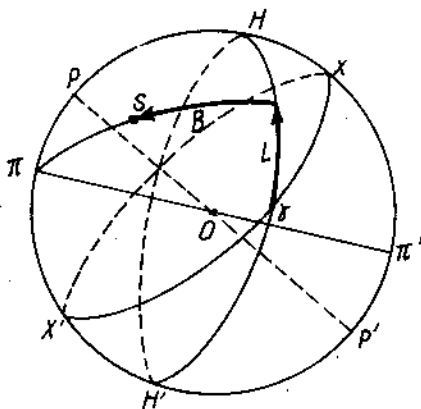
Tóm lại cả hai tọa độ (xích vĩ và xích kinh) trong hệ tọa độ xích đạo thứ hai đều không thay đổi vì nhật động và đều không phụ thuộc vào nơi quan sát. Chúng được dùng để lập các bản đồ sao, cũng như để thông báo các sự di chuyển của thiên thể trên bầu trời chẳng hạn như sao

Chổi, các hành tinh, các vệ tinh, Mặt Trăng, Mặt Trời v.v... cũng như các vệ tinh nhân tạo, các con tàu vũ trụ... để cho mọi đài trạm quan sát trên mặt đất cùng sử dụng (bằng cách chuyển từ tọa độ xích đạo, sang tọa độ chân trời để quan sát).

§28. HỆ TỌA ĐỘ HOÀNG ĐẠO

Trong hệ này, vòng cơ bản là vòng hoàng đạo tức là vòng chuyển động nhìn thấy Mặt Trời trên thiên cầu trong một năm. Trên thiên cầu có hai điểm cách hoàng đạo 90° : điểm π ở trên nửa thiên cầu Bắc gọi là hoàng cực Bắc (hoàng cực Bắc cách thiên cực Bắc một khoảng cách góc bằng góc giữa hoàng đạo và xích đạo) và điểm π' gọi là hoàng cực Nam. Hệ gồm hai tọa độ: Hoàng vĩ là khoảng cách góc từ thiên thể đến

hoàng đạo, kí hiệu là B. Trên hình 35 hoàng vĩ của thiên thể S là cung SS'. Hoàng vĩ có giá trị từ 0 đến $\pm 90^\circ$, dấu (+) đối với các thiên thể phía bắc hoàng đạo, còn dấu (-) đối với phía nam.



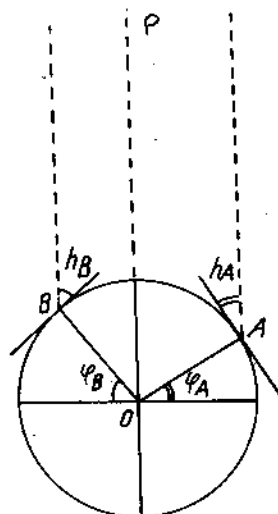
Hình 35

Tọa độ thứ hai là *hoàng kinh* L được tính từ điểm xuân phân theo chiều ngược với chiều nhật động. Hoàng kinh có giá trị từ 0 đến 360° .

Hệ tọa độ hoàng đạo được sử dụng thuận tiện cho việc theo dõi vị trí của các thiên thể trong hệ Mặt Trời.

§29. SỰ LIÊN HỆ GIỮA ĐỘ CAO CỦA THIÊN CỤC VÀ VỊ ĐỘ ĐỊA LÍ CỦA NƠI QUAN SÁT

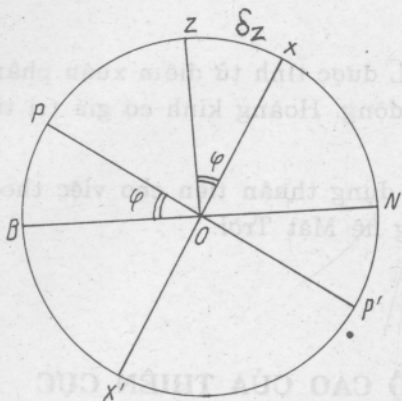
Ta đã biết do Trái Đất quay mà toàn bộ thiên cầu nhật động quanh một trục, được gọi là trục vũ trụ PP' (trùng với trục quay của Trái Đất). Tùy theo từng nơi quan sát khác nhau mà mặt phẳng chân trời tạo thành với trục vũ trụ những góc khác nhau. Ta sẽ chứng minh rằng độ cao của thiên cực quan sát tại mỗi nơi bằng vĩ độ địa lí nơi đó. Vì bán kính thiên cầu vô cùng lớn nên người đứng ở A có trục vũ trụ AP , người đứng ở B có trục vũ trụ BP đều đồng nhất với OP



Hình 36

(đều song song với trục quay Trái Đất và cùng cắt thiên cầu ở thiên cực P). Từ hình 36 ta dễ dàng thấy rằng nơi A có vĩ độ φ_A thì mặt phẳng chân trời tạo với phương của trục vũ trụ góc $h_A = \varphi_A$. Nơi B có vĩ độ φ_B thì mặt phẳng chân trời cũng tạo thành với phương của trục vũ trụ góc $h_B = \varphi_B$.

(Vì là những góc nhọn có cạnh thẳng góc với nhau).



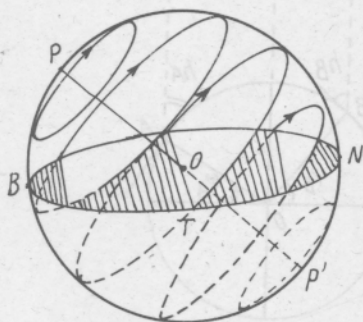
Hình 37

Như vậy ta có công thức :

$$h_p = \varphi \quad (4.2)$$

Nếu chú ý đến các điểm trên kinh tuyến trời (h.37) và công thức (4.2) thì vĩ độ địa lí cũng có trị số bằng xích vĩ của thiên đỉnh ($\varphi = \delta_z$)

§30. HIỆN TƯỢNG MỘC VÀ LẶN CỦA CÁC THIÊN THỂ DO NHẬT ĐỘNG



Hình 38

Do nhật động các thiên thể vẽ những đường tròn song song với xích đạo trời. Tùy theo vĩ độ φ của nơi quan sát mà xích đạo trời tạo với đường chân trời một góc xác định và từ đó vòng nhật động của các thiên thể hoặc cắt đường chân trời tại 2 điểm hoặc tiếp xúc với đường chân trời, hoặc nằm trên đường chân trời, hoặc khuất dưới đường chân trời (h.38).

Điểm gặp ở phía Đông của bầu trời là điểm mọc, điểm gặp ở phía Tây là điểm lặn của thiên thể.

Quan sát tại một nơi có vĩ độ xác định φ thì điều kiện để một thiên thể có mọc và có lặn là xích vĩ (δ) của nó thỏa mãn :

$$|\delta| \leq (90^\circ - |\varphi|) \quad (4.3)$$

Các thiên thể nằm trên xích đạo trời XX' ($\delta = 0$) mọc đúng điểm Đông (Đ) và lặn đúng điểm Tây (T).

Các thiên thể ở Bắc thiên cầu ($\delta > 0$) mọc ở phương Đông Bắc và lặn ở phương Tây Bắc.

Các thiên thể ở Nam thiên cầu ($\delta < 0$) mọc ở phương Đông Nam và lặn ở phương Tây Nam.

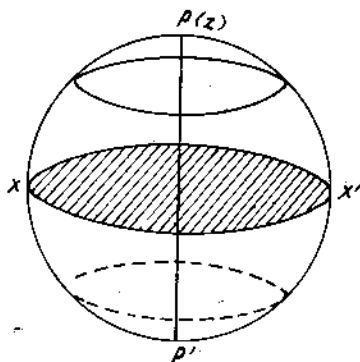
Cuối cùng nếu trị số tuyệt đối của xích vĩ của các thiên thể thỏa mãn :

$$|\delta| \geq (90^\circ - |\varphi|) \quad (4.4)$$

thì vòng nhật động không cắt đường chân trời và do đó chúng hoặc không bao giờ lặn hoặc không bao giờ mọc.

§31. QUAN SÁT BẦU TRỜI TẠI NHỮNG NƠI CÓ VỊ ĐỘ KHÁC NHAU

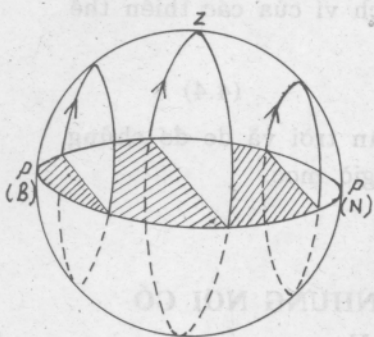
1. Ở địa cực ($\varphi = 90^\circ$) theo (4.2) độ cao của thiên cực bằng 90° thì thiên cực P trùng với thiên đỉnh Z, xích đạo trời trùng với đường chân trời (H. 39). Từ đó các vòng nhật động của các thiên thể đều song song với đường chân trời tức là không có hiện tượng mọc lặn. Nếu đứng ở địa cực Bắc thì các sao có xích vĩ $\delta > 0$ thỏa mãn (4.4) nên không bao giờ lặn còn các sao có xích vĩ $\delta < 0$ thì không bao giờ mọc.



Hình 39

Như vậy đứng ở địa cực thì ta chỉ có khả năng quan sát được một nửa bầu trời sao (ở địa cực Bắc chỉ thấy được các sao ở nửa Bắc thiên cầu và ngược lại ở địa cực Nam chỉ thấy được các sao ở Nam thiên cầu).

2. Ở xích đạo ($\varphi = 0$) theo (4.2) thì độ cao của thiên cực bằng 0° , tức thiên cực nằm ngay trên đường chân trời (thiên cực Bắc trùng với điểm Bắc, thiên cực Nam trùng với điểm Nam (h.40). Trong trường hợp này vòng nhật động của các thiên thể đều thẳng góc với đường chân trời. Như vậy tất cả các thiên thể đều mọc và lặn (thời gian mọc bằng thời gian lặn) và ta quan sát được toàn bộ bầu trời sao.



Hình 40

3. Ở vĩ độ trung gian ($0 < \varphi < 90^\circ$).

Hình 38 vẽ cho trường hợp người quan sát đứng ở nửa địa cầu Bắc có vĩ độ trung gian. Rõ ràng đặc điểm mọc lặn của thiên thể còn phụ thuộc vào xích vĩ. Các thiên thể có xích vĩ $\delta = 0$ thì thời gian mọc bằng thời gian lặn, có xích vĩ thỏa mãn $0 < \delta < 90^\circ - \varphi$ thì thời gian mọc lớn hơn thời gian lặn, có xích vĩ thỏa mãn $\delta > 90^\circ - \varphi$ thì không bao giờ lặn ; có xích vĩ âm thỏa mãn

$0 < |\delta| < 90^\circ - \varphi$ thì thời gian mọc bé hơn thời gian lặn, có xích vĩ âm thỏa mãn $|\delta| > 90^\circ - \varphi$ thì không bao giờ mọc. Như vậy đứng ở những nơi có vĩ độ trung gian ta không có khả năng quan sát được toàn bộ bầu trời sao. Càng tiến về hai cực Trái Đất thì số sao thấy được càng ít.

§32. SỰ BIẾN THIÊN TỌA ĐỘ CỦA CÁC THIÊN THỂ DO NHẬT ĐỘNG

Tại thời điểm thiên thể mọc hay lặn thì độ cao của nó bằng không, còn độ phương A phụ thuộc xích vĩ của nó và độ vĩ nơi quan sát. Từ lúc mọc cho đến lúc qua kinh tuyến trên độ cao của thiên thể tăng dần. Tại kinh tuyến trên độ cao của thiên thể có giá trị cực đại, có độ phương $A = 0$ (nếu thiên thể ở vế

phía Nam thiên đỉnh), hay $A = 180^\circ$ (nếu ở về phía Bắc thiên đỉnh).

Từ thời điểm qua kinh tuyến trên cho đến thời điểm lặn (hay nói tổng quát hơn cho đến thời điểm qua kinh tuyến dưới) thì độ cao của thiên thể giảm dần...

Như vậy tọa độ chân trời (h, A) của mỗi thiên thể biến thiên liên tục do nhất động với chu kì bằng chu kì nhất động nếu như thiên thể đó nằm yên trên thiên cầu.

Cũng như độ phương A , góc giờ t của các thiên thể cũng liên tục biến thiên. Tại thời điểm qua kinh tuyến trên thì $t = 0$ và tại thời điểm qua kinh tuyến dưới thì $t = 180^\circ$ hay 12h. Điều đáng chú ý là góc giờ của các thiên thể biến thiên một cách đều đặn và đây là yếu tố quan trọng cho phép ta xác định giờ chính xác phục vụ cho việc dự báo giờ hằng ngày.

Từ hình 41 suy ra độ cao của các thiên thể khi chúng qua kinh tuyến trên đối với người quan sát ở nửa địa cầu Bắc.

- Nếu $\delta < \varphi$ thì thiên thể qua kinh tuyến trên ở phía Nam thiên đỉnh và độ cao h bằng :

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta \quad (4.5)$$

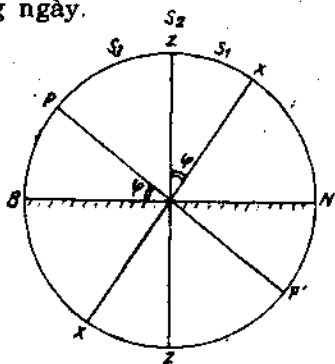
hay : $Z = \varphi - \delta$

Nếu $\delta = \varphi$ thì thiên thể qua thiên đỉnh Z và độ cao $h = 90^\circ$ (4.6) hay $Z = 0$.

- Nếu $\delta > \varphi$ thì thiên thể qua kinh tuyến trên ở phía Bắc thiên đỉnh và độ cao h bằng :

$$h = 90^\circ + \varphi - \delta \quad (4.7)$$

hay $Z = \delta - \varphi$



Hình 41

Cần chú ý thêm rằng nếu quan sát tại một nơi xác định một thiên thể nào đó mà có điểm mọc, điểm lặn và độ cao khi qua

kinh tuyến trên không đổi theo thời gian thì rõ ràng xích vĩ của thiên thể này không biến đổi theo thời gian.

Đối với Mặt Trời, Mặt Trăng cũng như các hành tinh... thì điểm mọc và điểm lặn cũng như độ cao khi qua kinh tuyến trên đều biến thiên. Như vậy xích vĩ của các thiên thể này biến đổi theo thời gian.

BÀI TẬP CHƯƠNG IV

1. Ở nơi nào thì điểm Bắc trùng với thiên cực Bắc và ở nơi nào hai điểm này cách xa nhau nhất.

2. Với điều kiện quan sát nào thì độ cao của sao Bắc cực bằng khoảng cách đỉnh.

3. Chứng minh rằng vòng thẳng đứng thứ nhất (vuông góc với kinh tuyến trời) cắt xích đạo trời tại điểm Đông và điểm Tây.

4. Trong điều kiện quan sát nào thì độ phương của thiên thể không thay đổi từ lúc mọc đến lúc qua kinh tuyến trên.

5. Tìm góc giờ và độ phương của thiên đỉnh.

6. Sao Thiên Lang có xích vĩ $\delta = -16^{\circ}30'$. Tính độ cao và độ phương của nó khi qua kinh tuyến trên đối với người quan sát ở Hà Nội ($\varphi = 21^{\circ}03'$).

7. Sao Chức Nữ có xích kinh là $18^{\text{h}}34^{\text{ph}}$, xích vĩ 38° . Hỏi khi điểm xuân phân qua kinh tuyến trên thì nó ở phương nào của bầu trời (đối với người quan sát tại Hà Nội). Ở thời điểm ấy góc giờ của sao ấy là bao nhiêu ?

Chương V

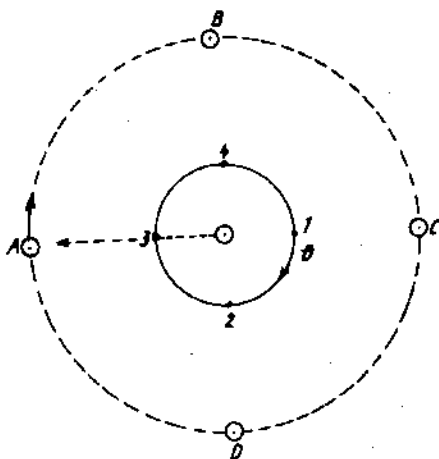
BỐN MÙA. THỜI GIAN, LỊCH

Như đã biết, do tự quay và chuyển động quanh Mặt Trời mà trên Trái Đất có hiện tượng ngày đêm và biến đổi mùa.

§33. HOÀNG ĐẠO. HOÀNG ĐỐI

Đặc điểm chuyển động biểu kiến của Mặt Trời (§4) là ngoài nhật động còn từ từ dịch chuyển trên nền trời sao ngược với chiều nhật động (tức là từ Tây sang Đông) với chu kì xác định (1 năm)

Quỹ đạo chuyển động biểu kiến hàng năm của Mặt Trời trên nền trời sao được gọi là *hoàng đạo*. Có hiện tượng chuyển động biểu kiến này là do ta quan sát Mặt Trời từ Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời. Hình 42 biểu diễn chuyển động của Trái Đất D quanh Mặt Trời và những vị trí nhìn thấy Mặt Trời O trên nền trời sao. Trái Đất ở vị trí 1 thì ta thấy Mặt Trời ở vị trí A, Trái Đất chuyển động đến vị trí 2 thì ta thấy Mặt Trời ở vị trí B, Trái Đất chuyển động đến các vị trí 3, 4 thì ta thấy Mặt Trời ở các vị trí C, D. Rõ ràng Trái Đất chuyển động đúng một vòng



Hình 42

trở về vị trí cũ (1) thì ta cũng thấy Mặt Trời dịch chuyển đúng một vòng trên thiên cầu và chiều chuyển động nhìn thấy của Mặt Trời cùng chiều với chiều chuyển động của Trái Đất.

Người ta đã chia hoàng đạo ra 12 cung bằng nhau (mỗi cung 30°). Cung đầu tiên khởi đầu từ điểm Xuân phân γ .

Các sao nằm dọc theo khu vực hoàng đạo được khoanh ra 12 chòm khá cách đều nhau với dụng ý là Mặt Trời di chuyển qua mỗi chòm trong khoảng thời gian bằng $\frac{1}{12}$ chu kì chuyển động nhìn thấy hàng năm của nó. Dối cầu bao gồm 12 chòm sao nói trên được gọi là *hoàng đới*. Năm dương lịch có 12 tháng, nên ứng với mỗi tháng dương lịch nhất định Mặt Trời di chuyển qua một chòm sao nhất định trên hoàng đới.

Bảng 1

CÁC CHÒM SAO TRÊN HOÀNG ĐỐI

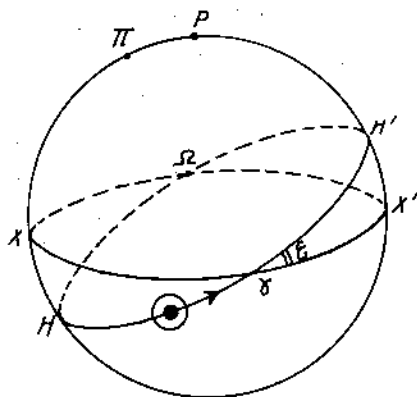
Tháng	Chòm sao Mặt Trời đi qua	Dấu hiệu	Tháng	Chòm sao Mặt Trời đi qua	Dấu hiệu
I	Con Hươu (Ma kết)		VII	Con Tôm (Cự giải)	
II	Cái Bình (Bào bình)		VIII	Sư tử	
III	Song Ngư		IX	Trình Nữ	
IV	Con Dê (Bạch Dương)		X	Cái Cân (Thiên Bình)	
V	Con Trâu (Kim ngưu)		XI	Thần Nông	
VI	Song Tử		XII	Nhân Mã	

Ban ngày không thấy được các sao song ta vẫn có thể khảo sát sự chuyển động nhìn thấy của Mặt Trời trên hoàng đạo đối với các chòm sao. Chẳng hạn tháng III Mặt Trời in hình lên chòm sao Song Ngư thì lúc Mặt Trời bắt đầu lặn, ta sẽ thấy ở chân trời Đông có chòm Trình Nữ bắt đầu mọc. Sau đó một tháng, lúc Mặt Trời lặn ta sẽ thấy chòm Trình Nữ đã nằm cao trên chân trời Đông 30° ($360^\circ : 12$) và chòm Cái Cân bắt đầu mọc, như vậy ở thời kì này Mặt Trời đã in hình lên chòm sao Con Dê... Rõ ràng, nếu ta nhớ hình dạng và thứ tự các chòm

sao trên hoàng đới thì ta có thể xác định được ngày tháng trong năm dương lịch bằng cách quan sát các chòm sao này. Hơn nữa nếu theo dõi nhật động của các chòm sao, ta lại có thể xác định giờ trong đêm. Còn ban ngày thì ta có thể xác định giờ qua vị trí của Mặt Trời.

§34. ĐỘ NGHIÊNG GIỮA HOÀNG ĐẠO VÀ XÍCH ĐẠO TRỜI

Các kết quả quan sát cho biết thiên cực (P, P') không thay đổi vị trí đối với các sao**. Từ đó ta khẳng định rằng trục tự quay của Trái Đất không đổi phương trong không gian, (tức là trong quá trình chuyển động quanh Mặt Trời, trục Trái Đất vẫn luôn giữ phương song song với chính nó). Ngoài ra, hàng năm xích vĩ δ của Mặt Trời biến thiên trong khoảng từ $-23^{\circ}27'$ đến $+23^{\circ}27'$ chứng tỏ trục Trái Đất không thẳng góc với mặt phẳng quỹ đạo



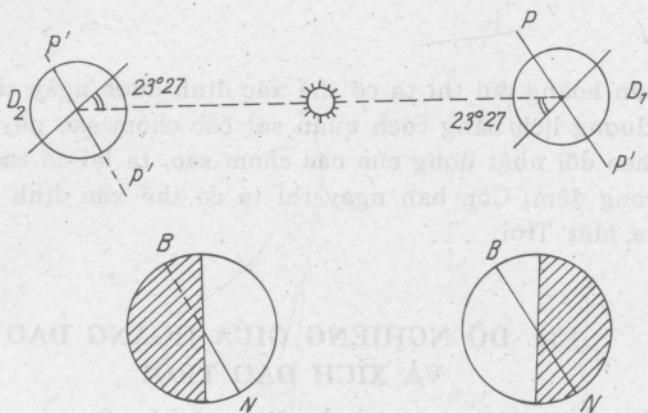
Hình 43

chuyển động (mặt phẳng hoàng đạo) của nó, mà nghiêng một góc $66^{\circ}33' = 90^{\circ} - 23^{\circ}27'$. Từ đó mặt phẳng xích đạo trời và mặt phẳng hoàng đạo nghiêng trên nhau một góc bằng $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ (H. 43).

Trên hình 44 : D_1 và D_2 là hai vị trí của Trái Đất nằm đối tâm với Mặt Trời vào ngày Hạ chí và Đông chí. Đường $D_1 \odot D_2$ là mặt phẳng hoàng đạo (trong hình này mặt phẳng hoàng đạo

* Tên gọi theo truyền tích của phương Tây. Trong âm lịch ta đang dùng có tên gọi của 12 con vật khác. Xem phụ lục 4.

** Thực ra nếu quan sát trong thời gian rất dài thì thiên cực có di chuyển do hiện tượng tiến động.



Hình 44

vuông góc với mặt giấy). Trục quay của Trái Đất PP' luôn song song với chính nó và nghiêng đối với mặt phẳng hoàng đạo một góc $66^{\circ}33'$. Khi Trái Đất ở vị trí D_1 Mặt Trời nằm ở nửa thiên cầu Bắc cách mặt phẳng xích đạo một góc $23^{\circ}27'$ nghĩa là Mặt Trời có xích vĩ $\delta = +23^{\circ}27'$, ở vị trí D_2 Mặt Trời có xích vĩ $\delta = -23^{\circ}27'$. Hình 43 biểu diễn hoàng đạo HH' và xích đạo trời XX' trên thiên cầu. Chúng nghiêng trên nhau một góc $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ và cắt nhau tại 2 điểm γ và Ω . Điểm γ được gọi là điểm xuân phân, điểm mà tại đó Mặt Trời đi qua từ nửa thiên cầu Nam lên nửa thiên cầu Bắc.

§35. BIẾN ĐỔI MÙA TRÊN TRÁI ĐẤT

Qua các tiết §34 và §35 ta biết rằng hàng năm Mặt Trời chuyển động biểu kiến trên hoàng đạo HH' nên tọa độ xích đạo của nó biến thiên hàng năm (xích vĩ δ biến thiên từ $-23^{\circ}27'$ đến $+23^{\circ}27'$ còn xích kinh α biến thiên từ 0 đến 24h). Vì xích vĩ biến thiên nên điểm mọc và lặn cũng như thời gian ở trên chân trời và lặn dưới chân trời hàng ngày của Mặt Trời biến thiên hay nói cách khác độ dài của ban ngày và ban đêm đối với các nơi trên Trái Đất thay đổi với chu kì 1 năm.

Bảng II ghi 4 vị trí đặc biệt của Mặt Trời trên hoàng đạo (mỗi vị trí có xích vĩ và xích kinh xác định, ứng với một ngày tháng nhất định của dương lịch...)

Bảng II

Vị trí	Ngày	δ	α	Độ dài của ban ngày so với ban đêm
γ (xuân phân)	21-III	0	0	ngày = đêm
H (Hạ chí)	22-VI	$+23^{\circ}27'$	6h	ngày dài nhất trong năm
Ω (Thu phân)	23-IX	0	12h	ngày = đêm
(Đông chí)	22-XII	$-23^{\circ}27'$	18h	đêm dài nhất trong năm

Cần chú ý thêm rằng vào ngày xuân phân và thu phân (ngày = đêm) thì cũng là thời kì thông lượng bức xạ của Mặt Trời truyền đến 2 nửa địa cầu ngang nhau. Trong nửa năm từ ngày xuân phân (qua Hạ chí) đến ngày thu phân Mặt Trời chệch về nửa thiên cầu Bắc (có $\delta > 0$) thì ngày dài hơn đêm và thông lượng bức xạ của Mặt Trời truyền phần nhiều đến nửa địa cầu Bắc và cực đại vào ngày Hạ chí. Trong nửa năm còn lại Mặt Trời nằm chệch về nửa thiên cầu Nam (có $\delta < 0$) thì ngày ngắn hơn đêm và thông lượng bức xạ của Mặt Trời truyền phần ít xuống nửa địa cầu Bắc và cực tiểu vào ngày Đông chí. Chính vì lẽ ấy mà thời tiết trên Trái Đất thay đổi với chu kì bằng 1 năm.* Người ta quy ước một năm có 4 mùa : Xuân, Hạ, Thu, Đông. Ở phương Tây thì khởi điểm của 4 mùa là 4 ngày chính trên. Còn theo phương Đông thì 4 ngày trên lại là 4 ngày chính giữa của 4 mùa và cụ thể là :

- Mùa xuân : Từ 5-11 (lập xuân) đến 6-V (lập hạ), giữa mùa xuân là ngày Xuân phân 21-III.

* Xét cho nửa địa cầu Bắc, còn ở nửa địa cầu Nam thì ngược lại.

- *Mùa hạ* : Từ 6-V (lập hạ) đến 8-XIII (lập thu), giữa mùa hạ là ngày Hạ chí 22-VI.

- *Mùa thu* : Từ 8-VIII (lập thu) đến ngày 8-XI (lập đông), giữa mùa thu là ngày Thu phân 23-IX.

- *Mùa đông* : từ 8-XI (lập đông) đến ngày 5-II (lập xuân) giữa mùa đông là ngày Đông chí 22-XII.

Chú ý : Ở nam địa cầu thì 4 mùa diễn ra theo thứ tự ngược lại. Chẳng hạn như khi ở Bắc bán cầu là mùa hạ thì ở Nam bán cầu lại là mùa đông.

Như vậy nguyên nhân có biến đổi mùa trên Trái Đất là do Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời và trục quay của nó không thẳng góc với mặt phẳng quỹ đạo và có phương không đổi trong không gian.

Rõ ràng chu kì biến đổi mùa bằng chu kì chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời, chính xác hơn nó bằng chu kì Mặt Trời trở lại điểm Xuân phân và bằng 365,2422 ngày.

§36. NGÀY VÀ ĐÊM Ở NHỮNG NƠI CÓ VỊ ĐỘ ĐỊA LÍ KHÁC NHAU

Vì xích vĩ của Mặt Trời biến thiên trong năm và do đó độ cao của Mặt Trời lúc giữa trưa (lúc qua kinh tuyến trên) cũng như khoảng thời gian nó ở trên chân trời và lặn dưới chân trời biến thiên, hơn nữa còn phụ thuộc vào vĩ độ địa lí nên ngày đêm diễn ra trên Trái Đất không giống nhau.

- Ở địa cực Bắc ($\varphi = 90^\circ$) từ ngày xuân phân (21-III) đến ngày thu phân (23-IX) Mặt Trời có xích vĩ dương thỏa mãn điều kiện (4.4) nên không lặn. Suốt 6 tháng này là ban ngày. Từ lúc mọc đến lúc lặn (6 tháng), do nhật động mà Mặt Trời quay hơn 182 vòng ($365 : 2$) trên đường chân trời theo đường xoắn ốc. Vào ngày Hạ chí Mặt Trời (có $\delta = 23^\circ 27'$) lên đến độ cao cực đại. Theo (4.5) thì vào ngày này độ cao của mặt Trời bằng $23^\circ 27'$.

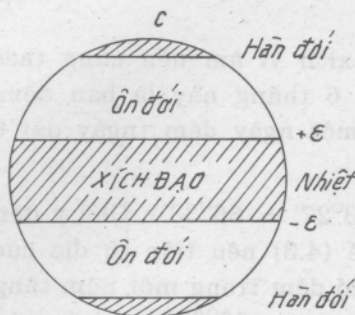
Còn 6 tháng kia vì Mặt Trời có xích vĩ âm nên cũng theo điều kiện (4.4) lại không mọc. Suốt 6 tháng này là ban đêm. Tóm lại ở địa cực một năm chỉ có một ngày đêm (ngày dài 6 tháng, đêm dài 6 tháng).

- Ở Bắc cực khuyên ($\varphi = 90^\circ - 23^\circ 27' = 66^\circ 33'$). Chú ý đến điều kiện mọc lặn của một thiên thể (4.3) nếu tiến từ địa cực Bắc đến Bắc cực khuyên thì số ngày có đêm trong một năm tăng lên dần. Rõ ràng đến Bắc cực khuyên ($\varphi = 66^\circ 33'$) thì số ngày đêm đã đạt đến trị số cực đại (365 ngày đêm). Riêng ngày Hạ chí vì xích vĩ của Mặt Trời $\delta = +23^\circ 27'$ thỏa mãn điều kiện không lặn ($\delta = 90^\circ - \varphi$) nên vòng nhật động của Mặt Trời tiếp xúc với đường chân trời. Còn những ngày trước và sau ngày Hạ chí thì Mặt Trời chỉ lặn một ít dưới chân trời và thực chất cũng chưa có đêm rõ rệt (thường gọi là đêm trắng - hoàng hôn tiếp giáp với bình minh).

- Ở Bắc chí tuyến ($\varphi = 23^\circ 27'$), từ Bắc cực khuyên tiến về xích đạo thì trong năm đã có 365 ngày đêm rõ rệt. Nếu xét vị trí của Mặt Trời lúc giữa trưa (qua kinh tuyến trên) cho những nơi từ địa cực Bắc đến Bắc chí tuyến thì Mặt Trời luôn luôn ở phía Nam thiên đỉnh. Chỉ bắt đầu từ Bắc chí tuyến trở về xích đạo thì mới có ngày Mặt Trời qua thiên đỉnh Z (tròn bóng). Riêng ở Bắc chí tuyến thì trong năm chỉ có một ngày tròn bóng - đó là ngày Hạ chí, còn những nơi khác từ Bắc chí tuyến đến xích đạo thì trong một năm có 2 ngày tròn bóng. Chẳng hạn như ở Hà Nội có hai ngày tròn bóng là 27-V và 18-VII, nghĩa là vào những ngày xích vĩ Mặt Trời bằng vĩ độ địa lí của Hà Nội.

§37. CÁC ĐỐI KHÍ HẬU

Do đặc điểm quan sát Mặt Trời ở những vĩ tuyến đặc biệt nói ở §37 và cũng từ đó có những đặc điểm khí hậu thời tiết khác nhau mà người ta đã chia mặt đất ra các đới khí hậu.



Nhiệt đới : vùng có vĩ độ từ $-23^{\circ}27'$ đến $+23^{\circ}27'$.

Ôn đới : vùng có vĩ độ $\pm 23^{\circ}27'$

Nhiệt đới đến $\pm 66^{\circ}33'$

Hàn đới : vùng có vĩ độ $\pm 66^{\circ}33'$ đến $\pm 90^{\circ}$

Hình 45

§38. CƠ SỞ XÁC ĐỊNH THỜI GIAN

Để xác định các khoảng thời gian người ta phải chọn một đơn vị thời gian nào đó. Đơn vị thời gian này có thể tùy ý chọn sao cho thuận lợi nhất với đời sống. Người ta đã dựa vào chu kì nhật động của thiên cầu và chuyển động hàng năm của Mặt Trời tức là dựa vào sự quay của Trái Đất và sự chuyển động của nó quanh Mặt Trời.

Để xác định những khoảng thời gian dài người ta đã dựa vào đơn vị cơ sở : năm xuân phân. Năm xuân phân (cũng là chu kì 4 mùa) có độ dài bằng khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp Mặt Trời qua điểm xuân phân.

Đối với những khoảng thời gian ngắn, người ta dùng đơn vị cơ sở : ngày và ước số của nó (giờ, phút, giây).

Để phục vụ cho những nhu cầu quan trắc khác nhau, trong thiên văn học người ta đã quy ước 3 loại ngày khác nhau : ngày Sao, ngày Mặt Trời thực, ngày Mặt Trời trung bình.

§39. NGÀY SAO

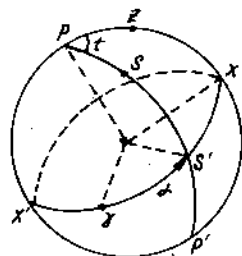
Ngày sao dựa vào chu kì nhật động của các sao. Nó có độ dài bằng khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp điểm xuân phân qua kinh tuyến trên tại nơi quan sát (có độ kinh địa lí xác định).

Người ta quy ước ngày sao tại mỗi nơi bắt đầu (0h sao) lúc điểm xuân phân qua kinh tuyến trên tại nơi đó. Do nhật động, góc giờ (t) của điểm xuân phân tăng dần với nhịp độ đều. Khi điểm xuân phân nhật động được một vòng (trở lại kinh tuyến trên) thì một ngày sao (24h sao) đã trôi qua. Như vậy giờ sao trong ngày sao của một nơi có trị số bằng góc giờ của điểm xuân phân tại nơi đó. 1 ngày sao = 24h sao = 60×24 phút sao = $60 \times 60 \times 24$ s sao. Thực ra điểm xuân phân là một điểm trên thiên cầu không quan sát trực tiếp được. Trong thực hành người ta xác định giờ sao qua quan sát một ngôi sao cụ thể nào đó.

Trên hình 46, giờ sao (s) của nơi quan sát ứng với thiên đỉnh Z có trị số bằng cung γX .

$$\begin{aligned} \text{Cung } \gamma X &= \gamma S' + S'X \\ s &= \alpha + t, \end{aligned} \quad (5.1)$$

trong đó t là góc giờ và α là xích kinh của sao S .



Hình 46

Khi sao S qua kinh tuyến trên thì $t = 0$ và $s = \alpha$ (5.2)

Như vậy giờ sao tại một nơi ở một thời điểm nào đó có trị số bằng xích kinh của ngôi sao đi qua kinh tuyến trên tại nơi đó đúng vào thời điểm ấy.

Khái niệm ngày sao, giờ sao được sử dụng trong quan trắc thiên văn để xác định thời gian chính xác...

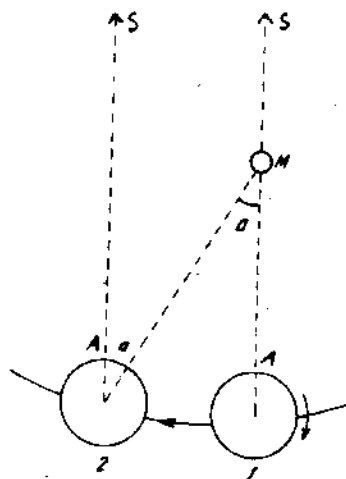
§40. NGÀY MẶT TRỜI THỰC, NGÀY MẶT TRỜI TRUNG BÌNH

Ngày Mặt Trời thực dựa vào chu kì nhật động của Mặt Trời. Nó có độ dài bằng khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp Mặt Trời qua kinh tuyến trên tại nơi quan sát (có độ kinh địa lí xác định).

Người ta quy ước ngày Mặt Trời thực tại mỗi nơi bắt đầu (0^h) lúc Mặt Trời qua kinh tuyến dưới tại nơi đó (nửa đêm thực). Do nhật động, góc giờ của Mặt Trời thực biến thiên. Giờ Mặt Trời thực trong ngày được xác định qua góc giờ ($t_\odot$) của Mặt Trời. Vì góc giờ của Mặt Trời (cũng như của tất cả các thiên thể) được tính từ kinh tuyến trên nên giờ Mặt Trời thực $T_\odot$ của nơi quan sát là :

$$T_\odot = t_\odot + 12^h \quad (5.3)$$

Chẳng hạn khi Mặt Trời qua kinh tuyến trên (giữa trưa) thì $T_\odot = 0 + 12^h$. Khi Mặt Trời qua kinh tuyến dưới (nửa đêm) thì $T_\odot = 12^h + 12^h \approx 24^h$ hay 0^h .



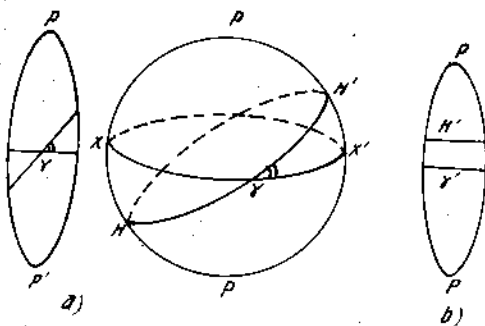
Hình 47

Cần chú ý rằng ngày Mặt Trời thực dài hơn ngày sao (vì các sao ở rất xa nên coi như nằm yên trên thiên cầu do đó ngày sao có độ dài bằng chu kì tự quay của Trái Đất). Còn ngày Mặt Trời dài hơn chu kì tự quay của Trái Đất. Quả vậy khi Trái Đất ở vị trí 1 (H. 47) thì người quan sát ở nơi A thấy Mặt Trời qua kinh tuyến trên (giữa trưa). Sau khi Trái Đất tự quay được một vòng thì nó đã chuyển động đến vị trí 2. Lúc này phương thẳng đứng ở nơi A đã trở lại song song với phương cũ ở vị trí 1 nghĩa là đã hướng đến ngôi sao cũ (kết thúc 1 ngày sao) nhưng Mặt Trời còn

đang ở phía Đông kinh tuyến trên một góc α . Rõ ràng Trái Đất phải quay thêm 1 góc lớn hơn α thì Mặt Trời mới trở lại kinh tuyến trên tức là mới kết thúc một ngày Mặt Trời.

Cần chú ý thêm rằng các ngày Mặt Trời thực trong một năm dài không bằng nhau do 2 nguyên nhân.

1. Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời với vận tốc không đều, do đó góc α mà Trái Đất phải quay thêm hàng ngày không bằng nhau (hay nói cách khác do Mặt Trời di chuyển trên nền trời sao với vận tốc không đều).



Hình 48

2. Mặt Trời di chuyển trên hoàng đạo, nghiêng với xích đạo trời một góc $= 23^{\circ}27'$.

Vì giờ Mặt Trời được tính theo góc giờ của nó, mà góc giờ lại được xác định qua cung trên xích đạo trời. Giả sử Mặt Trời có di chuyển đều trên hoàng đạo đi chẳng nữa thì độ biến thiên góc giờ hàng ngày của Mặt Trời cũng không đều. Quả vậy ở quanh vùng điểm xuân phân γ và thu phân Ω (H. 48.a) một cung trên hoàng đạo bao giờ cũng lớn hơn vết chiếu của nó lên xích đạo trời, ngược lại ở quanh vùng điểm Hạ chí và Đông chí thì nó lại bé hơn (H. 48.b)

Do 2 nguyên nhân trên mà ngày Mặt Trời thực có độ dài không bằng nhau, chẳng hạn như ngày 22 tháng XII dài hơn ngày 23 tháng IX đến 50 giây.

Việc quan sát Mặt Trời để xác định giờ Mặt Trời thực không phức tạp, nhưng vì các ngày Mặt Trời thực có độ dài không hoàn toàn bằng nhau nên ngày giờ Mặt Trời thực vẫn không được sử dụng để tính thời gian trong sinh hoạt bình thường.

Trong thực tế ta không thể chế tạo được đồng hồ chạy với vận tốc biến thiên khớp với sự biến thiên độ dài của các ngày

Mặt Trời thực (tuy là một việc làm không cần thiết). Các đồng hồ được chế tạo có nhịp chạy đều. Ta nói một ngày có 24 giờ, đó là ngày Mặt Trời trung bình. Độ dài của ngày Mặt Trời trung bình bằng độ dài bình quân của tất cả các ngày Mặt Trời thực trong một năm.

§41. PHƯƠNG TRÌNH THỜI GIAN

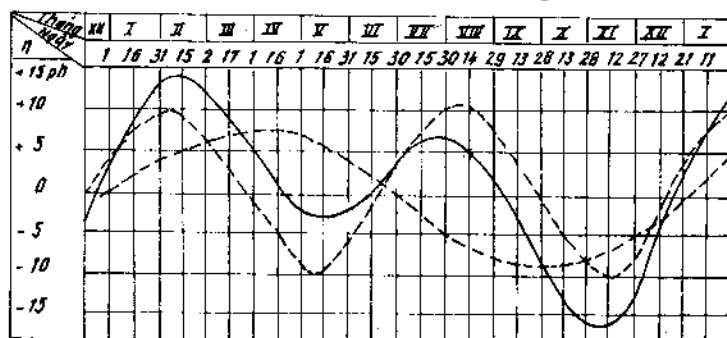
Hiệu số giữa giờ Mặt Trời trung bình (T_m) và giờ Mặt Trời thực ($T_\odot$) tính ở một thời điểm nào đó gọi là phương trình thời gian :

$$\eta = T_m - T_\odot \quad (5.4)$$

$$\text{hay } T_m = \eta + T_\odot$$

Giá trị của phương trình thời gian η hàng ngày được in trong các lịch thiên văn hàng năm. Như vậy bằng quan sát góc giờ của Mặt Trời ta được giờ Mặt Trời thực $T_\odot$ và cộng thêm trị số của η tính ở thời điểm quan sát ta sẽ được giờ Mặt Trời trung bình T_m .

Đồ thị biểu diễn phương trình thời gian là đường nét đậm trên hình 49. Nó là đường tổng hợp của 2 đường hình sin. Đường hình sin có chu kì 1 năm biểu thị nguyên nhân Mặt Trời chuyển động nhìn thấy hàng năm với vận tốc không đều, còn đường



Hình 49 - Đồ thị phương trình thời gian.

hình sin có chu kì $\frac{1}{2}$ năm biểu thị nguyên nhân Mặt Trời di chuyển trên hoàng đạo nghiêng với xích đạo trời.

Phương trình thời gian có giá trị bằng không vào các ngày 15-IV, 14-VI, 1-IX, 24-XII và đạt giá trị giới hạn vào ngày 11-II ($\eta = +14^{\text{ph}}$) và ngày 2-XI ($\eta = -16^{\text{ph}}$).

§42. SO SÁNH THỜI GIAN MẶT TRỜI TRUNG BÌNH VỚI THỜI GIAN SAO

Qua nhiều năm quan sát, người ta tính được mỗi năm xuân phân có 365,2422 ngày Mặt Trời trung bình. Từ hình 43 ta có thể rút ra kết luận trong mỗi năm xuân phân số ngày sao phải nhiều hơn số ngày Mặt Trời 1 ngày tức là mỗi năm xuân phân có 366,2422 ngày sao.

Quả vậy, giả thử khi Trái Đất ở vị trí 1 thì người quan sát tại A thấy Mặt Trời và điểm xuân phân đều ở kinh tuyến trên. Sau một ngày sao (Trái Đất quay đúng 1 vòng). Trái Đất di chuyển đến vị trí 2 thì người quan sát đã thấy điểm xuân phân trở lại kinh tuyến trên nhưng thấy Mặt Trời còn ở phía Đông kinh tuyến trên này một góc gần 1° ($360^\circ : 365,2422$). Mặt Trời sẽ qua kinh tuyến trên sau khi Trái Đất quay thêm một góc gần 1° , tức là sau khoảng 4 phút (chính xác hơn là $3^{\text{ph}}56''$). Như vậy ngày sao ngắn hơn ngày Mặt Trời khoảng 4 phút.

Ta đã thấy được rằng sau mỗi ngày Mặt Trời thì Trái Đất đã quay hơn 1 vòng (hơn gần 1°). Khi Trái Đất trở lại vị trí 1 thì Mặt Trời và điểm xuân phân đều trở lại kinh tuyến trên. Một năm xuân phân đã trôi qua tức là 365,2422 ngày Mặt Trời đã trôi qua. Rõ ràng khi Trái Đất trở lại đúng vị trí 1 thì Trái Đất đã quay hơn đúng một vòng tức là thêm được 1 ngày sao. Như vậy trong một năm xuân phân có 366,2422 ngày Mặt Trời thực

(cũng là 365,2422 ngày Mặt Trời trung bình) hoặc có 366,2422 ngày sao. Nếu xét về độ dài thì :

$$265,2422 \text{ ngày M.T.T.B} = 366,2422 \text{ ngày sao}$$

$$1 \text{ ngày M.T.T.B} = \frac{366,2422}{365,2422} \text{ ngày sao}$$

$$\text{hay } 1 \text{ ngày sao} = \frac{365,2422}{366,2422} \text{ ngày M.T.T.B.}$$

Trong thiên văn thực hành thường phải đổi giờ Mặt Trời sang giờ sao và ngược lại. Để thuận tiện cho việc đổi này người ta sử dụng hai hệ số :

$$\text{Hệ số } K = \frac{366,2422}{365,2422} = 1,002738 \quad (5.5)$$

dùng để chuyển khoảng thời gian được xác định theo giờ M.T.T.B sang giờ sao.

Còn hệ số :

$$K' = \frac{365,2422}{366,2422} = 0,997270 \quad (5.6)$$

dùng để chuyển khoảng thời gian được xác định theo giờ sao sang giờ M.T.T. B.

Như vậy nếu một khoảng thời gian nào đó được xác định qua đơn vị thời gian M.T.T. B là ΔT_m và qua đơn vị thời gian sao là ΔS thì :

$$\begin{aligned} \Delta S &= K \Delta T_m \\ \Delta T_m &= K' \Delta S \end{aligned} \quad (5.7)$$

và từ đó ta có :

$$\begin{aligned} 24^h \text{ M.T.T.B} &= 24^h 03^{\text{ph}} 56^s,555 \text{ sao} \\ 1^h \text{ M.T.T.B} &= 1^h 00^{\text{ph}} 09^s,856 \text{ sao} \\ 1^{\text{ph}} - &= 01 \text{ } 00, 164 - \\ 1^s - &= 01, 003 - \\ 24^h \text{ sao} &= 23^h 56^{\text{ph}} 04^s, 091 \text{ M.T.T.B} \\ 1^h - &= 59 \text{ } 50, 170 - \end{aligned}$$

$$1 \text{ ph} - = 59,836 -$$

$$1^s - = 0,997 -$$

Đối với những trường hợp chỉ cần tính gần đúng, người ta thường coi ngày M. T.T.B dài hơn ngày sao 4 phút (hay ngày sao ngắn hơn ngày Mặt Trời 4 phút), và từ đó mỗi giờ M.T.T.B dài hơn giờ sao 10 giây.

§43. CÁC HỆ TÍNH THỜI GIAN

Khi sử dụng ba thang thời gian đã khảo sát ở trên cần chú ý các hệ tính thời gian sau :

1. Giờ địa phương và kinh độ địa lí

Giờ được xác định cho một nơi (có kinh độ xác định) được gọi là *giờ địa phương* của nơi đó. Đối với các nơi nằm trên cùng một kinh tuyến (cùng kinh độ λ) thì góc giờ của Mặt Trời (hay góc giờ của điểm xuân phân) có giá trị như nhau. Từ đó tại mỗi thời điểm vật lí các nơi cùng nằm trên một kinh tuyến đều có giờ địa phương (giờ Mặt Trời địa phương hay giờ sao địa phương) như nhau.

Nếu hai nơi khác nhau có hiệu kinh độ $\Delta\lambda$ thì góc giờ của một thiên thể nào đó quan sát tại hai nơi ấy tại cùng một thời điểm vật lí cũng khác nhau $\Delta t = \Delta\lambda$.

Như vậy : Tại một thời điểm vật lí, hiệu giờ địa phương của hai nơi bằng hiệu kinh độ của hai nơi đó (tính theo đơn vị thời gian).

$$S_1 - S_2 = \lambda_1 - \lambda_2$$

$$T_{\odot 1} - T_{\odot 2} = \lambda_1 - \lambda_2 \quad (5.8)$$

$$T_{m1} - T_{m2} = \lambda_1 - \lambda_2$$

trong đó $S_1 - S_2$ là hiệu giờ sao địa phương. $T_{\odot 1} - T_{\odot 2}$ là hiệu giờ Mặt Trời thực địa phương, $T_{m1} - T_{m2}$ là hiệu giờ Mặt Trời trung bình địa phương.

Ví dụ Hà Nội có $\lambda_{HN} = 105^{\circ}52'$, Hải Phòng có $\lambda_{HP} = 106^{\circ}43'$ thì giờ địa phương ở Hải Phòng lớn hơn ở Hà Nội là :

$$\begin{aligned} T_{mHP} - T_{mHN} &= \lambda_{HP} - \lambda_{HN} \\ &= 106^{\circ}43' - 105^{\circ}52' \\ &= 51' = 3^{\text{ph}}24^{\text{s}} \end{aligned}$$

Rõ ràng giờ địa phương chỉ có ý nghĩa trong quan trắc thiên văn (Chẳng hạn như để xác định độ kinh địa lí) chứ không sử dụng trong đời sống bình thường.

2. Giờ múi. Giờ quốc tế

Trong đời sống bình thường người ta dùng giờ múi. Giờ múi lấy theo thang thời gian Mặt Trời trung bình với quy ước cụ thể như sau ;

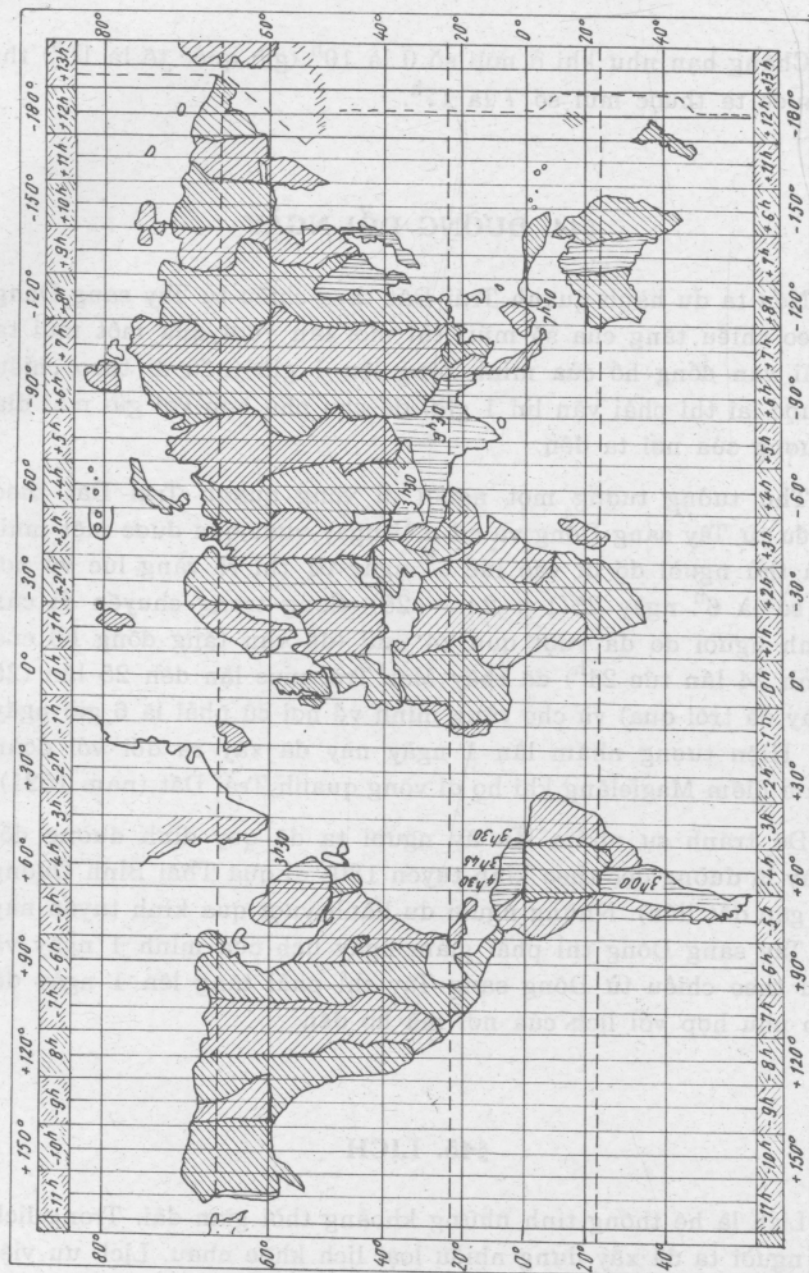
Mặt Đất được chia thành 24 múi giới hạn bởi 24 kinh tuyến nằm cách đều nhau (cách nhau 15° hay 1^{h}). Các địa phương nằm trong mỗi múi dùng thống nhất một giờ (H. 50). *Giờ múi là giờ Mặt Trời trung bình địa phương của kinh tuyến chính giữa múi đó.* Dễ dàng thấy rằng hai múi liên tiếp nhau có giờ múi khác nhau 1 giờ. Các múi được đánh số từ 0 đến 23. Múi số 0 là múi mà kinh tuyến giữa của nó đi qua đài thiên văn Grinuych. Các múi tiếp theo được đánh số theo chiều quay của Trái Đất (H. 50).

Như vậy tại cùng một thời điểm vật lí các nước nằm trong các múi khác nhau có giờ địa phương khác nhau. Để thống nhất giờ giao dịch cho các nước trên toàn thế giới, năm 1884 Hội đo lường quốc tế đã nhất trí lấy giờ múi số 0 làm giờ chung và được gọi là giờ quốc tế T_0 .

Rõ ràng tại cùng một thời điểm vật lí nếu giờ quốc tế là T_0 thì giờ ở múi số M sẽ là :

$$T_M = T_0 + M$$

*. Giờ quốc tế T_0 được gọi là giờ GMT (GMT là 3 chữ cái đầu của 3 từ Greenwich Meridian Time có nghĩa là giờ ở kinh tuyến Grinuych).



Hình 50

Chẳng hạn như khi ở múi số 0 là 10^h (giờ quốc tế là 10^h) thì ở nước ta thuộc múi số 7 là 17^h .

§44. ĐƯỜNG ĐỐI NGÀY

Nếu ta du hành quanh Trái Đất theo chiều từ Tây sang Đông (theo chiều tăng của số múi) thì mỗi lần vượt qua một múi ta phải vận đồng hồ của mình tăng lên 1 giờ (nếu đi theo chiều ngược lại thì phải vận lùi 1 giờ) để cho phù hợp với giờ múi địa phương của nơi ta đến.

Thử tưởng tượng một người đi vòng quanh Trái Đất theo chiều từ Tây sang Đông và cứ mỗi ngày vượt qua được một múi. Giả sử người đó đi vào lúc 6^h ngày 01 thì rõ ràng lúc về nơi cũ sẽ là 6^h ngày 25 ($1 + 24 = 25$). Song trong chuyến đi của mình người đó đã vượt qua 24 múi (đã vận tăng đồng hồ của mình 24 lần tức 24^h) đã thấy Mặt Trời mọc lặn đến 25 lần (25 ngày đã trôi qua) và cho rằng mình về nơi cũ phải là 6 giờ ngày 26. Hiện tượng nhầm lẫn 1 ngày này đã xảy ra đối với đoàn thám hiểm Magielang khi họ đi vòng quanh Trái Đất (năm 1521).

Để tránh sự nhầm lẫn ấy người ta đã quy định đường đối ngày là đường dọc theo kinh tuyến 180° đi qua Thái Bình Dương (ít gặp đất liền). Những người du hành vượt qua kinh tuyến này từ Tây sang Đông thì phải giảm ngày lịch của mình 1 ngày và nếu theo chiều từ Đông sang Tây thì phải tăng lên 1 ngày để cho phù hợp với lịch của nơi mà họ đến.

§45. LỊCH

Lịch là hệ thống tính những khoảng thời gian dài. Trong lịch sử người ta đã xây dựng nhiều loại lịch khác nhau. Lịch ưu việt nhất được dùng chung trên toàn thế giới là dương lịch.

1. Dương lịch

Cơ sở xây dựng năm dương lịch là độ dài của năm xuân phân (hay chu kì 4 mùa). Như đã biết năm xuân phân dài 365,2422 ngày nhưng năm lịch phải chứa số nguyên ngày. Để phù hợp với 4 mùa thì bình quân năm lịch trong một khoảng thời gian nào đó phải có trị số gần nhất với độ dài của năm xuân phân. Vì vậy người ta phải quy ước thêm năm nhuận (năm thường có 365 ngày, năm có 366 ngày).

+ Dương lịch cũ (lịch Julius) được xây dựng 46 năm trước Công nguyên với luật nhuận sau :

Năm nhuận là những năm mà con số của năm đó chia tròn cho 4.

Như vậy theo lịch Julius thì cứ 4 năm có 1 năm nhuận và bình quân năm lịch dài :

$$N_1 = \frac{365 + 365 + 365 + 366}{4} = 365,25 \text{ ngày}$$

sai với năm Xuân phân 0,0078 ngày. Ta dễ dàng thấy rằng cứ 400 năm lịch Julius thì sai với 400 năm Xuân phân gần 3 ngày.

+ Dương lịch mới (lịch Gregorius). Nhằm khắc phục nhược điểm trên của dương lịch cũ, năm 1582 người ta đã cải tiến nó và được gọi là Dương lịch mới (Dương lịch hiện dùng).

Dương lịch mới khác Dương lịch cũ ở chỗ có quy luật nhuận mới làm cho bình quân năm lịch gần với năm xuân phân hơn. Luật nhuận là : Năm nhuận là những năm mà con số của năm đó chia tròn cho 4, trừ những năm chứa số nguyên thế kỉ mà con số thế kỉ đó không chia tròn cho 4.

Ví dụ trong số các năm dưới đây thì các năm in chữ nghiêng tuy chia tròn cho 4, nhưng vì con số thế kỉ không chia tròn cho 4 nên là những năm thường.

1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400

Theo luật nhuận này thì cứ 400 năm có 97 năm nhuận, còn theo Dương lịch cũ thì có 100 năm nhuận. Bình quân năm Dương

lịch mới dài 365,2425 ngày tức là chỉ còn sai với năm Xuân phân 0,0003 ngày (hay cứ 3300 năm thì sai 1 ngày). Ngoài ra khi chuyển từ Dương lịch cũ sang Dương lịch mới thì người ta đã tăng lên 10 ngày với dụng ý giữ được quy ước là ngày 21-III phải là ngày Mặt Trời qua điểm xuân phân (năm 1582 Mặt Trời qua điểm xuân phân vào ngày 11-III theo Dương lịch cũ).

Cần biết thêm rằng, Dương lịch mới không phải đã được tất cả các nước hưởng ứng ngay từ năm 1582. Chẳng hạn như nước Nga Sa hoàng vẫn bảo thủ lịch cũ. Sau Cách mạng tháng Mười (1917) chính quyền Xô Viết mới ra sắc lệnh bãi bỏ Dương lịch cũ và sử dụng Dương lịch mới. Đến đây ta biết được lí do lễ kỉ niệm gọi là Cách mạng tháng Mười đã được tổ chức vào ngày 7 tháng mười một.

2. Âm lịch

Theo lịch sử thì âm lịch được xây dựng rất sớm (trước DL). Âm lịch đã lấy độ dài của tuần trăng (29,53 ngày) làm cơ sở cho tháng. Dĩ nhiên là tháng lịch phải chứa số nguyên ngày và để phù hợp với tuần trăng nên tháng hoặc có 29 ngày hoặc 30 ngày sao cho độ dài bình quân của tháng lịch có trị số gần nhất với chu kì của tuần trăng. Vì năm được quy ước 12 tháng nên năm hoặc có 354 ngày hoặc 355 ngày.

Như vậy năm âm lịch ngắn hơn năm xuân phân trên 10 ngày. Cứ 3 năm âm lịch thì sai với chu kì 4 mùa hơn 1 tháng, cứ 9 năm thì hơn 3 tháng... Rõ ràng năm âm lịch chỉ có khả năng tính thời gian chứ không phản ánh được thời tiết.

3. Âm dương lịch *

Về sau người ta đã đưa năm nhuận vào để bình quân năm lịch có độ dài phù hợp với chu kì 4 mùa. Cứ 19 năm âm lịch có 7 năm nhuận, năm nhuận có 13 tháng :

* Xem phụ lục 4

$$19 \text{ năm X.P} = 365,2422 \times 19 = 6939,60 \text{ ngày}$$

$$\begin{aligned} 19 \text{ năm } \underline{\text{ADL}} &= (19 \times 12) + 7 = 235 \text{ tháng} \\ &= 29,53 \times 235 = 6939,55 \text{ ngày} \end{aligned}$$

Với luật nhuận trên, nếu tính cho 19 năm lịch thì độ dài bình quân của năm lịch khá phù hợp với độ dài của năm* xuân phân nhưng nếu xét từng năm ADL thì lệch nhau khá lớn (năm thường có 354 - 355 ngày, năm nhuận có 384 - 385 ngày).

Ta thấy rằng ADL là loại lịch vừa lấy cơ sở của tuần trăng để xây dựng tháng và vừa lấy chu kì 4 mùa để xây dựng năm. Âm lịch hiện còn phổ biến ở nước ta chính là một loại âm dương lịch.

So với Dương lịch thì ADL có 2 nhược điểm lớn sau :

- Từng năm ADL không phù hợp với chu kì 4 mùa (không thuận tiện cho việc chỉ đạo sản xuất nông nghiệp và chăn nuôi).

- Năm thường có 12 tháng, năm nhuận có 13 tháng. Rõ ràng độ dài khác nhau của năm ADL gây phức tạp cho việc lập kế hoạch hàng năm của các nhà nước.

Chính vì lẽ đó mà Dương lịch đã được nước ta cũng như tất cả các nước khác quyết định lấy làm công lịch cho nhà nước mình.

4. Về vấn đề cải tiến dương lịch

So với Âm lịch và Âm Dương lịch thì Dương lịch có ưu điểm rất cơ bản. Song Dương lịch còn bộc lộ một số nhược điểm, nổi bật nhất là phân bố số ngày cho các tháng không đều (31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31). Cách phân bố tùy tiện đó chỉ mang tính chất lịch sử tôn giáo.

Người ta đã nghiên cứu và công bố một số phương án cải tiến. Mọi phương án được gọi là cải tiến nếu như nó loại bỏ được những nhược điểm hiện có, tức là có được sự phân bố hợp lí số ngày trong các tháng và bình quân năm lịch đúng bằng chu kì 4 mùa*.

* Xem phụ lục 3.

BÀI TẬP CHƯƠNG V

1. Nhận dạng 12 chòm sao trên hoàng đạo. Từ đó nêu phương pháp xác định ngày tháng trong năm bằng quan sát các chòm sao này.

2. Tính độ cao và độ phương của Mặt Trời lúc giữa trưa tại Hà Nội ($\varphi = 21^\circ$) vào các ngày xuân phân, hạ chí, thu phân, đông chí.

3. Hãy biểu diễn quỹ đạo biểu kiến của Mặt Trời trên thiên cầu trong một năm (Tổng hợp nhật động và chuyển động hàng năm trên hoàng đạo).

4. Vào ngày 1-1-1980, xích vĩ của Mặt Trời là $-23^\circ 05'$ phương trình thời gian là 3 phút. Lúc mặt Trời qua kinh tuyến trên tại Vinh ($\varphi = 18^\circ 32'$, $\lambda = 105^\circ 40'$) một đồng hồ đeo tay chỉ $12^h 05^{ph}$. Hỏi

a) Giờ trung bình địa phương ?

b) Đồng hồ đeo tay chạy nhanh hay chậm ?

c) Giờ quốc tế lúc ấy ?

c) Độ cao và độ phương của Mặt Trời lúc ấy ?

5. a) Ví dụ : Tính giờ sao tại Hà Nội ($\lambda = 105^\circ 52'$) lúc $20^h 45^{ph}$ ngày 1-1-1980 ?

Giải : theo lịch thiên văn giờ sao lúc 0^h quốc tế ngày 1-1-1980 tại Grinuych là $S_0 = 6^h 30^{ph} 15^s 25$. Hiệu chỉnh đối với Hà Nội có kinh độ λ (sau khi đổi đơn vị độ ra giờ là : $\lambda^h (-9^s 856) = -1^h 09^s 50$. Vậy giờ sao tại Hà Nội lúc 0^h ngày 1-1-1980 là :

$$S_{OH} = S_0 - 1^h 09^s 50 = 6^h 29^{ph} 05^s 75$$

Thời gian từ 0^h đến lúc quan sát : $\Delta T = T = 20^h 45^{ph}$ khoảng thời gian này đổi ra thời gian sao bằng $\Delta S = K\Delta T$

$$\Delta S = K\Delta T = 20^h 48^{ph} 21^s 58$$

Thời gian sao tại Hà Nội lúc $20^h 45^{ph}$ ngày 1-1-1980 là

$$S = S_{OH} + \Delta S = 27^h 33^{ph} 27^s 33$$

$$\text{hay } S = 3^h 33^{ph} 27^s 33$$

b) Bài tập áp dụng : Tính giờ sao tại một nơi có kinh độ là $106^\circ 40'$ vào lúc $17^h 30^{ph}$. Ngay hôm đó giờ sao lúc 0^h ở Grinuych là $S_0 = 12^h 14^{ph} 32$.

6. Biết điểm Xuân phân qua kinh tuyến trên lúc 0^h ngày thu phân. Hỏi vào khoảng ngày nào thì sao Thiên Lang có xích kinh $6^h 42^{ph}$ cũng qua kinh tuyến trên lúc 0^h .

7. Tính gần đúng giờ sao vào hồi 18^h ngày 30-IX. Cần nhớ : điểm Xuân phân qua kinh tuyến trên tại mỗi nơi (nghĩa là 0^h sao) vào lúc 0^h ngày thu phân (22-IX) và cứ mỗi ngày giờ sao vượt giờ thường 4 phút).

8. A và B đang quan sát tại nơi có độ kinh $106^{\circ}Đ$. Khi Mặt Trời qua kinh tuyến trên thì đồng hồ đeo tay của A là 12^h , đồng hồ của B là 12^{h20^p} , A khẳng định đồng hồ của B đã chạy nhanh. Bạn hãy cho kết luận. Biết phương trình thời gian vào ngày quan sát đó bằng +6 phút.

9. Có một đoạn nhật kí như sau :

"Độ cao sao Bắc cực
Hai một độ ba ba
Giữa trưa hướng về Bắc
Bóng dài bằng thân ta".

Hãy xác định nơi (vĩ độ φ) và ngày tháng mà nhà quan sát đã ghi đoạn nhật kí trên.

108.001
108.001

Chương VI

LƯỢNG GIÁC CẦU VÀ ỨNG DỤNG

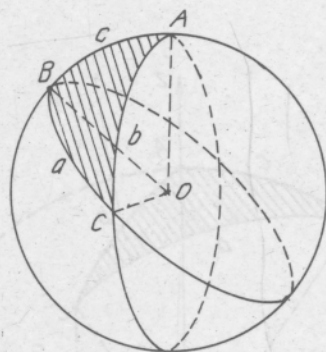
Trong nhiều phép tính và quan trắc thiên văn người ta phải xác định vị trí cụ thể của các thiên thể và khoảng cách giữa chúng trên thiên cầu cũng như tọa độ các điểm trên mặt đất. Để phục vụ cho mục tiêu đó trước hết phải biết công thức liên hệ giữa các yếu tố (góc và cạnh) của tam giác cầu. Chương này giới thiệu một số công thức cơ bản về lượng giác cầu và những ứng dụng trong thiên văn học.

§46. TAM GIÁC CẦU VÀ NHỮNG CÔNG THỨC CƠ BẢN

Tam giác cầu là hình tam giác trên một mặt cầu có 3 cạnh là 3 cung của 3 vòng tròn lớn (mặt phẳng chứa vòng tròn lớn phải qua tâm mặt cầu).

Nếu mặt cầu là thiên cầu thì tâm của các vòng tròn lớn là nơi quan sát. Hình 51 là một mặt cầu tâm O . ABC là tam giác cầu có 3 đỉnh là A, B, C và 3 cạnh tương ứng là a, b, c . Góc ở đỉnh là góc giữa hai mặt phẳng chứa hai đường tròn lớn (chứa hai cạnh của tam giác cầu). Nó cũng bằng góc giữa hai tiếp tuyến với hai cạnh tại đỉnh đó. Cạnh của tam giác cầu cũng được tính bằng đơn vị góc và bằng góc ở tâm chắn cạnh đó.

Để thành lập các công thức liên hệ giữa các cạnh và góc, ta lấy gốc hệ tọa độ vuông góc ở tâm O của mặt cầu có bán kính bằng đơn vị, trục



Hình 51

OZ đi qua một đỉnh của tam giác cầu, ví dụ đỉnh A (H. 52) mặt phẳng ZOY là mặt phẳng chứa cạnh BA.C' là hình chiếu của đỉnh C lên mặt phẳng XOY và hình chiếu của C' lên các trục OX và OY là C'' và C'''. Từ hình vẽ ta thấy góc $COC' = 90^\circ - b$. b là góc phụ với góc $AOC = b$. Vì cạnh AB nằm trong mặt phẳng ZOY nên mặt phẳng C'OAC tạo với mặt phẳng OAB góc A và tạo với mặt phẳng XOZ góc $C''OC' = A - 90^\circ$. Đường OC' tạo với hướng dương của trục OY góc $C'OY$ bằng $180^\circ - A$.

Từ đó tọa độ của điểm C trên mặt cầu có bán kính bằng đơn vị là :

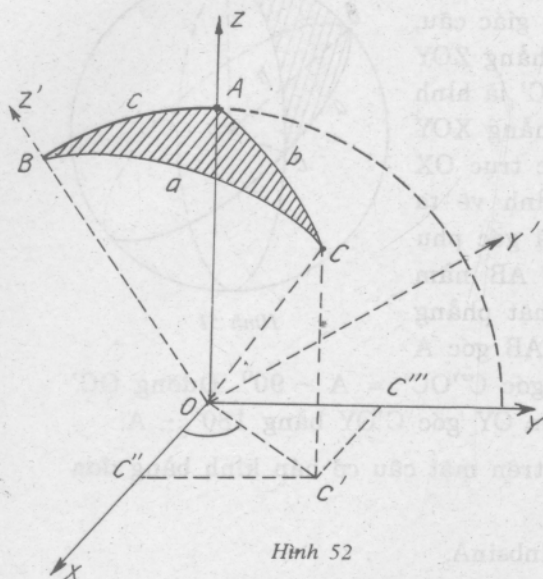
$$\begin{aligned} x &= \sin b \sin A, \\ y &= -\sin b \cos A, \\ z &= \cos b. \end{aligned} \quad (6.a)$$

Bây giờ quay hệ XYZ quanh trục OX một góc $AOB = C$ để cho trục OZ' của hệ mới đi qua điểm B. Trong hệ mới $XY'Z'$, đường OC tạo với mặt phẳng XOY' một góc bằng $90^\circ - a$, mặt phẳng OCB tạo với các mặt phẳng $Z'OX$ và $Z'OY'$ các góc tương ứng là $90^\circ - B$ và B, vì vậy tọa độ của điểm C trong hệ mới sẽ là :

$$\begin{aligned} x' &= \sin a \sin B, \\ y' &= \sin a \cos B, \\ z' &= \cos a. \end{aligned} \quad (6.b)$$

Như đã biết trong hình học giải tích, khi quay hệ XYZ quanh trục OX một góc C ta có các hệ thức biến đổi tọa độ như sau :

$$\begin{aligned} x' &= x, \\ y' &= z \sin c - y \cos c \\ z' &= z \cos c - y \sin c. \end{aligned} \quad (6.c)$$



Hình 52

Thay các giá trị ở (6.a) và (6.b) vào (6.c) ta có hệ ba công thức :

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B}$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Việc kí hiệu các góc và các cạnh là tùy ý nên có ba nhóm công thức :

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} \quad (6.1)$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B \quad (6-2)$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin b \sin c \cos C$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

$$\sin b \cos C = \cos c \sin a - \sin c \cos a \cos B \quad (6-3)$$

$$\sin c \cos A = \cos a \sin b - \sin a \cos b \cos C$$

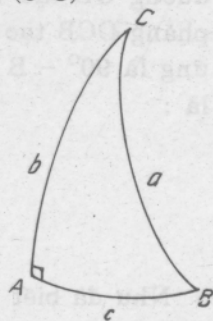
Trường hợp tam giác có một góc vuông hoặc một cạnh bằng 90° thì các công thức trên sẽ đơn giản hơn. Ví dụ $A = 90^\circ$ (H. 53) thì $\cos A = 0$, $\sin A = 1$, ta sẽ có : $\sin a \cos B = \cos b \sin c$. Sau khi chia hai vế cho $\sin b$ rồi thay :

$$\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin A}{\sin B} = \frac{1}{\sin B}$$

Ta sẽ có : $\cot g B = \cot g b \sin c$,

$$\text{hay } \text{tg} b = \sin c \text{tg} B.$$

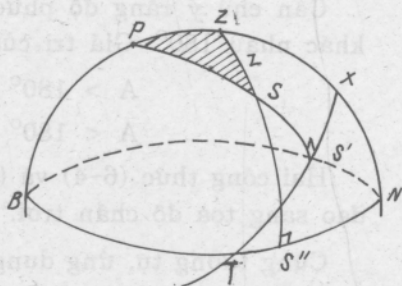
Như vậy trong một tam giác cầu vuông, tang của một cạnh vuông bằng sin của cạnh vuông kia nhân với tang của góc đối.



Hình 53

§47. ỨNG DỤNG LƯỢNG GIÁC CẦU ĐỂ LẬP CÔNG THỨC CHUYỂN HỆ TỌA ĐỘ

Trong lịch thiên văn có ghi tọa độ xích đạo (α, δ) của nhiều loại thiên thể. Muốn quan sát các thiên thể này ta phải biết được tọa độ chân trời của chúng tức là trước hết ta cần phải chuyển tọa độ xích đạo sang tọa độ chân trời (A, h) hay (A, z). Muốn vậy ta hãy chú ý đến một tam giác cầu được gọi là tam giác đỉnh vị mà ba đỉnh là thiên cực P, thiên đỉnh Z và thiên thể S (H.54).



Hình 54

Từ hình vẽ ta có :

$$PZ = 90^\circ - \varphi \quad ZX = 90^\circ - \delta$$

$$PS = 90^\circ - SS' = 90^\circ - \delta$$

$$ZS = 90^\circ - SS'' = z$$

góc P = t (góc giờ của thiên thể S), góc Z = $180^\circ - A$ (A là độ phương của thiên thể S).

Ứng dụng công thức (6-2) vào tam giác PZS ta có :

$$\cos Z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad (6-4)$$

Ứng dụng các công thức (6-1) và (6-3) vào tam giác PZS ta có :

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t,$$

$$\sin z \cos A = -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t$$

Từ hai phương trình này ta có :

$$\operatorname{tg} A = \frac{\cos \delta \sin t}{-\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t} \quad (6-5)$$

trong đó góc giờ $t = s - \alpha$

α là xích kinh của thiên thể ta quan sát và s là giờ sao ở thời điểm ta quan sát. Thông thường ta chỉ biết giờ Mặt Trời

trung bình nên phải chuyển giờ Mặt Trời trung bình ra giờ sao để tính góc giờ t .

Cần chú ý rằng độ phương A tính theo (6-5) có hai giá trị khác nhau 180° . Giá trị của A được xác định như sau :

$$A > 180^\circ \text{ nếu } t > 12^h$$

$$A < 180^\circ \text{ nếu } t < 12^h$$

Hai công thức (6-4) và (6-5) cho phép ta chuyển tọa độ xích đạo sang tọa độ chân trời.

Cũng tương tự, ứng dụng các công thức (6-1), (6-2) và (6-3) vào tam giác định vị theo thứ tự cạnh thứ nhất là $90^\circ - \delta$ cạnh thứ hai là $90^\circ - \varphi$, cạnh thứ ba là z , ta sẽ thu được các công thức để chuyển các tọa độ chân trời sang các tọa độ xích đạo như sau :

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A,$$

$$\cos \delta \sin t = \sin z \sin A.$$

$$\cos \delta \cos t = \cos \varphi \cos z + \sin \varphi \sin z \cos A.$$

Vì các tọa độ chân trời phụ thuộc vào địa phương và thời điểm quan sát nên các công thức này cho phép chuyển sang tọa độ xích đạo, tọa độ sử dụng chung cho mọi địa phương ở mọi thời điểm.

§48. TÍNH THỜI ĐIỂM MỘC (LẶN) VÀ VỊ TRÍ MỘC (LẶN) CỦA CÁC THIÊN THỂ

Trong thực tế nhiều khi ta cần biết thời điểm và vị trí mộc (lặn) của các thiên thể, chẳng hạn như Mặt Trời và Mặt Trăng.

Rõ ràng khi mộc (lặn) thì thiên thể có độ cao $h = 0$ hay khoảng cách đỉnh $Z = 90^\circ$.

Từ (6-4) ta có :

$$0 = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

Do đó : $\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$. (6-7)

Từ (6-7) ta tính được góc giờ t của thiên thể khi mọc (lặn).
Biết góc giờ t ta có thể tính giờ sao qua xích kinh α của thiên thể đó :

$$s = \alpha \pm t.$$

Biết giờ sao ta sẽ tính được giờ thường. Trong công thức $s = \alpha \pm t$, dấu (+) tính cho thời điểm lặn và (-) tính cho thời điểm mọc (theo quy ước về dấu của góc giờ t).

Để xác định vị trí mọc (lặn) ta vận dụng công thức loại (6-2) vào tam giác định vị PZS và có :

$$\begin{aligned} \sin \delta &= -\cos \varphi \cos A \\ \text{hay } \cos A &= \frac{-\sin \delta}{\cos \varphi} \end{aligned} \quad (6-8)$$

Ta thu được 2 trị số của A ($\pm A$). Dấu (+) ứng với nơi lặn, dấu (-) ứng với nơi mọc (theo quy ước về chiều tính độ phương A).

Từ (6-7) và (6-8) ta thấy :

- Thời điểm và vị trí mọc (lặn) của các thiên thể phụ thuộc vào nơi quan sát và xích vĩ của thiên thể. Chẳng hạn như đối với Mặt Trời, vì xích vĩ của nó biến thiên trong năm nên điểm mọc (lặn) cũng như độ dài của ban ngày so với ban đêm xét cho từng nơi nhất định trên Trái Đất đều biến thiên với chu kì là 1 năm.

- Hai công thức (6-7) và (6-8) cũng có thể viết :

$$\begin{aligned} \cos t &= \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}(90^\circ - \varphi)} \\ \cos A &= \frac{\sin \delta}{\sin(90^\circ - \varphi)} \end{aligned}$$

Vì $\cos$ của một góc không thể lớn hơn đơn vị nên phải có :

$$|\delta| \leq 90^\circ - \varphi$$

Đây là công thức (3.3) mà ta đã xây dựng khi tìm điều kiện mọc và lặn của một thiên thể.

Chú ý : Khi sử dụng (6.4) để tìm công thức (6.7) công thức tính góc giờ t ứng với thời điểm mọc (lặn) của thiên thể ta đã lấy giá trị của khoảng cách đỉnh nhìn thấy thiên thể ($z = 90^\circ$). Thực ra do hiện tượng khúc xạ của các tia sáng truyền qua khí quyển mà thiên thể được nâng lên một góc (xem §51) và do hiện tượng thị sai chân trời mà thiên thể bị hạ xuống một góc p (xem §57). Do đó, khoảng cách đỉnh thực sự của thiên thể lúc ta thấy nó mọc (lặn) phải là : $z = 90^\circ + \rho - p$ và từ (6.4) ta có :

$$\cos t = \frac{\cos(90^\circ + \rho - p) - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \quad (6.9)$$

Đây là công thức chính xác để tính góc giờ t của thiên thể lúc nó mọc hay lặn.

§49. HIỆN TƯỢNG KHÚC XẠ CỦA CÁC TIA SÁNG TRUYỀN QUA KHÍ QUYỂN

Trái Đất có khí quyển bao quanh, càng lên cao mật độ khí càng giảm. Như vậy khí quyển là môi trường có chiết suất n giảm dần theo độ cao. Tia sáng từ các thiên thể khi truyền qua khí quyển bị khúc xạ (bị uốn cong dần). Do đó phương AS' mà người quan sát A nhìn thấy thiên thể không trùng với phương AS . Phương AS là phương người quan sát A nhìn thiên thể S nếu như Trái Đất không có khí quyển (H.55).

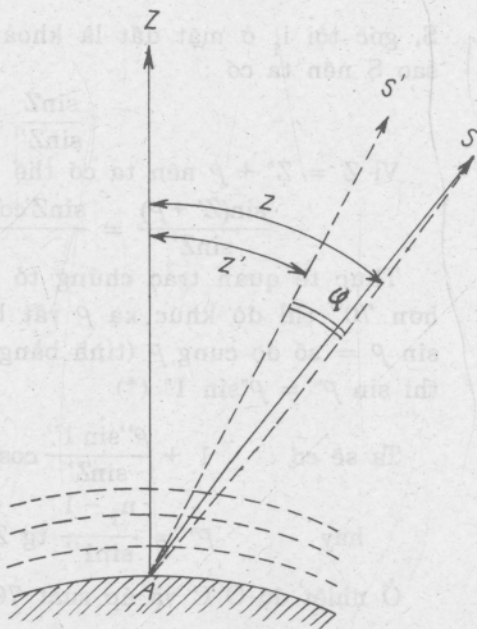
Như vậy do hiện tượng khúc xạ mà thiên thể được nâng cao lên. góc $ZAS' = Z'$ là khoảng cách đỉnh nhìn thấy, còn góc $ZAS = Z$ là khoảng cách đỉnh thực của thiên thể S ở thời điểm quan sát. Hiệu số giữa $Z - Z' = \rho$ gọi là độ khúc xạ. Như vậy :

$$Z = Z' + \rho. \quad (6-10)$$

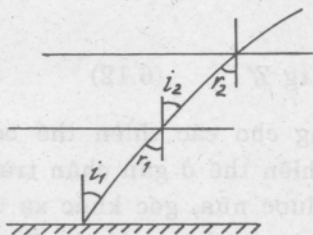
Để tính độ khúc xạ ta hãy giả thiết khí quyển gồm những lớp mỏng đồng tâm, trong mỗi lớp có chiết suất như nhau. Nếu đánh số các lớp từ thấp lên cao là 1, 2, 3, ... m thì chiết suất tương ứng của các lớp đó thỏa mãn bất đẳng thức

$$n_1 > n_2 > n_3 > \dots > n_{m-1} > n_m$$

Nếu kí hiệu góc tới các lớp tương ứng là $i_1, i_2, i_3, \dots, i_m$ và góc khúc xạ ở các lớp tương ứng $r_1, r_2, \dots, r_{m-1}$. Một cách gần đúng có thể coi $i_1 \approx r_1, i_2 \approx r_2$ và theo định luật khúc xạ ta có :



Hình 55



Hình 56

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{\sin i_3}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_3}$$

$$\frac{\sin i_m}{\sin i_{m-1}} = \frac{n_{m-1}}{n_m}$$

Từ hệ đẳng thức trên ta rút ra :

$$\frac{\sin i_m}{\sin i_1} = \frac{n_1}{n_m}$$

Vì n_m là chiết suất của lớp trên cùng của khí quyển có thể coi bằng đơn vị, góc tới i_m là khoảng cách đỉnh thực Z của sao

S, góc tới i_1 ở mặt đất là khoảng cách đỉnh nhìn thấy Z' của sao S nên ta có :

$$\frac{\sin Z}{\sin Z'} = n_1$$

Vì $Z = Z' + \rho$ nên ta có thể viết tiếp :

$$\frac{\sin(Z' + \rho)}{\sin Z'} = \frac{\sin Z' \cos \rho + \sin \rho \cos Z'}{\sin Z'} = n_1$$

Thực tế quan trắc chứng tỏ rằng khi khoảng cách đỉnh bé hơn 70° thì độ khúc xạ ρ rất bé và ta có thể coi $\cos \rho = 1$, $\sin \rho =$ số đo cung ρ (tính bằng radian). Nếu ρ tính bằng giây thì $\sin \rho'' = \rho'' \sin 1''$ (*)

$$\text{Ta sẽ có : } 1 + \frac{\rho'' \sin 1''}{\sin Z'} \cos Z' = n_1$$

$$\text{hay } \rho'' = \frac{n_1 - 1}{\sin 1''} \operatorname{tg} Z'$$

Ở nhiệt độ 0°C và áp suất 760mm Hg thì :

$$\rho'' = 60'' \operatorname{tg} Z' \quad (6.11)$$

Ở nhiệt độ t° và áp suất P thì :

$$\rho'' = 60'' \operatorname{tg} Z' \frac{P}{760} \frac{273}{273+t} \quad (6.12)$$

Công thức (6.11) và (6.12) ứng dụng cho các thiên thể có khoảng cách đỉnh bé hơn 70° . Nếu các thiên thể ở gần chân trời thì công thức trên không còn áp dụng được nữa, góc khúc xạ ở đây biến thiên rất nhanh, khi thiên thể ở sát chân trời thì ρ có trị số đến $35'$.

(*) Quả vậy : $360^\circ = 3600'' \times 360 = 2\pi$ (radian)

$$1'' = \frac{2\pi}{3600 \times 360} \text{ (radian)}$$

$$\sin 1'' \approx \frac{2\pi}{3600 \times 360} \text{ (radian)}$$

$$\rho'' = \frac{2\pi \rho''}{3600 \times 360} \text{ (radian)}$$

$$\sin \rho'' \approx \frac{2\pi \rho''}{3600 \times 360} \text{ (radian)} = \rho'' \sin 1''$$

Ta thấy góc khúc xạ tăng khi thiên thể càng ở gần chân trời. Điều này thể hiện rõ qua dạng nhìn thấy Mặt Trời và Mặt Trăng khi chúng mới mọc hay sắp lặn, lúc ấy mép dưới của đĩa Mặt Trời (Mặt Trăng) được nâng cao hơn mép trên khoảng 6' và do đó ta nhìn thấy chúng không hoàn toàn tròn (có dạng bầu dục).

§50. HOÀNG HÔN VÀ BÌNH MINH

Có hiện tượng hoàng hôn và bình minh là do hiện tượng khúc xạ và khúc xạ các tia sáng Mặt Trời từ các lớp khí quyển trên cao đối với nơi quan sát.

Trên hình 57 khu vực A_1 A_2 là khu vực thấy hiện tượng trên. Người ta phân ra hai loại hoàng hôn và bình minh.

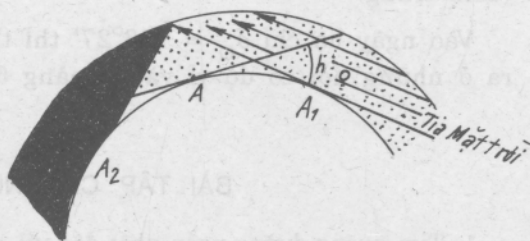
- Hoàng hôn thường kéo dài từ lúc Mặt Trời bắt đầu lặn cho đến lúc nó lặn sâu dưới chân trời

6° ($h = -6^\circ$) và bình minh thường kéo dài từ lúc Mặt Trời còn ở sâu dưới chân trời 6° cho đến lúc mọc. Khi hoàng hôn thường kết thúc tại một nơi thì ở đó mọi sinh hoạt phải dừng đèn.

- Hoàng hôn thiên văn kết thúc khi Mặt Trời lặn dưới chân trời khoảng 18° ($h = -18^\circ$), lúc này trời đã tối hẳn, và ta đã có khả năng thấy đủ các sao.

Độ dài của hoàng hôn (bình minh) Δt phụ thuộc vào vĩ độ nơi quan sát φ và xích vĩ của Mặt Trời δ_0 được tính theo công thức sau :

$$\begin{aligned}\cos(Z + h_0) &= \sin\varphi.\sin\delta_0 + \cos\varphi.\cos\delta_0.\cos(t + \Delta t) \\ \sinh_0 &= \sin\varphi.\sin\delta_0 + \cos\varphi.\cos\delta_0.\cos(t + \Delta t)\end{aligned}$$



Hình 57

$$\cos(t + \Delta t) = \frac{\sin h_O - \sin \varphi \sin \delta_O}{\cos \varphi \cdot \cos \delta_O} \quad (6.13)$$

trong đó $h_O = -6^\circ$ tính cho hoàng hôn thường.

$h_O = -18^\circ$ tính cho hoàng hôn thiên văn ; còn t là góc giờ của Mặt Trời ứng với thời điểm lặn (mọc) tính theo công thức (6.9).

Nếu vận dụng điều kiện không lặn của một thiên thể $\delta_O \geq 90^\circ - \varphi$ thì đối với những nơi có độ vĩ φ thỏa mãn

$$\delta_O \geq 90^\circ - \varphi - 6^\circ \quad (6.14)$$

thì ở nơi đó Mặt Trời không lặn quá dưới chân trời 6° hay nói cách khác hoàng hôn vừa kết thúc thì tiếp đến là bình minh (dêm trắng).

Vào ngày hạ chí $\delta_O = +23^\circ 27'$ thì theo (6.14) dêm trắng diễn ra ở những nơi có độ vĩ vào khoảng 60° .

BÀI TẬP CHƯƠNG VI

1. Tìm quãng đường ngắn nhất đối với một chiếc máy bay đi từ Maxcova đến Hà Nội. Biết rằng Maxcova có kinh độ là $37^\circ 34'$, vĩ độ là $55^\circ 45'$, Hà Nội có kinh độ là $105^\circ 50'$, vĩ độ là $21^\circ 03'$.

2. Tính khoảng cách góc giữa sao α và β của chòm Bắc Đẩu cho biết tọa độ của chúng là :

$$\begin{array}{ll} \alpha_1 \approx 10^h 50^{ph} & \delta_1 = +62^\circ 10' \\ \alpha_2 \approx 10^h 57^{ph} & \delta_2 = +56^\circ 47' \end{array}$$

3. Tìm công thức chuyển từ hệ tọa độ xích đạo α, δ sang hệ tọa độ hoàng đạo L, B và ngược lại.

4. Tìm khoảng cách đỉnh và độ phương của sao α chòm Sư Tử ($\alpha = 10^h 04^{ph}$, $\delta = 12^\circ 18'$) tại Vinh ($\varphi = 18^\circ 40'$) lúc đồng hồ chạy theo giờ sao chỉ $5^h 23^{ph}$.

5. Tìm các tọa độ chân trời của sao Chức Nữ ($\alpha = 18^h 34^{ph}$) ($\delta = 38^\circ$) vào lúc 20^h tại Hà Nội ($\varphi = 21^\circ$, $\lambda = 105^\circ 52'$) vào ngày 20-XI-1979. Cho biết lúc O^h quốc tế tại Grinuych vào ngày này thì giờ sao là $3^h 53^{ph} 40^s$.

14.
623.6.

6. Tính tọa độ xích đạo (α, δ) của một vệ tinh nhân tạo quan sát tại một nơi có $\varphi = 21^{\circ}03'$, lúc thời gian sao S = $11^h11^{ph}36^s$ có tọa độ chân trời là $z = 49^{\circ}15'$, $A = 298^{\circ}28'$.

7. Cho biết xích kinh của Mặt Trời vào ngày 9-V là $45^{\circ}30'$. Tính xích vĩ của Mặt Trời hôm ấy cho biết góc nghiêng giữa hoàng đạo và xích đạo là $\epsilon = 23^{\circ}27'$.

8. Tính độ dài hoàng hôn thường tại Hà Nội ($\varphi = 21^{\circ}$) vào các ngày Hạ chí và Đông chí.

9. Tính nơi mọc và lặn của Mặt Trời vào ngày Hạ chí và Đông Chí đối với một nơi có vĩ độ địa lí là 15° .

10. Tại một đài thiên văn có vĩ độ là $43^{\circ}19'01''$ người ta nhận được thông báo về một hành tinh bé mới phát hiện và người ta đo được độ cao của nó khi qua kinh tuyến trên là $37^{\circ}19', 55''$ vào lúc $5^h14^{ph}54^s$. Hiệu chính khúc xạ khí quyển là $1'3''$. Hỏi tọa độ α và δ của hành tinh bé lúc đó là bao nhiêu ?

11. Sao A có xích vĩ $10^{\circ}30'$. Một người quan sát tại thành phố H.C.M thấy sao này ở thiên đỉnh và sau đó 4 phút thì người quan sát tại Hà Nội thấy nó qua kinh tuyến trên và ở cách thiên đỉnh $10^{\circ}30'$ Nam.

a) Xác định vĩ độ của Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh.

b) Lập biểu thức xác định khoảng cách theo đường chim bay từ Hà Nội đến thành phố Hồ Chí Minh (coi Trái Đất có dạng cầu bán kính R).

Chương VII

MỘT SỐ PHÉP ĐO THIÊN VĂN CƠ BẢN

Ngành thiên văn thực hành có nhiệm vụ nghiên cứu các phương pháp đo đạc đáp ứng nhu cầu đời sống như xác định thời gian, xác định tọa độ địa lí, xác định chính xác phương hướng... hoặc phục vụ nhu cầu phát triển khoa học như xác định khoảng cách tới các thiên thể, xác định kích thước của chúng...

Dưới đây ta sẽ tìm hiểu nguyên tắc xác định một số đại lượng thiên văn cơ bản.

§51. XÁC ĐỊNH THỜI GIAN VÀ KINH ĐỘ

1. Xác định thời gian chính xác

Để theo dõi thời gian ta dùng đồng hồ. Trong thực tế không có một đồng hồ nào chạy tuyệt đối đúng. (Tín hiệu báo giờ hàng ngày đều được truyền từ trạm giờ nơi xác định giờ chính xác bằng phương pháp thiên văn).

Hiệu số giữa giờ chính xác T và số chỉ T' của đồng hồ ở một thời điểm nào đó gọi là số hiệu chỉnh u

$$u = T - T',$$

$$\text{hay} \quad T = T' + u \quad (7.1)$$

Số hiệu chỉnh u có thể có giá trị âm hoặc dương.

Từ (7.1) ta thấy việc xác định giờ chính xác quy về việc xác định số hiệu chính của đồng hồ. Đây là một nhiệm vụ của thiên văn đo đạc.

Cần biết rằng Trái Đất tự quay với chu kì hầu như không đổi và từ đó nhất động của bầu trời cụ thể bầu trời sao quay là một "đồng hồ thiên nhiên" tuyệt diệu.

Bằng quan sát nhất động của các sao người ta xác định được giờ sao địa phương s của kinh tuyến nơi quan sát. Đã biết giờ sao $s = \alpha + t$. Áp dụng (7.1) cho thang thời gian sao ta có giờ sao s .

$$\begin{aligned} s &= s' + u = \alpha + t \\ \text{hay} \quad u &= \alpha + t - s' \end{aligned} \quad (7.2)$$

trong đó s' là giờ chỉ của đồng hồ chạy theo thời gian sao.

Từ (7.2) ta thấy rằng muốn xác định độ hiệu chỉnh u của đồng hồ sao, các nhà thiên văn thực hành phải đo góc giờ t của một sao nào đó (có xích kinh α đã biết) và ghi giờ chỉ của đồng hồ s' tại thời điểm đo góc giờ t của sao đó.

Nếu quan sát sao khi nó qua kinh tuyến trên ($t = 0$) thì số hiệu chỉnh của đồng hồ là :

$$\begin{aligned} s &= \alpha = u + s' \\ u &= \alpha - s' \end{aligned}$$

Từ giờ sao s người ta chuyển sang giờ Mặt Trời trung bình địa phương T_m và từ giờ Mặt Trời trung bình địa phương chuyển sang giờ múi T_M (§45).

2. Xác định kinh độ địa lí λ

Người ta dựa vào cơ sở hiệu giờ địa phương tại 2 nơi (tính ở cùng một thời điểm vật lí) bằng hiệu kinh độ của 2 nơi đó (§43).

Kinh độ địa lí của mỗi nơi được tính từ kinh tuyến gốc ($\lambda_0 = 0$). Nếu T là giờ địa phương của kinh tuyến (ở về phía đông Grinuych) và nếu T_0 là giờ địa phương của Grinuych thì

$$\lambda = T - T_0 \quad (7.3)$$

Như vậy việc xác định kinh độ của một nơi nào đó quy về việc xác định giờ địa phương tại nơi đó và tại kinh tuyến gốc ở cùng một thời điểm vật lí. Ngày nay tín hiệu giờ địa phương chính xác T_0 của kinh tuyến gốc hàng ngày được phát bằng vô tuyến điện.

Quá trình tiến hành xác định độ kinh λ như sau : người ta quan sát một sao nào đó để xác định số hiệu chính u của đồng hồ đối với kinh tuyến nơi quan sát. Trước và sau quan sát sao đó người ta thu tín hiệu giờ của kinh tuyến gốc để tính số hiệu chính u_0 của đồng hồ đối với kinh tuyến gốc tại thời điểm quan sát sao trên.

Dựa vào (7.1) và (7.3) ta sẽ tính được :

$$\lambda = u - u_0 \quad (7.4)$$

vì $\lambda = T - T_0$

nên $\lambda = (T' + u) - (T' + u_0)$.

Như vậy việc xác định kinh độ quy về việc xác định số hiệu chính của đồng hồ.

§52. XÁC ĐỊNH Vĩ ĐỘ ĐỊA LÍ VÀ SỐ HIỆU CHÍNH U CỦA ĐỒNG HỒ

Có 3 phương pháp xác định vĩ độ φ và số hiệu chính u .

1. Xác định φ và u qua đo khoảng cách đỉnh Z của thiên thể.
Áp dụng công thức (6.4) :

$$\cos Z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t,$$

trong đó $t = s - \alpha$, và dựa vào (7.2) :

$$t = T' + u - \alpha \quad (7.5)$$

Nếu ta đo khoảng cách đỉnh Z của một thiên thể (đã biết tọa độ xích đạo α, δ) và ghi giờ của đồng hồ T' (đồng hồ sao) tại

lúc đo ấy thì trong công thức (6.4) đại lượng chưa biết là φ và u . Người ta phải tiến hành một quá trình như vậy đối với một thiên thể thứ hai và có thể coi trong thời gian ngắn này số hiệu chính của đồng hồ không đổi (u). Giải hệ phương trình 2 ẩn số này ta xác định được φ và u .

2. Xác định φ và u qua quan sát thiên thể khi qua kinh tuyến trên. Lúc qua kinh tuyến trên thì góc giờ của thiên thể $t = 0$ và (6.4) sẽ có dạng :

$$\begin{aligned}\cos Z &= \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \\ \cos Z &= \cos(\varphi - \delta) \text{ hay } \cos Z = \cos(\delta - \varphi).\end{aligned}$$

Từ đó :

$\varphi = \delta + Z$ nếu thiên thể qua kinh tuyến trên ở phía nam thiên đỉnh (7.6)

$\varphi = \delta - Z$ nếu thiên thể qua kinh tuyến trên ở phía Bắc thiên đỉnh (7.7)

Và từ (7.5) ta có :

$$u = \alpha - T' \quad (7.8)$$

Như vậy khi thiên thể qua kinh tuyến trên thì theo (7.6) hay (7.7) ta chỉ cần đo khoảng cách đỉnh là tính được độ vĩ φ và theo (7.8) ta chỉ cần ghi giờ T' của đồng hồ là tính được số hiệu chính u .

3. Xác định φ và u bằng quan sát hai thiên thể ở cùng khoảng cách đỉnh (cùng độ cao). Nếu hai thiên thể có tọa độ xích đạo tương ứng là α_1, δ_1 và α_2, δ_2 được quan sát tại hai thời điểm tương ứng là T'_1 và T'_2 . Lúc quan sát nếu khoảng cách đỉnh của chúng có trị số như nhau thì từ công thức (6.4) và (7.5) ta viết được phương trình :

$$\begin{aligned}\sin\varphi \sin\delta_1 + \cos\varphi \cos\delta_1 \cos(T'_1 + u - \alpha_1) &= \\ = \sin\varphi \sin\delta_2 + \cos\varphi \cos\delta_2 \cos(T'_2 + u - \alpha_2) &\quad (7.9)\end{aligned}$$

trong đó ẩn số là φ và u .

Nếu ta lập lại quan sát cho một cặp sao thứ hai nữa thì ta viết thêm được phương trình thứ hai. Giải hệ phương trình này ta sẽ thu được φ và u .

Phương pháp xác định vĩ độ φ và độ hiệu chỉnh u của đồng hồ bằng quan sát hai cặp sao ở cùng khoảng cách đỉnh được ứng dụng rộng rãi trong thiên văn đo đạc. Ưu điểm của phương pháp này là không cần phải đo khoảng cách đỉnh mà chỉ có động tác ghi thời điểm lúc 2 cặp thiên thể đi qua một vòng đồng cao nào đó.

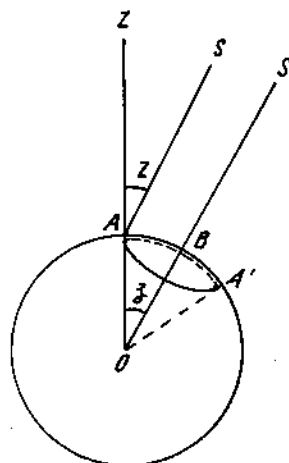
§53. XÁC ĐỊNH ĐỒNG THỜI KINH ĐỘ VÀ VĨ ĐỘ

Trong giao thông hàng hải, hàng không... nhiều khi người ta cần phải biết nhanh chóng vị trí của các con tàu của mình. Phương pháp xác định đồng thời kinh độ λ và vĩ độ φ tại một nơi sẽ trình bày dưới đây được sử dụng rộng rãi trong giao thông đường thủy và đường không.

Điểm trên mặt đất mà tại đó một người quan sát thấy thiên thể qua thiên đỉnh ở một thời điểm nào đó được gọi là vị trí địa lí của thiên thể đó. Kinh độ λ và vĩ độ φ của vị trí địa lí của thiên thể có thể xác định nếu như ta biết được tọa độ xích đạo α và δ của thiên thể đó và giờ sao s_0 ở Grinuych tại thời điểm thiên thể đó qua thiên đỉnh.

Quả vậy khi thiên thể ở thiên đỉnh ($Z = 0$) thì vĩ độ của vị trí địa lí của nó $\varphi = \delta$ và góc giờ t của nó bằng không nên giờ sao địa phương của kinh tuyến ở vị trí địa lí của thiên thể đó $s = \alpha$. Từ đó kinh độ của vị trí địa lí của thiên thể ấy $\lambda = \alpha - s_0$.

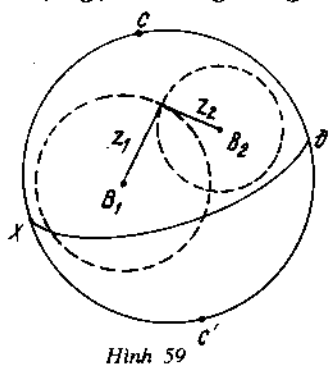
Nếu người quan sát ở tại điểm A không trùng với vị trí địa lí B của thiên thể S (H.58) thì tại thời điểm s_0 sẽ thấy S có khoảng cách Z (các tia sáng xuất hiện từ sao truyền đến mọi điểm trên mặt đất có thể coi như song song). Nói cách khác người quan sát ở cách



Hình 58

vị trí địa lí B của thiên thể S một khoảng bằng cung $AB = Z$. Vòng tròn tâm B và có bán kính cầu BA được gọi là vòng cùng độ cao.

Giả sử một người quan sát đo khoảng đỉnh Z_1 của sao S_1 (có tọa độ α_1 và δ_1), tại thời điểm s_{01} (giờ sao ở Grinuych) và đo khoảng cách đỉnh Z_2 của sao S_2 (có tọa độ α_2 và δ_2) tại thời điểm s_{02} (giờ sao ở Grinuych). Như vậy người quan sát đang đứng tại một trong hai giao điểm của hai vòng cùng độ cao : vòng thứ nhất có bán kính Z_1 và có tâm B_1 (vị trí địa lí của sao S_1) với tọa độ : $\varphi_1 = \delta_1$ và $\lambda_1 = \alpha_1 - s_{01}$. Vòng thứ hai có bán kính Z_2 và có tâm B_2 (vị trí địa lí của sao S_2) với tọa độ $\varphi_2 = \delta_2$ và $\lambda_2 = \alpha_2 - s_{02}$ (h.59).



Từ đó trên mặt quả địa cầu ta xác định được hai điểm B_1 và B_2 , vẽ được hai vòng cùng độ cao với bán kính Z_1 và Z_2 , tức là xác định được hai giao điểm của hai vòng đó. Vì bán kính các vòng trên khá lớn và hai giao điểm nằm khá xa nhau, nên người quan sát chỉ cần biết gần đúng vị trí của mình là có thể khẳng định được mình đang đứng tại giao điểm nào, tức là biết được tọa độ của nơi mình đứng.

§54. XÁC ĐỊNH ĐỘ PHƯƠNG CỦA MỘT VẬT TRÊN MẶT ĐẤT

Trong công tác thiên văn trắc địa và bản đồ, việc xác định độ phương là một trong những phép đo cơ bản.

Muốn xác định độ phương của một vật trên mặt đất, chẳng hạn vật V (H.60) trước hết người ta xác định độ phương của một thiên thể S nào đó. Tiếp đến người ta xác định góc ΔA tạo

nên bởi vòng thẳng đứng qua thiên thể và vòng thẳng đứng qua vật V. Độ phương A_v của vật sẽ là :

$$A_v = A - \Delta A.$$

Độ phương A của thiên thể S được tính theo công thức chuyển tọa độ :

$$\operatorname{tg} A = \frac{\cos \delta \cdot \sin t}{-\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cdot \cos t}$$

Để tính A người ta chỉ cần ghi số chỉ T của đồng hồ tại thời điểm quan sát S. Biết số hiệu chỉnh của đồng hồ là u và xích kinh α của thiên thể S ta sẽ tính được góc giờ t của thiên thể ở thời điểm quan sát $t = T + u - \alpha$. Dưa giá trị của góc giờ t, của vĩ độ địa lí φ và của xích vĩ δ của thiên thể vào công thức trên ta sẽ tính được độ phương A.

Hình 60

Ngoài ra khi biết chính xác độ phương của một vật nằm cố định trên mặt đất đối với nơi quan sát thì ta xác định được đường Bắc Nam của nơi này và từ đó ta bố trí được ống kính quan sát quay trong mặt phẳng kinh tuyến trời - một động tác rất cơ bản để quan sát các thiên thể khi chúng qua kinh tuyến trên.

§55. XÁC ĐỊNH KHOẢNG CÁCH ĐẾN CÁC THIÊN THỂ

Tọa độ của các thiên thể trên thiên cầu được xác định bằng các kết quả quan sát từ các điểm khác nhau trên mặt đất không hoàn toàn bằng nhau. Sự khác nhau này biểu hiện rất rõ đối với các thiên thể ở gần (trong hệ Mặt Trời).

Góc tạo thành bởi phương nhìn đến thiên thể S_2 từ một điểm trên mặt đất và phương nhìn đến thiên thể đó từ tâm Trái Đất được gọi là thị sai ngày của thiên thể đó (góc p trên

hình 61). Rõ ràng khi thiên thể ở thiên đỉnh thì thị sai ngày của nó bằng không. Khi thiên thể nằm trên chân trời thì có trị số lớn nhất và được gọi là thị sai chân trời (p_0).

Từ hai tam giác OAS_2 và OAS_1 ta có :

$$\frac{R}{\Delta} = \frac{\sin p}{\sin Z} \text{ và } \frac{R}{\Delta} = \sin p_0$$

Từ đó : $\sin p = \sin p_0 \cdot \sin Z$.

Thị sai chân trời (p_0) của các thiên thể nói chung đều bé nên ta có thể viết :

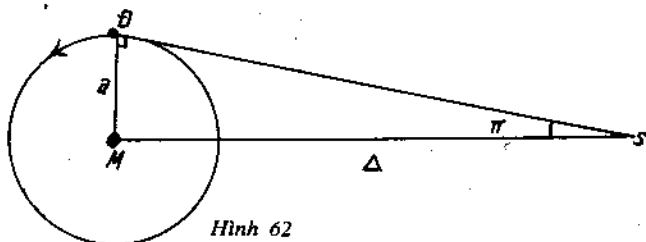
$$p = p_0 \sin Z \quad (7.10)$$

Biết thị sai chân trời p_0 của một thiên thể, ta tính được khoảng cách Δ từ nó đến tâm Trái Đất :

$$\Delta = \frac{R}{\sin p_0} \quad (7.11)$$

Đối với các sao (ngoài hệ Mặt Trời) vì ở quá xa nên thị sai chân trời của chúng quá bé không thể xác định được. Người ta phải sử dụng thị sai năm.

Thị sai năm (π) của một sao là góc nhìn bán kính quỹ đạo chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời từ sao đó. Trên hình 62 vòng tròn là quỹ đạo chuyển động của Trái Đất Đ (M là Mặt Trời).



Hình 62

Ta có :
$$\Delta = \frac{a}{\sin \tau} \quad (7.12)$$

Từ (7.11) và (7.12) ta thấy rằng việc xác định khoảng cách đến các thiên thể thực chất là đo thị sai của chúng. Đối với các thiên thể ở rất xa (hàng triệu năm ánh sáng) thì người ta sử dụng các phương pháp xác định khác (xem §114).

Ngày nay người ta đã có khả năng đo khoảng cách đến các thiên thể ở gần bằng phương pháp vô tuyến định vị. Khoảng cách Δ từ thiên thể đến Trái Đất được tính theo công thức :

$$\Delta = \frac{ct}{2}$$

trong đó c là vận tốc truyền của sóng điện từ, t là thời gian tính từ lúc phát xung sóng đến lúc sóng phản hồi lại máy phát.

§56. XÁC ĐỊNH THỊ SAI CHÂN TRỜI

Giả sử từ 2 vị trí A_1 và A_2 trên mặt đất nằm trên cùng một kinh tuyến (λ như nhau) người ta cùng đo khoảng cách đỉnh Z_1 và Z_2 của một thiên thể S nào đó lúc nó qua kinh tuyến trên. Trên hình 63 hai vị trí A_1 và A_2 đều ở về Bắc bán cầu và có độ vĩ tương ứng φ_1 và φ_2 . Từ tứ giác A_1SA_2O ta có :

$$P_1 + P_2 + 180^\circ - Z_1 + 180^\circ - Z_2 + \varphi_1 - \varphi_2 = 360^\circ$$

$$\text{Từ đó } P_1 + P_2 = Z_1 + Z_2 - \varphi_1 + \varphi_2 \quad (7.13)$$

Theo (7.10) ta có :

$$P_1 = P_o \sin Z_1$$

$$P_2 = P_o \sin Z_2$$

$$\text{Do đó : } P_1 + P_2 = P_o (\sin Z_1 + \sin Z_2) \quad (7.14)$$

Từ (7.13) và (7.14) ta tính được thị sai chân trời P_o của thiên thể S :

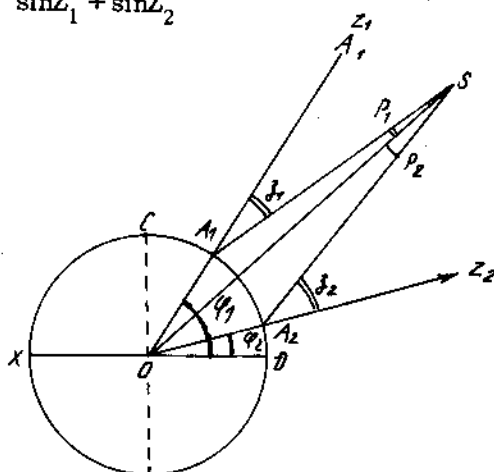
$$P_o = \frac{Z_1 + Z_2 - \varphi_1 + \varphi_2}{\sin Z_1 + \sin Z_2} \quad (7.15)$$

Như vậy việc xác định thị sai chân trời của một thiên thể được quy về xác định khoảng cách đỉnh (Z_1 và Z_2) của thiên thể đó.

Bằng phương pháp trên người ta đo được thị sai chân trời của Mặt Trăng

$$P_o = 57'2''67$$

Do đó khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng bằng 384 400 km.



Hình 63

§57. CÁC ĐƠN VỊ ĐO KHOẢNG CÁCH TRONG THIÊN VĂN HỌC

Vì khoảng cách đến các thiên thể rất lớn, nên trong thiên văn học, người ta đã quy định các đơn vị đo khoảng cách như sau :

1. Đơn vị thiên văn (đ.v.t.v.) có độ dài bằng khoảng cách trung bình từ Trái Đất đến Mặt Trời

$$1 \text{ đ.v.t.v} = 1,496.10^{11} \text{ m}$$

2. Năm ánh sáng (n.a.s) có độ dài bằng quãng đường ánh sáng truyền trong chân không trong một năm

$$1 \text{ n.a.s} = 9,460.10^{15} \text{ m} = 63240 \text{ đ.v.t.v.}$$

3. Pasêc (ps) có khoảng cách ứng với thị sai năm bằng 1 giây (1'')

$$1 \text{ ps} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m} = 206 \ 265 \text{ đ.v.t.v.} \\ = 3,262 \text{ n.a.s.}$$

Đối với các thiên thể trong hệ Mặt Trời (vì ở gần) nên khoảng cách được tính theo đ.v.t.v, chẳng hạn như Thủy Tinh cách Mặt Trời 0,387 đ.v.t.v. còn Diêm Vương Tinh cách Mặt Trời : 39,75 đ.v.t.v.

Vì các sao (ở ngoài hệ Mặt Trời) ở rất xa nên khoảng cách được đo bằng paséc hay năm ánh sáng. Trong trường hợp này thì :

$$\Delta = \frac{1}{\pi} \text{ ps},$$

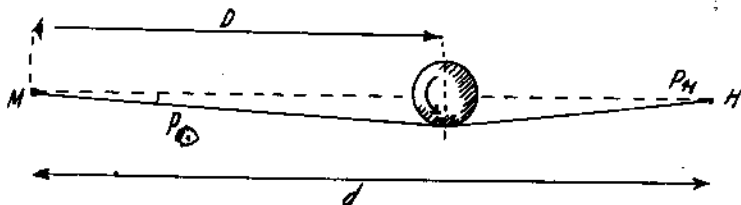
hay
$$\Delta = \frac{3,262}{\pi} \text{ n.a.s.}$$

Chẳng hạn như sao Cận Tinh (sao ở gần nhất) trong chòm Nhân Mã có thị sai năm $\pi = 0''762$, cách ta 1,31 ps hay 4,26 n.a.s.

§58. XÁC ĐỊNH ĐƠN VỊ THIÊN VĂN

(thị sai của Mặt Trời)

Nếu biết thị sai chân trời của Mặt Trời thì ta có thể tính khoảng cách trung bình từ Trái Đất đến Mặt Trời theo công thức (7.11) tức là xác định được đơn vị thiên văn. Độ chính xác của phép tính này phụ thuộc vào độ chính xác của phép đo thị sai chân trời của Mặt Trời. Thực tế đo trực tiếp thị sai của Mặt Trời như đã trình bày ở §56 sẽ mắc sai số lớn vì Mặt Trời ở khá xa (thị sai quá bé).



Hình 64

Cuối thế kỉ XVII người ta đã xác định gián tiếp thị sai của Mặt Trời qua thị sai của Hỏa Tinh khi hành tinh này giao hội với Trái Đất (H.64).

Gọi thị sai chân trời của Hỏa Tinh là P_H , của Mặt Trời là $P_\odot$, khoảng cách trung bình từ Trái Đất đến Mặt Trời là D , khoảng cách từ Mặt Trời đến Hỏa Tinh là d . Ta có :

$$D = \frac{R}{P_\odot \sin 1''}$$

$$d - D = \frac{R}{P_H \sin 1''}$$

Từ đó :

$$\frac{d - D}{D} = \frac{P_\odot}{P_H}$$

hay

$$\frac{d}{D} - 1 = \frac{P_\odot}{P_H}$$

Tỉ số $\frac{d}{D}$ được tính theo định luật 3 Kêple, còn thị sai chân trời của Hỏa Tinh P_H được xác định từ quan sát (theo §56).

Kết hợp với phương pháp vô tuyến định vị, năm 1964 Hội thiên văn quốc tế đã xác nhận giá trị của thị sai chân trời của Mặt Trời $P_\odot$ và đơn vị thiên văn như sau :

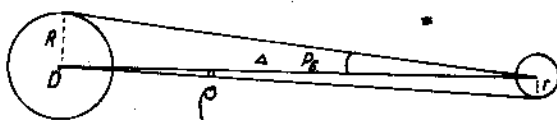
$$P_\odot = 8''794$$

do đó $1 \text{ đ.v.t.v} = 149,6.10^6 \text{ km}$ (gần 150 triệu km)

§59. XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC CỦA CÁC THIÊN THỂ

Ta đã biết phương pháp xác định khoảng cách đến các thiên thể. Nếu biết thêm bán kính góc của các thiên thể thì dễ dàng tính được kích thước của chúng. Bán kính góc của các thiên thể ở gần như Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh có thể xác định

trực tiếp bằng kính đo góc. Trên hình 65, Trái Đất Đ có bán kính R, thiên thể S có bán kính r và bán kính góc ρ . Ta dễ dàng tính được bán kính r của thiên thể S :



Hình 65

$$r = \frac{\sin \rho}{\sin p_0} R.$$

Vì ρ và P_0 đều bé nên

$$r = \frac{\rho}{P_0} R. \quad (7.16)$$

Kết quả đo đạc cho biết :

Mặt Trăng có $\rho = 15'52''6$
tức là có bán kính $r = 3476$ km.

Mặt Trời có $\rho = 16'16''$ tức là có $r = 696\,000$ km,

Các sao ở quá xa nên không thể đo trực tiếp bán kính góc mà phải đo bằng phương pháp đặc biệt (xem §102).

§60. KÍNH ĐO GÓC

Trong nhiều phép đo kể trên, chẳng hạn như đo khoảng cách đỉnh (Z), đo độ phương (A) của các thiên thể... đều quy về phép đo góc trong mặt phẳng thẳng đứng hay trong mặt phẳng nằm ngang (và ghi thời điểm đo ấy).

Trong thiên văn, có nhiều loại kính đo góc được cấu tạo khác nhau đáp ứng những đối tượng đo khác nhau.

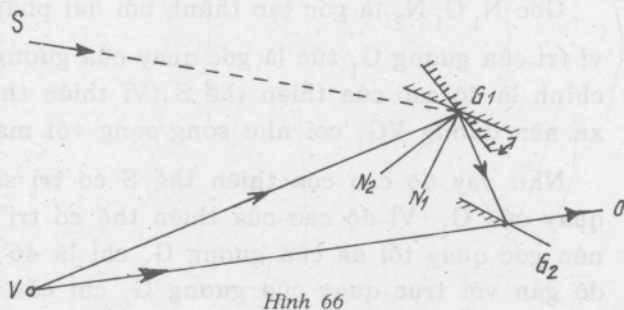
Cấu tạo cơ bản và chung nhất của các loại kính đo góc là một ống kính cỡ nhỏ có thể quay quanh hai trục đặt thẳng góc với nhau - trục nằm ngang và trục thẳng đứng. Góc quay được xác định trên mâm chia độ (gắn với trục quay) có du xích. Hiện

nay người ta đã tạo nên du xích có thể cho phép đo góc với độ chính xác đến phần nhỏ của giây.

§61. KÍNH LỰC PHÂN

Kính lực phân là dụng cụ đo góc xách tay đơn giản thường được dùng trong giao thông hàng hải, hàng không để xác định vị trí của con tàu trong các cuộc hành trình.

Bộ phận chủ yếu của kính lực phân là 2 tấm gương nhỏ G_1 và G_2 (H.66). Gương G_1 phản chiếu ánh sáng và có thể quay quanh một trục (trên hình vẽ trục quay này VO thẳng góc với mặt giấy). Gương G_2 đặt cố định, một nửa phản chiếu ánh sáng và một nửa trong suốt.



Muốn xác định khoảng cách đỉnh của thiên thể nào đó, chẳng hạn của sao S thì ta tiến hành như sau :

Hướng kính về phía sao S và tìm ngắm một vật nào đó V nằm cố định ở khá xa trên mặt đất theo hướng đó. Ta sẽ thấy trực tiếp vật V qua phần trong suốt của gương G_2 . Lúc này ta quay gương G_1 sao cho các tia sáng từ vật V truyền đến G_1 phản xạ về G_2 và từ G_2 truyền đến mắt ta (O). Như vậy mắt ta sẽ thu được hai ảnh của vật V trùng lên nhau (một nhìn trực tiếp, một phản xạ qua hai gương). Qua thang chia độ, ta ghi lấy vị trí thứ nhất này của gương G_1 . Sau đó ta quay G_1 cho đến khi thấy được ảnh của sao S nằm trùng với vật V (hình nhìn trực tiếp) và ghi vị trí thứ hai này của gương G_1 . Trên hình vẽ G_1N_1

là pháp tuyến của gương G_1 ứng với vị trí thứ nhất, G_1N_2 là pháp tuyến của gương G_1 ứng với vị trí thứ hai. Từ hình vẽ ta có liên hệ giữa các góc :

$$\widehat{SG_1G_2} = 2 \widehat{N_2G_1G_2} \quad (1)$$

$$\widehat{VG_1G_2} = 2 \widehat{N_1G_1G_2} \quad (2)$$

Trừ (1) cho (2) ta được :

$$\widehat{SG_1V} = 2 \widehat{N_1G_1N_2}$$

Góc $N_1G_1N_2$ là góc tạo thành bởi hai pháp tuyến ứng với hai vị trí của gương G_1 tức là góc quay của gương G_1 . Còn góc SG_1V chính là độ cao của thiên thể S (Vì thiên thể S và vật V ở rất xa nên đường VG_1 coi như song song với mặt đất).

Như vậy độ cao của thiên thể S có trị số bằng hai lần góc quay của G_1 . Vì độ cao của thiên thể có trị số lớn nhất là 90° nên góc quay tối đa của gương G_1 chỉ là 45° . Vì vậy mâm chia độ gắn với trục quay của gương G_1 chỉ cần một hình quạt mà góc ở đỉnh bằng $60^\circ = \frac{1}{6}$ vòng tròn là thỏa mãn phép đo. Chính vì lẽ đó mà kính được gọi là kính lục phân.

Mặt khác để tránh động tác nhân đôi góc quay, người ta đã khắc lên mâm chia độ với giá trị gấp đôi (cung 60° được ghi thành 120°)

§62. ĐỒNG HỒ THIÊN VĂN

Trong mọi trường hợp quan sát, người ta đều phải ghi thời điểm quan sát. Độ chính xác của thời điểm ghi phụ thuộc vào độ chính xác của đồng hồ. Vì vậy các đồng hồ dùng trong quan trắc thiên văn phải được chế tạo tinh vi để đảm bảo tính chính xác cao.

Đồng hồ con lắc là kiểu đồng hồ thông dụng. Chu kì của con lắc phụ thuộc vào độ dài của nó và phụ thuộc vào áp suất không khí. Để đảm bảo chu kì dao động không đổi (đảm bảo nhịp chạy đều của đồng hồ) người ta đã dùng những hợp kim đặc biệt (ít co giãn theo nhiệt độ) để chế tạo con lắc và bộ phận này còn được đặt trong lồng kín (có áp suất thấp). Toàn bộ đồng hồ được đặt trong buồng kín ở độ sâu từ 10 - 12m.

Một đồng hồ con lắc thiên văn hoàn chỉnh bao gồm hai con lắc. Một con lắc được gọi là tự do (đặt trong lồng kín, dưới hầm sâu) có chu kì dao động gần như không đổi. Dao động của con lắc tự do này được chuyển đến một con lắc thứ cấp (có gắn bộ phận kim quay) đặt ở phòng làm việc.

Người ta cũng đã chế tạo những loại đồng hồ khác có độ chính xác cao, chẳng hạn như đồng hồ thạch anh mà nguyên tắc hoạt động của nó dựa vào hiệu ứng áp điện của tinh thể thạch anh. Ở đây vai trò của con lắc là tấm tinh thể thạch anh được đặt trong một điện trường biến thiên với tần số cao. Tấm thạch anh sẽ dao động đàn hồi khi đạt tiêu chuẩn cộng hưởng (vào khoảng từ 50 000 - 1 000 000 Hz). Dao động này sẽ được khuếch đại (về biên độ) và được hạ tần số xuống khoảng 1000 Hz, trước khi chuyển đến bộ phận làm quay kim đồng hồ. Đồng hồ thạch anh là một dụng cụ điện tử phức tạp có độ chính xác cao (sai số $\pm 0,0002$ giây trong một ngày). Ngày nay, đồng hồ thạch anh được thay thế bởi đồng hồ nguyên tử, có độ chính xác rất cao.

Để ghi thời điểm quan sát một cách thuận lợi và chính xác, người ta thường sử dụng thêm bộ phận ghi giờ tự động.

Nên biết rằng, trong các đài thiên văn trắc đạc, ngoài đồng hồ chạy theo giờ thường, còn có đồng hồ chạy theo giờ sao ...

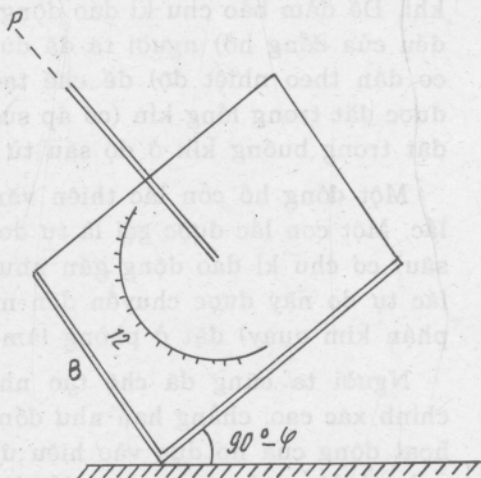
§63. ĐỒNG HỒ MẶT TRỜI

Hàng ngày Mặt Trời nhật động quanh Trái Đất (quanh trục vũ trụ). Nếu có một cái que đặt theo phương song song với trục

vũ trụ thì bóng của que này trên tấm ván đặt thẳng góc với que cũng sẽ quay đều. Đó là cơ sở để tạo ra một đồng hồ được gọi là đồng hồ Mặt Trời.

1. Đồng hồ Mặt Trời kiểu xích đạo

Đồng hồ này gồm một cái que cắm thẳng góc với một tấm ván. Tấm ván làm mặt đồng hồ. Mặt đồng hồ được đặt song song với mặt phẳng xích đạo và do đó que sẽ nằm theo phương song song với trục vũ trụ (H.67). Như vậy mặt đồng hồ nghiêng với phương nằm ngang một góc $90^\circ - \varphi$ (φ là vĩ độ nơi đặt đồng hồ).



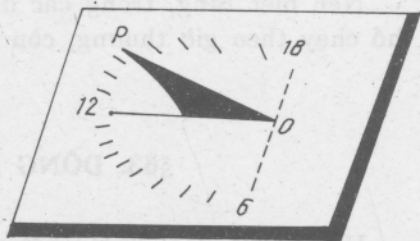
Hình 67

Do nhật động của Mặt Trời từ Đông sang Tây mà bóng của que cũng quay đều trên mặt từ Tây sang Đông, cứ mỗi giờ thì bóng quay được 15° . Rõ ràng lúc giữa trưa bóng que in theo phương đường Bắc Nam (12^h).

2. Đồng hồ Mặt Trời kiểu chân trời

Mặt đồng hồ loại này được đặt theo phương nằm ngang. Que được cắm nghiêng với mặt một góc bằng độ vĩ địa lí. Đồng hồ được đặt sao cho que nằm song song với trục vũ trụ (H.68).

Do nhật động, Mặt Trời chuyển động quanh trục vũ trụ (quanh que) trong mặt phẳng thẳng góc với trục vũ trụ. Như vậy mặt đồng hồ không song song với mặt phẳng nhật động của Mặt Trời (nghiêng một góc bằng $90^\circ - \varphi$) nên bóng que quét trên mặt đồng hồ với vận



Hình 68

Hình 69

Trên hình vẽ BN là đường Bắc Nam. Khi bóng của que in lên đường OB là ứng với 12^h và in lên OI là ứng với t^h . Như vậy ta cần tính góc BOI hay cung BI = x. Từ tam giác cầu PBI vuông góc tại B ta có :

$$\operatorname{tg} BT = \sin BP \cdot \operatorname{tg} \widehat{BPI}$$

hay

$$\operatorname{tg} x = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} t$$

Ta thấy độ chia trên mặt đồng hồ cho các giờ trong ngày phụ thuộc vào vĩ độ φ của nơi đặt đồng hồ. Ta cũng dễ hình dung được rằng các vạch ứng với 6, 7, 8, 9, 10, 11 giờ sáng sẽ đối xứng với 6, 5, 4, 3, 2, 1 giờ chiều qua vạch 12^h. Sau đây là bảng ghi tính cho Hà Nội có vĩ độ $\varphi = 21^\circ$

Giờ	11 ^h (1 ^h)	10 ^h (2 ^h)	9 ^h (3 ^h)	8 ^h (4 ^h)	7 ^h (5 ^h)	6 ^h (6 ^h)
Độ chia x	5°5	11°7	19°7	31°7	33°2	90°

Cần biết rằng đồng hồ Mặt Trời chỉ giờ mặt trời thực địa phương. Muốn quy về giờ sinh hoạt (giờ múi) thì phải hiệu chỉnh với phương trình thời gian và độ kinh nơi đặt đồng hồ. Trong sinh hoạt bình thường không đòi hỏi độ chính xác cao thì ta có thể sử dụng giờ của đồng hồ Mặt Trời.

BÀI TẬP CHƯƠNG VII

1. Tại một nơi quan sát có giờ sao là $12^{\text{h}}15^{\text{ph}}52^{\text{s}}$, vào lúc ấy giờ sao ở Grinuych là $5^{\text{h}}17^{\text{ph}}12^{\text{s}}$. Hỏi kinh độ của nơi đó là bao nhiêu ?

2. Vào ngày thu phân, bóng của một que cắm thẳng trên mặt phẳng nằm ngang lúc giữa trưa bằng 0,374 độ dài của que. Hãy xác định vĩ độ nơi cắm que.

3. Khoảng 1 100 năm trước công nguyên, độ cao của Mặt Trời vào ngày Hạ chí là $79^{\circ}7'$, vào ngày Đông chí là $31^{\circ}19'$ (ở phía Nam thiên đỉnh). Hãy tính vĩ độ của nơi quan sát và góc nghiêng giữa hoàng đạo và xích đạo thời ấy.

4. Một thuyền trưởng đo khoảng cách đỉnh của Mặt Trời đúng lúc giữa trưa ngày Đông chí (22-XII) được 45° Nam. Sau đó $1^{\text{h}}32^{\text{ph}}$ ông ta nghe đài phát thanh Hà Nội phát tín hiệu 12^{h} . Tính tọa độ địa lí của nơi ông ta quan sát. Cho biết thời sai vào ngày đó là - 9 phút.

5. Một sao có khoảng cách đỉnh khi qua kinh tuyến trên bằng $68^{\circ}6'8''$ và khi qua kinh tuyến dưới bằng $69^{\circ}47'42''$. Tính vĩ độ nơi quan sát và xích vĩ của sao ấy. Sao này là sao gì ?

6. Vào lúc 20^{h} người ta thấy Sao Chức Nữ ở khoảng cách đỉnh $35^{\circ}30'$. Tính vĩ độ nơi quan sát biết tọa độ xích đạo của sao Chức nữ là 38° và $18^{\text{h}}34^{\text{ph}}$, giờ sao lúc 0^{h} quốc tế ngày hôm đó tại Grinuych là $3^{\text{h}}14^{\text{ph}}48^{\text{s}}$.

7. Mặt Trăng có bán kính góc bằng $16'20''$, thị sai chân trời bằng $59'51''$. Tính bán kính góc nhìn thấy của Mặt Trăng khi nó có thị sai chân trời bằng $34'22''$.

Chương VIII

TUẦN TRĂNG. NHẬT NGUYỆT THỰC. THỦY TRIỀU

Tuần trăng, nhật nguyệt thực và thủy triều là ba hiện tượng tự nhiên liên quan đến bộ ba : Mặt Trời, Trái Đất và Mặt Trăng.

I - TUẦN TRĂNG

Mặt Trăng là thiên thể nguội, được Mặt Trời dọi sáng. Tùy theo vị trí tương đối giữa Trái Đất, Mặt Trời và Mặt Trăng mà ta thấy phần dọi sáng của Mặt Trăng nhiều hay ít (tròn hay khuyết)

§64. QUỸ ĐẠO CỦA MẶT TRĂNG

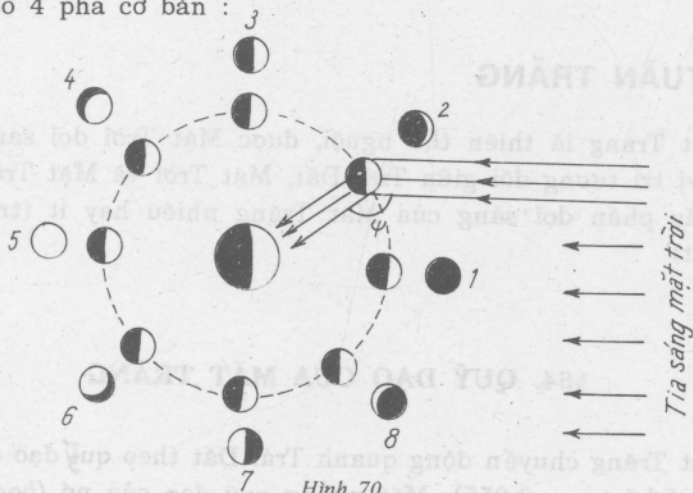
Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất theo quỹ đạo elip với tâm sai bé ($e = 0,055$). Mặt phẳng quỹ đạo của nó (*bạch đạo*) nghiêng với mặt phẳng quỹ đạo của Trái Đất (*hoàng đạo*) một góc $5^{\circ}9'$. Chu kì chuyển động bằng 27,32 ngày.

Thực ra chuyển động của Mặt Trăng phức tạp hơn nhiều vì bị lực nhiễu loạn khá lớn. Các thông số quỹ đạo của nó không ngừng biến thiên, chẳng hạn như độ nghiêng giữa mặt phẳng bạch đạo và mặt phẳng hoàng đạo dao động trong khoảng $4^{\circ}58'$ đến $5^{\circ}20'$.

§65. CHUYỂN ĐỘNG BIỂU KIẾN CỦA MẶT TRĂNG

Theo dõi vị trí của Mặt Trăng trên nền trời sao ta thấy nó từ từ di chuyển theo chiều từ Tây sang Đông nghĩa là ngược với chiều nhật động. Do Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất và hệ Trái Đất - Mặt Trăng chuyển động quanh Mặt Trời mà từ Trái Đất ta thấy Mặt Trăng ở cách Mặt Trời với khoảng cách góc thay đổi và cũng từ đó thấy được hình dạng của phần sáng biến thiên với chu kì xác định.

Hình 70 cho ta thấy các pha của tuần trăng. Do Mặt Trời ở khá xa nên các tia sáng từ Mặt Trời truyền đến là những tia song song. Góc ψ tạo thành bởi phương của tia sáng Mặt Trời và phương của tia sáng phản xạ từ Mặt Trăng được gọi là góc pha. Có 4 pha cơ bản :



Hình 70

+ $\psi = 180^\circ$ Mặt Trăng ở vị trí 1, giao hội với Mặt Trời thì nửa Mặt Trăng được dội sáng hướng về Mặt Trời, nửa tối hướng về Trái Đất nên đêm này ta không thấy Trăng (không trăng).

+ $\psi = 0^\circ$ Mặt Trăng ở vị trí 5, xung đối với Mặt Trời thì nửa Mặt Trăng được dội sáng hướng về Trái Đất nên ta thấy trăng tròn.

+ $\psi = 90^\circ$ ở vị trí 3 và 7 thì ta thấy trăng bán nguyệt.

Nếu theo dõi một tuần trăng từ ngày không trăng trở đi thì ta sẽ thấy lần lượt từ lưỡi liềm, bán nguyệt (thượng huyền), trăng khuyết, trăng tròn, trăng khuyết, bán nguyệt (hạ huyền) lưỡi liềm, không trăng.

Do tháng Âm lịch lấy cơ sở của tuần trăng nên tương ứng với các ngày nhất định của tháng Âm lịch ta thấy trăng sáng có dạng xác định.

Dạng	Ngày A.L	Góc Pha
Không trăng	1	0
Lưỡi liềm	2 ÷ 5	$180^\circ < \psi < 90^\circ$
Bán nguyệt	7 ÷ 8	90°
Trăng tròn	14 ÷ 15 ÷ 16	180°
Bán nguyệt	22 ÷ 23	270°
Lưỡi liềm	25 ÷ Cuối tháng	$270^\circ < \psi < 360^\circ$

§66. CHU KÌ CỦA TUẦN TRĂNG

Biết Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất với chu kì bằng 27,32 ngày. Nếu như Trái Đất nằm yên thì tuần trăng sẽ có độ dài bằng số ngày đó. Do Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời với chu kì 365,25 ngày nên khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp của một pha nào đó của tuần trăng, chẳng hạn như giữa hai lần trăng tròn sẽ không bằng 27,32 ngày.

Giả sử Mặt Trời và Mặt Trăng đang ở vị trí giao hội (vị trí 1 hình 70). Sau mỗi ngày Mặt Trăng di chuyển một cung bằng $360^\circ : 27,13 = 13^\circ$, còn Mặt trời di chuyển (do Trái Đất chuyển động) được một cung bằng $360^\circ : 365,25 = 1^\circ$. Ta dễ dàng lập được phương trình để tính khoảng thời gian để Mặt Trời và Mặt Trăng trở lại vị trí giao hội, tức là chu kì của tuần trăng :

$$\frac{360}{27,32} - \frac{360}{365,25} = \frac{360}{T_{gh}}$$

Từ đó ta rút ra được chu kì giao hội (hay tuần trăng)
 $T_{gh} = 29,53$ ngày.

Cũng dễ dàng luận ra rằng, ngày trên Mặt Trăng dài bằng một tháng giao hội, bằng 29,53 ngày trên Trái Đất.

§67. CHU KÌ TỰ QUAY CỦA MẶT TRĂNG

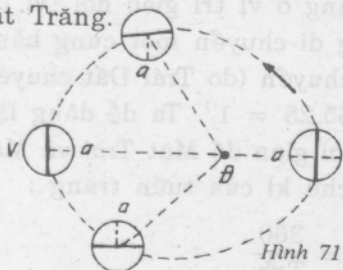
Ta đã biết Mặt Trăng luôn hướng một nửa nhất định về Trái Đất. Sở dĩ có hiện tượng này là do chu kì tự quay của Mặt Trăng đúng bằng chu kì chuyển động của nó quanh Trái Đất và có chiều tự quay và chiều chuyển động trùng nhau.

Nếu vận dụng những khái niệm như trong chương V (phần thời gian) thì chu kì tự quay của Mặt Trăng là ngày sao của nó = 27,32 ngày và ngày mặt trời trên đó bằng tháng giao hội = 29,53 ngày (tóm lại trên Mặt Trăng một tháng chỉ có một ngày đêm).

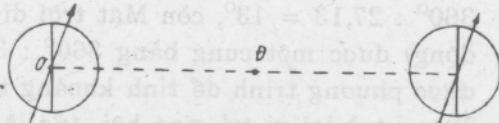
Cần biết thêm rằng trục tự quay của Mặt Trăng không vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo của nó, mà nghiêng với pháp tuyến của mặt phẳng quỹ đạo một góc bằng $6^\circ 40'$.

Rõ ràng ở mỗi thời điểm từ Trái Đất con người chỉ quan sát được đúng một nửa nguyệt cầu, nhưng nếu quan sát trong một chu kì Tuần trăng thì có thể quan sát được 60% bề mặt của nó do các nguyên nhân sau :

- Quỹ đạo của Mặt Trăng có dạng elip (H.71).
- Trục tự quay của Mặt Trăng nghiêng với mặt phẳng quỹ đạo (H.72).
- Từ vị trí khác nhau trên Trái Đất (khá xa nhau) quan sát Mặt Trăng.



Hình 71

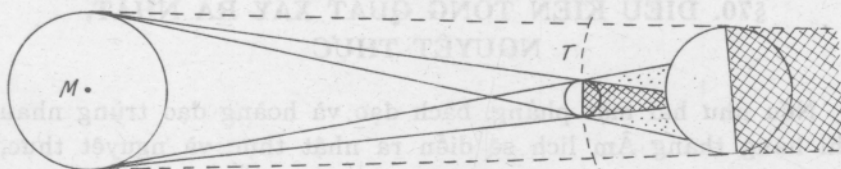


Hình 72

II - NHẬT NGUYỆT THỰC

§68. NHẬT THỰC

Vào thời kì Mặt Trăng và Mặt Trời giao hội (thời kì không trăng) Mặt Trăng có thể che khuất Mặt Trời đối với người quan sát trên mặt đất. Hình 73 cho thấy bóng tối của Mặt Trăng (T) in lên mặt đất. Các nơi ở trong vùng bóng tối này hoàn toàn không thấy Mặt Trời (có nhật thực toàn phần). Còn các nơi ở trong vùng bán dạ thì thấy nhật thực một phần. Do Mặt Trăng chuyển động và do Trái Đất tự quay nên vết bóng tối và bán dạ này quét trên mặt đất thành một giải. Các địa phương nằm trong giải này sẽ lần lượt thấy nhật thực.



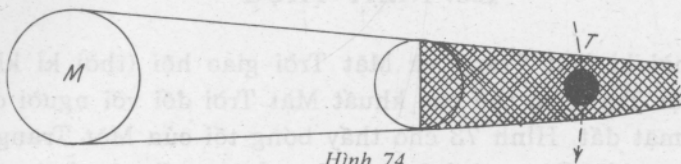
Hình 73

Hơn nữa vì khoảng cách từ Mặt Trăng đến Trái Đất cũng như khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời biến thiên (quỹ đạo đều là elip) nên có trường hợp chóp bóng tối của Mặt Trăng không chạm vào mặt đất. Trong trường hợp này các địa phương nằm ở quanh trục bóng tối sẽ thấy nhật thực vành khuyên (Mặt Trời không bị che hết mà còn một vành sáng).

Tóm lại vào đầu tháng Âm lịch (không trăng) trên Trái Đất có thể diễn ra hiện tượng nhật thực. Khi có nhật thực diễn ra thì các nơi khác nhau thấy nhật thực ở các thời điểm khác nhau và thấy không giống nhau. Một lần nhật thực có thể kéo dài đến ba bốn giờ nhưng mỗi nơi quan sát thì thấy được ngắn hơn, nhất là thấy nhật thực toàn phần (dài nhất là bảy phút).

§69. NGUYỆT THỰC

Vào thời kì trăng tròn, Mặt trăng có thể chuyển động vào bóng tối của Trái Đất và lúc này Mặt Trăng không còn được Mặt Trời chiếu sáng nữa, ta nói hiện tượng nguyệt thực xảy ra (H. 74)

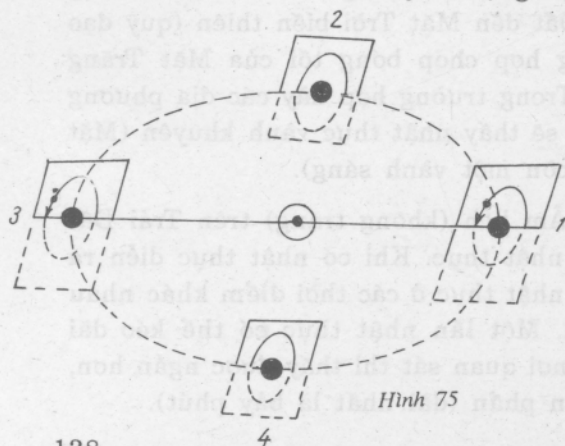


Khác với nhật thực, đối với nguyệt thực thì các nơi đang là ban đêm sẽ thấy nguyệt thực diễn ra cùng một lúc và thấy giống nhau. Vì bóng tối của Trái Đất khá lớn nên nguyệt thực toàn phần xảy ra khá lâu (trên một giờ).

§70. ĐIỀU KIỆN TỔNG QUÁT XẢY RA NHẬT, NGUYỆT THỰC

Nếu như hai mặt phẳng, bạch đạo và hoàng đạo trùng nhau thì hàng tháng Âm lịch sẽ diễn ra nhật thực và nguyệt thực, song vì chúng nghiêng trên nhau một góc $5^{\circ}9'$ nên hiện tượng nhật nguyệt thực diễn ra thưa hơn nhiều.

Hình 75 biểu diễn chuyển động của Mặt Trăng và của Trái Đất, cho thấy mặt phẳng



quỹ đạo chuyển động của Mặt Trăng giữ nguyên phương trong không gian (thể hiện ở giao tuyến của 2 mặt phẳng hoàng đạo và bạch đạo - được gọi là *tiết tuyến*, luôn luôn song song với nhau). Từ đặc điểm đó, nhật nguyệt thực chỉ có thể

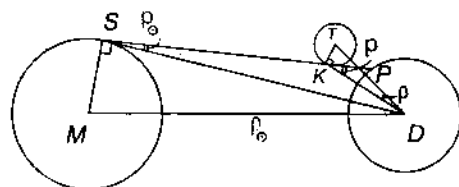
xảy ra (gây ra sự che khuất lẫn nhau) khi hệ Trái Đất - Mặt Trăng ở vị trí 1 và 3, nghĩa là trong một năm chỉ có khả năng xảy ra hai kì nhật nguyệt thực cụ thể là khi Mặt Trời và Mặt Trăng giao hội hay xung đối trên tiết tuyến.

Thực ra vì 3 thiên thể khảo sát có kích thước khá lớn nên hiện tượng nhật nguyệt thực đã có thể xảy ra khi Mặt Trời và Mặt Trăng giao hội hay xung đối ở gần tiết tuyến.

§71. ĐIỀU KIỆN CỤ THỂ XẢY RA NHẬT, NGUYỆT THỰC

1. Nhật thực

Trên hình 76 M, D, T là tâm của Mặt Trời, Trái Đất và Mặt Trăng cùng nằm trên mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng hoàng đạo (mặt phẳng hoàng đạo thẳng góc



Hình 76

với mặt phẳng hình vẽ và cắt mặt phẳng này theo đường MD).

Rõ ràng góc TDM là khoảng cách góc từ tâm Mặt Trăng T đến mặt phẳng hoàng đạo. Nếu khoảng cách góc này bé hơn góc giới hạn TDM ấy thì người quan sát ở điểm P đã thấy Mặt Trời bị che một phần.

Vẽ tiếp tuyến chung của 3 thiên thể S K P, với phép tính gần đúng ta có thể xem SD và KD là 2 tiếp tuyến vẽ từ tâm Trái Đất đến đĩa Mặt Trời và đến đĩa Mặt Trăng (do khoảng cách MD rất lớn). Ta có liên hệ giữa các góc :

$$\begin{aligned} \text{TDM} &= \text{TDK} + \text{KDS} + \text{SDM} \\ &= \rho + \text{PKD} - \text{PSD} + \rho_0 \\ &= \rho + p - p_0 + \rho_0 \end{aligned}$$

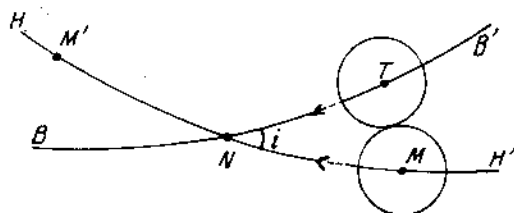
Trong đó : ρ là bán kính góc của Mặt Trăng
 $\rho_{\odot}$ là bán kính góc của Mặt Trời
 p là thị sai của Mặt Trăng
 $p_{\odot}$ là thị sai của Mặt Trời

Thay trị số của các đại lượng này ta có góc :

$$\begin{aligned} \text{TDM} &= 15'5 + 57' - 9'' + 16'3'' \\ &= 88'7'' \end{aligned}$$

Như vậy, nhật thực đã có thể xảy ra khi khoảng cách góc địa tâm (nhìn từ tâm Trái Đất) giữa tâm Mặt Trăng và tâm Mặt Trời bé hơn $88'7''$.

Mặt khác do Mặt Trời di chuyển trên hoàng đạo và Mặt Trăng di chuyển trên bạch đạo và hai mặt phẳng này nghiêng trên nhau một góc $5^{\circ}9' = i$ nên khi ta thấy đĩa Mặt Trời và đĩa Mặt



Hình 77

Trăng tiếp giáp nhau (có góc địa tâm $\text{TDM} = 88'7''$) thì chúng ở cách tiết điểm N (một trong hai giao điểm của hoàng đạo và bạch đạo) một khoảng NM (H.77).

Độ dài của cung NM có thể tính theo công thức lượng giác cầu đối với tam giác cầu NMT vuông góc tại M.

$$\text{tg TM} = \sin \text{MN} \text{tg} i$$

$$\text{tg } 88'7'' = \sin \text{MN} \text{tg } 5^{\circ}9'$$

$$\text{Từ đó } \sin \text{MN} = \frac{\text{tg } 88'7''}{\text{tg } 5^{\circ}9'}$$

$$\text{và MN} = 16^{\circ}5'$$

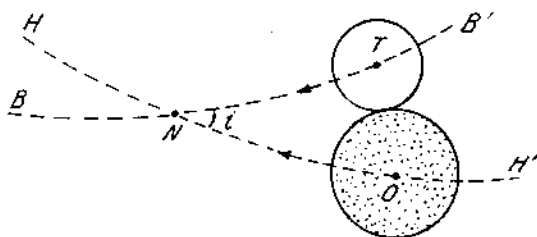
Như vậy nhật thực có thể xảy ra khi Mặt Trời di chuyển trên cung $\text{MN} = 16^{\circ}5'$ và dĩ nhiên cũng có thể xảy ra cả phía bên kia tiết điểm N, nghĩa là có thể xảy ra khi nó di chuyển trên cung $\text{MM}' = 33^{\circ}$ trong khoảng thời gian chừng 34 ngày. Trong

khoảng thời gian này có ít nhất một lần không trăng và có thể có đến 2 lần. Như vậy quanh mỗi tiết điểm có ít nhất 1 lần nhật thực, nhiều nhất là 2 lần và như vậy trong một năm có ít nhất 2 lần và nhiều nhất là 4 lần nhật thực.

Thực ra trong một năm có thể có nhiều nhất là 5 lần nhật thực bởi vì tiết điểm không nằm nguyên chỗ mà dịch chuyển trên hoàng đạo theo chiều ngược với chiều chuyển động của Trái Đất, từ đó khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp Mặt Trời đi qua một tiết điểm xác định ngắn hơn 365,25 ngày mà chỉ vào khoảng 346 ngày. Như vậy, nếu một năm nào đó có kì nhật thực đầu tiên xảy ra vào ngày đầu tháng giêng, kì nhật thực thứ hai sẽ xảy ra vào trước giữa năm (trước 10 ngày) và gần cuối năm sẽ có kì thứ ba bắt đầu diễn ra.

2. Nguyệt thực

Trên hình 78, O là tâm của vòng bóng tối của Trái Đất có bán kính tiết diện khoảng $41'$ (ở khoảng cách của Mặt Trăng). Nguyệt thực xảy ra khi Mặt Trăng (T) đi vào bóng tối của Trái Đất. Cũng lập luận như ở phần tính nhật thực, nguyệt thực đã có thể xảy ra khi khoảng cách góc địa tâm giữa tâm bóng tối O và tâm Mặt Trăng T bằng bán kính bóng tối + bán kính góc của Mặt Trăng $= 41' + 15'5 = 56'5$. Từ tam giác cầu NOT vuông góc tại T ta có :



Hình 78.

$$\begin{aligned}\sin NO &= \text{tg } TO/\text{tgi} \\ &= \text{tg} 56'5/\text{tg} 5^{\circ}9 \\ \text{do đó } NO &= 10^{\circ}6\end{aligned}$$

Như vậy nguyệt thực có thể xảy ra khi bóng Trái Đất di chuyển quanh mỗi tiết điểm trên một cung dài $21^{\circ}2'$. Bóng Trái Đất di chuyển trên cung này mất khoảng 22 ngày mà tuần trăng dài 29,5 ngày nên quanh một tiết điểm chỉ có thể xảy ra một lần nguyệt thực hay không có lần nào. Nếu một năm nào đó kì nguyệt thực đầu tiên xảy ra vào ngày đầu năm thì phần giữa năm có thể có kì thứ hai và cuối năm có thể có kì thứ ba, tóm lại trong một năm có tối đa là 3 lần nguyệt thực và tối thiểu không có lần nào.

§72. CHU KÌ NHẬT, NGUYỆT THỰC

Theo lập luận ở tiết 72 thì trong một năm D.L số nhật nguyệt thực tối đa là 7 (5 nhật thực + 2 nguyệt thực hoặc 4 nhật thực + 3 nguyệt thực) và tối thiểu là 2 nhật thực.

Hiện tượng nhật nguyệt thực là hiện tượng che khuất lẫn nhau do Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất và Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời. Vì hai thiên thể này chuyển động với chu kì hoàn toàn xác định nên hiện tượng nhật nguyệt thực cũng diễn ra theo một trật tự và chu kì xác định. Chu kì này bằng bội số chung nhỏ nhất của ba chu kì thành phần (chu kì Tuần trăng = 29,53 ngày, tháng tiết điểm - chu kì Mặt Trăng trở lại một tiết điểm xác định = 27,21 ngày và năm tiết điểm = 346,62 ngày), là bằng 6585,32 ngày (hay 18 năm 11,32 ngày).

Trong mỗi chu kì có 70 lần nhật và nguyệt thực (41 nhật thực + 29 nguyệt thực). Tuy số nguyệt thực trong mỗi chu kì diễn ra ít hơn nhật thực nhưng ở mỗi nơi trên Trái Đất người ta thấy nguyệt thực được nhiều hơn.

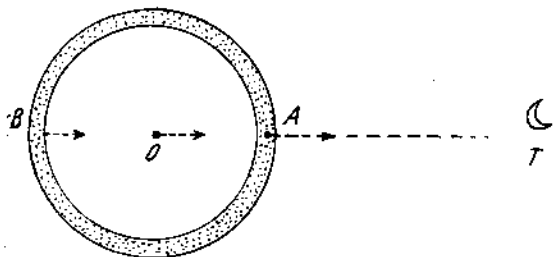
III - THỦY TRIỀU

§73. HIỆN TƯỢNG THỦY TRIỀU

Thủy triều là hiện tượng mực nước ở ven biển, cửa sông lên xuống theo qui luật xác định với chu kì 24^h52^{ph} . Chu kì này đúng bằng khoảng thời gian giữa hai lần Mặt Trăng liên tiếp qua kinh tuyến trên của mỗi nơi. Điều đó cho phép ta nghĩ tới nguyên nhân gây ra thủy triều trước hết là do lực hấp dẫn của Mặt Trăng.

1. Giải thích

Để đơn giản, ta giả thiết Trái Đất hình cầu nhẵn có bao phủ một lớp nước (H.79). Lực hấp dẫn của Mặt Trăng tác dụng lên Trái Đất đặt tại tâm của Trái Đất O và gây nên gia tốc hướng về



Hình 79

phía Mặt Trăng $g_o = G \frac{m}{r^2}$ trong đó m là khối lượng của Mặt Trăng và r là khoảng cách từ tâm Mặt Trăng đến tâm Trái Đất.

Rõ ràng đối với lớp nước ở vùng A (ở gần Mặt Trăng hơn) có gia tốc hút lớn hơn và ở vùng B có gia tốc bé hơn.

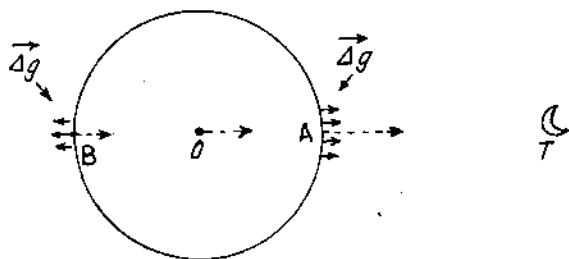
$$g_A = G \frac{m}{(r - R)^2} ; g_B = G \frac{m}{(r + R)^2}$$

trong đó R là bán kính của Trái Đất.

Hiệu số gia tốc giữa vùng A và tâm O là :

$$\begin{aligned} \Delta g = g_A - g_o &= Gm \left(\frac{1}{(r - R)^2} - \frac{1}{r^2} \right) \\ &= Gm \frac{2rR - R^2}{(r - R)^2 \cdot r^2} \end{aligned}$$

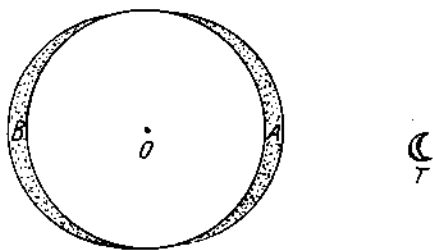
vì $R \ll r$ nên $\Delta g = g_A - g_O = \frac{2Gm}{r^3}$ được gọi là gia tốc thủy triều. Vectơ gia tốc này có hướng từ Trái Đất đến Mặt Trăng (H.80) nên nước ở đây (vùng A) được nâng lên. Nếu tính gia tốc thủy triều ở vùng B thì ta sẽ có $g_B - g_O \approx -\frac{2Gm}{r^3}$ nghĩa là vectơ gia tốc này có hướng ra xa Mặt Trăng, kết quả là nước ở vùng B cũng được nâng lên.



Hình 80

Như vậy do lực hấp dẫn của Mặt Trăng mà lớp nước bao quanh Trái Đất có dạng elipxôit (H.81)

Vì Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất mỗi ngày khoảng 13° mà Trái Đất quay mỗi ngày một vòng nên thực ra mặt đất đã trượt dưới lớp nước, kết quả là mỗi nơi trên mặt đất đã lần lượt có nước lên và nước xuống (thủy triều).



Hình 81

Đĩ nhiên là Mặt Trời cũng gây ra thủy triều nhưng vì Mặt Trời ở quá xa Trái Đất (so với Mặt Trăng) nên gia tốc thủy triều do Mặt Trời gây ra nhỏ hơn gia tốc của Mặt Trăng trên

2 lần. Phối hợp giữa gia tốc thủy triều của Mặt Trăng và Mặt Trời ta dễ dàng biết được thủy triều lên xuống mạnh nhất vào các ngày không trăng và trăng tròn, yếu nhất vào các ngày huyền.

Cần biết rằng lí luận về hiện tượng thủy triều như trên chỉ có tính chất lí thuyết. Trong thực tế chế độ thủy triều ở từng nơi diễn ra phức tạp trước hết là do cấu tạo địa thế làm cản trở sự lưu thông của nước.

Hiện tượng thủy triều lên xuống cũng diễn ra đối với "dại dương khí quyển" và đối với cả vỏ Trái Đất nữa (vì vỏ Trái Đất không tuyệt đối rắn). Người ta tính được vỏ Trái Đất (ở từng nơi nhất định) được nâng lên và hạ xuống hàng ngày với biên độ vào khoảng vài đêximét.

2. Thuyết tiến hóa triều

Lực triều do Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng mạnh gấp 20 lần so với lực triều của Mặt Trăng tác dụng lên Trái Đất. Tác dụng lâu dài của lực triều dẫn tới sự biến đổi về động lực học của hệ Trái Đất - Mặt Trăng.

a) Lực ma sát xuất hiện do có sự chuyển động tương đối giữa lớp nước và vỏ Trái Đất làm cho Trái Đất quay chậm dần (ngày càng dài thêm ra - ước tính dài thêm 0,002 giây/thế kỉ).

b) Do lực triều Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng mà Mặt Trăng đã quay chậm dần và đã đạt tới sự đồng bộ giữa chu kì tự quay và chu kì chuyển động quanh Trái Đất (bằng 27,32 ngày như hiện nay).

c) Coi hệ Trái Đất - Mặt Trăng là kín, tuân theo định luật bảo toàn mômen động lượng. Do mômen quay của Mặt Trăng, cũng như mômen quay của Trái Đất giảm nên mômen chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất phải tăng. Mặt Trăng liên tục chuyển động theo đường xoắn ốc ra xa Trái Đất dần. Trong tương lai xa khi ngày và tháng dài bằng nhau thì sự biến đổi về mặt động lực học sẽ chấm dứt (ước tính sau $2,6 \cdot 10^{10}$ năm, lúc đó ngày dài bằng 50 lần ngày hiện nay).

BÀI TẬP CHƯƠNG VIII

1. Một vệ tinh nhân tạo chuyển động tròn quanh Trái Đất với chu kì 7 ngày. Biết mặt phẳng quỹ đạo của vệ tinh trùng với mặt phẳng bạch đạo. Hãy tính

a) Chu kì giao hội của vệ tinh với Mặt Trăng.

b) Khoảng cách từ vệ tinh đến mặt đất.

2. Hãy mô tả các pha nhìn thấy Trái Đất đối với một người đứng trên Mặt Trăng.

3. Năm 1941 có hai lần nhật thực và hai lần nguyệt thực : 13-III nguyệt thực một phần, 27-III nhật thực vành khuyên, 5-IX nguyệt thực một phần, 21-IX nhật thực toàn phần. Hỏi vào năm nào gần đây nhất 4 lần nhật nguyệt thực như trên lại xảy ra và xảy ra vào các ngày tháng nào ?

4. Tính (gần đúng) diện tích mặt đất nằm trong chùy bóng tối của Mặt Trăng biết khi nhật thực toàn phần thì Mặt Trời ở thiên đỉnh và thị sai Mặt Trăng bằng 1 độ.

5. Biết Mặt Trăng ở viễn điểm xa hơn ở cận điểm $\frac{1}{9}$ khoảng cách. Hỏi lực thủy triều xảy ra trên mặt đất khi Mặt Trăng ở cận điểm lớn hơn khi nó ở viễn điểm là bao nhiêu ?

6. Vào một ngày Mặt Trời (MT), Mặt Trăng (T), Hỏa Tinh (H) và Mộc Tinh (M) có tọa độ xích đạo như trong bảng sau :

MT	0^h	0°
T	6^h	20°
H	14^h	10°
M	6^h	20°

Hãy nêu khả năng nhìn thấy Mặt Trăng, Hỏa Tinh và Mộc Tinh trong đêm hôm đó. Lúc chúng qua kinh tuyến trên thì chúng có khoảng cách đỉnh là bao nhiêu ? Người quan sát đứng ở nơi có độ vĩ 20° .

05
668-6

Chương IX

PHƯƠNG PHÁP THIÊN VĂN VẬT LÝ

§74. NHIỆM VỤ CỦA THIÊN VĂN VẬT LÝ

Thiên văn vật lý là ngành thiên văn chuyên nghiên cứu lý tính của các thiên thể. Nó mới được phát triển ở thế kỷ thứ XX nhờ có sự phát triển mạnh mẽ của Vật lý học và kỹ thuật hiện đại.

Từ những kết quả quan trắc phổ bức xạ của các thiên thể, người ta có khả năng nghiên cứu lý tính của chúng thông qua các định luật vật lý. Những phương pháp quan trắc vật lý được ứng dụng rộng rãi trong thiên văn học là phương pháp nhiệt điện, quang điện, phân tích quang phổ, phân tích phổ vô tuyến.

Ngoài những quan trắc bức xạ của các thiên thể được thực hiện trên mặt đất, ngày nay người ta còn sử dụng các tên lửa vũ trụ, các vệ tinh nhân tạo và các trạm vũ trụ khác để thu bức xạ của các thiên thể từ bên ngoài khí quyển của Trái Đất.

Có thể nói rằng việc thu bức xạ của các thiên thể và phân tích các kết quả quan trắc để xác định lý tính của chúng là nhiệm vụ của các nhà thiên văn vật lý thực nghiệm. Còn các nhà thiên văn vật lý lý thuyết lại chuyên nghiên cứu phần vật chất mà không thể trực tiếp thu được những tín hiệu bức xạ của chúng chẳng hạn như trạng thái của vật chất trong lòng các sao.

Mục đích của chương này là giới thiệu một số hiểu biết về lý thuyết cũng như thực nghiệm phân tích các kết quả quan

sát nhằm chuẩn bị kiến thức cho việc nghiên cứu phân thiên văn vật lí, phần cơ vị trí quan trọng trong thiên văn học hiện đại.

§75. ĐẶC TÍNH CỦA BỨC XẠ VÀ CƠ SỞ CỦA PHÉP PHÂN TÍCH QUANG PHỔ

Phân tích bức xạ hay nói chính xác hơn phân tích phổ bức xạ của các thiên thể là phương pháp quan trọng bậc nhất để tìm hiểu các đặc tính vật lí của chúng.

1. Bức xạ nhiệt

Các thiên thể nóng sáng đều bức xạ năng lượng theo đủ loại bước sóng trong thang sóng điện từ và được gọi là bức xạ nhiệt. Cần biết rằng cường độ bức xạ của các vùng phổ khác nhau (các khoảng bước sóng điện từ khác nhau) phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn bức xạ. Ở nhiệt độ thấp (dưới 1000K) thì bức xạ chủ yếu là hồng ngoại và vô tuyến. Phổ bức xạ sẽ thay đổi khi nhiệt độ thay đổi.

Ứng với một nhiệt độ xác định thì vật bức xạ mạnh nhất ở vùng phổ xác định và ta thấy vật có màu của vùng phổ ấy. Chẳng hạn ở nhiệt độ 2000 – 3000K, vật có màu đỏ, ở 4000 – 5000K vật có màu vàng... Song cũng cần biết rằng, sự phân bố chính xác về năng lượng và dạng cụ thể của phổ bức xạ còn phụ thuộc vào thành phần cấu tạo hóa học và các trạng thái vật lí khác của đối tượng bức xạ.

2. Bức xạ của vật đen tuyệt đối

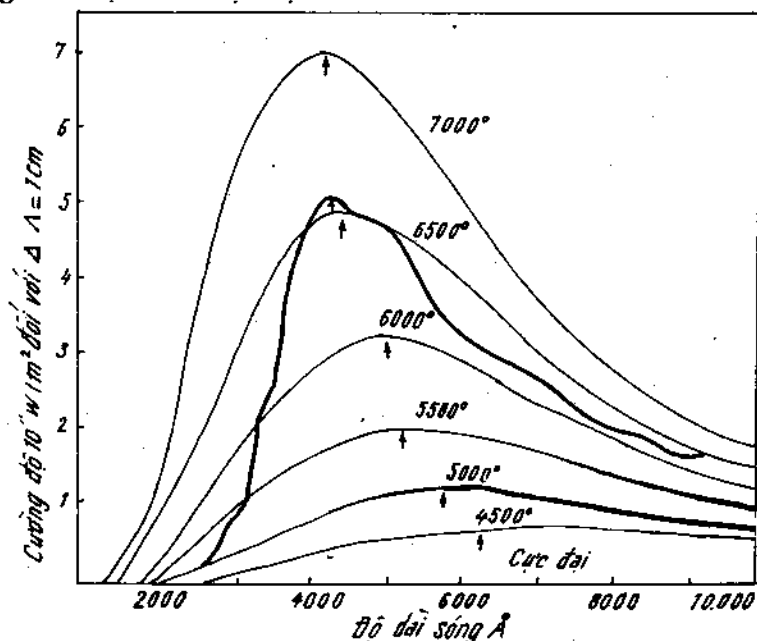
Các nhà vật lí đã rút ra những định luật về bức xạ nhiệt của một vật đặc biệt, được gọi là vật đen tuyệt đối.

Bức xạ của một vật đen tuyệt đối có phổ liên tục, trong đó công suất bức xạ phụ thuộc vào bước sóng theo công thức Planck :

$$\varepsilon_{\lambda} d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda \quad (9.1)$$

Công suất bức xạ ε_{λ} (được xác định qua tích số $(\varepsilon_{\lambda} d\lambda)$ là năng lượng bức xạ của $1m^2$ bề mặt của vật theo mọi phương trong 1 giây và trong khoảng phổ có bước sóng từ λ đến $\lambda + d\lambda$. Nếu đem chia (9.1) cho π thì ta được độ chói của mặt vật bức xạ.

Sự phân bố năng lượng trong phổ bức xạ của vật đen tuyệt đối mô tả theo công thức (9.1) được biểu diễn trên đồ thị (H. 82) ứng với một số nhiệt độ khác nhau.



Hình 82. Phân bố năng lượng trong quang phổ Mặt Trời (đường đậm nét) và các đối tượng khác theo công thức Planck

Ta thấy rằng mỗi đường cong Plăng có cực đại ứng với bước sóng xác định. Vin đã rút ra được định luật sau : Nhiệt độ càng tăng thì cực đại của bức xạ vật đen tuyệt đối càng dịch về phía sóng ngắn của phổ bức xạ. Định luật này được gọi là định luật Vin và được biểu diễn qua công thức ;

$$\lambda_{\max} T = b, \quad (9.2)$$

trong đó b là hằng số Vin $= 2,9.10^{-3} \text{ m} \cdot \text{độ}$.

Khi nhiệt độ tăng thì chẳng những màu của nó thay đổi mà công suất bức xạ của nó cũng thay đổi. Xtêphan và Bôn-x-man đã rút ra được định luật sau : Công suất bức xạ của một vật đen lí tưởng tỉ lệ với lũy thừa bậc bốn của nhiệt độ của nó :

$$\varepsilon = \sigma T^4 \quad (9.3)$$

trong đó ε là công suất bức xạ, σ là hằng số Xtêphan - Bôn-x-man $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}^4$.

Chú ý thêm rằng từ điểm cực đại trên các đường cong Plăng (H. 82) thì khả năng bức xạ giảm theo hai phía với nhịp độ khác nhau. Về phía sóng dài (phía phải) có mức giảm rất chậm. Đặc điểm này được phản ánh rõ trong công thức Plăng, vì khi bước sóng λ lớn thì :

$$e^{\frac{hc}{\lambda kT}} \approx 1 + \frac{hc}{\lambda kT}$$

và công thức (9.1) có dạng :

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{2\pi c}{\lambda^4} kT \quad (9.4)$$

Như vậy trong vùng sóng dài thì công suất bức xạ tỉ lệ với nhiệt độ. Công thức này được ứng dụng khi nghiên cứu đặc tính của các bức xạ vô tuyến vũ trụ với bước sóng $< 1 \text{ cm}$.

Từ các công thức (9.2), (9.3), (9.4) ta có khả năng xác định nhiệt độ của các thiên thể khi biết những đại lượng tương ứng ($\lambda_{\max}$, ε , ε_{λ}).

§76. QUANG PHỔ VẠCH VÀ ỨNG DỤNG CỦA NÓ TRONG THIÊN VĂN VẬT LÝ

Các khí loãng ở trạng thái nóng (chẳng hạn như các tinh vân trong dải Ngân Hà) bức xạ quang phổ vạch (gồm những vạch sáng có màu ứng với các bước sóng xác định).

Sự phân bố các vạch và số lượng các vạch phụ thuộc thành phần cấu tạo hóa học và nhiệt độ chất khí được khảo sát. Thực nghiệm còn chứng tỏ rằng, nguyên tử nào đó có khả năng phát xạ ứng với bước sóng nào đó thì cũng có khả năng hấp thụ bức xạ bên ngoài có cùng bước sóng ấy. Rõ ràng trong trường hợp chất khí loãng ở trạng thái nguội nằm trên đường truyền bức xạ của một vật nóng (chẳng hạn như khí quyển của các sao) thì các nguyên tử, phân tử của chất khí này hấp thụ một phần năng lượng bức xạ của vật nóng, tạo thành những vạch hấp thụ (vạch tối) trên nền sáng của quang phổ liên tục của vật nóng.

Trong thiên văn vật lý người ta tận dụng cả ba loại quang phổ trên (liên tục, vạch, hấp thụ).

Qua quang phổ liên tục người ta suy ra nhiệt độ của thiên thể. So sánh quang phổ vạch hay quang phổ hấp thụ của một thiên thể với quang phổ vạch của các nguyên tố hóa học đã biết, người ta suy ra thành phần cấu tạo của thiên thể. Nếu nghiên cứu kĩ hơn đặc điểm của các vạch người ta còn có thể đoán nhận về nhiệt độ, áp suất, mật độ của các thành phần cấu tạo, cường độ từ trường... của đối tượng nghiên cứu.

Trong quang phổ của đa số thiên thể, đặc biệt của hầu hết các thiên hà có những vạch đậm nét của nguyên tố hiđrô (4 vạch được kí hiệu như sau : H_{α} với bước sóng $\lambda = 6563\text{\AA}$, H_{β} ($\lambda = 4861\text{\AA}$), H_{γ} ($\lambda = 4340\text{\AA}$), và H_{δ} ($\lambda = 4102\text{\AA}$). Ngoài ra còn có các vạch của các nguyên tố heli, natri, canxi... và của một số hợp chất phân tử.

Bằng cách nghiên cứu chi tiết các vạch người ta còn có thể phát hiện mức độ ion hóa của các nguyên tử vật chất. Chẳng

hạn trong quang phổ của nhật hoa (Mặt Trời) có các nguyên tử sắt, kền, acgôn, canxi ở trạng thái ion hóa cao độ (bị mất $10 \div 15$ điện tử).

Bảng III thống kê chỉ số của các nguyên tố hóa học tồn tại phổ biến nhất trong vũ trụ (so với nguyên tố hiđrô với quy ước số nguyên tử hiđrô có chỉ số = 1000000).

Bảng III

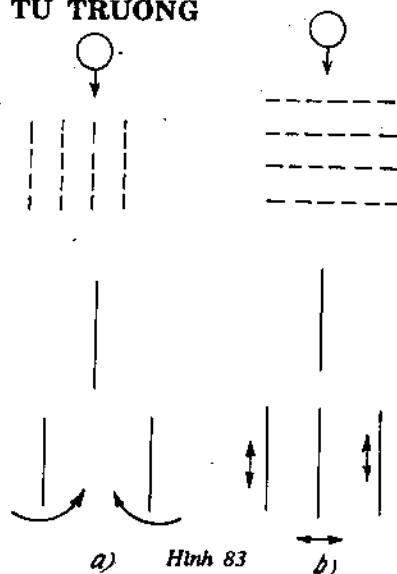
Nguyên tố	Chỉ số	Nguyên tố	Chỉ số
Hiđrô	1 000 000	Lưu huỳnh	20
Heli	100 000	Manhê	20
Ôxi	700	Sắt	6
Cacbon	400	Natri	2
Nitơ	70	Nhôm	2
Silic	60	Acgôn	2
		Canxi	1

§77. XÁC ĐỊNH TỪ TRƯỜNG

Vạch quang phổ bức xạ của các nguyên tử tồn tại trong từ trường bị tách ra thành một số vạch. Nếu các đường cảm ứng từ nằm song song với tia nhìn thì vạch quang phổ bị tách ra làm đôi và ánh sáng trong mỗi vạch bị phân cực tròn theo chiều ngược nhau (H.83a).

Nếu các đường cảm ứng từ nằm thẳng góc với tia nhìn thì vạch bị tách ra làm ba và ánh sáng bị phân cực phẳng (H.83b).

Hiện tượng tách vạch trên được gọi là hiệu ứng Diman.



Lí thuyết và thực nghiệm cho biết khoảng tách giữa các vạch ($\Delta\lambda$) tỉ lệ thuận với cảm ứng từ.

Như vậy ta có thể xác định được cường độ cảm ứng từ và phương của các đường cảm ứng từ của các thiên thể qua quan sát số vạch và khoảng cách $\Delta\lambda$ giữa chúng.

Kết quả quan sát chứng tỏ rằng ở hầu hết các thiên thể đều có từ trường. Chẳng hạn như vết đen Mặt Trời có cảm ứng từ với cường độ đến khoảng 10^{-2} Tesla.

§78. SỰ DỊCH CHUYỂN ĐÔPLE CỦA CÁC VẠCH QUANG PHỔ

Giả sử khi nguồn sáng nằm yên đối với người quan sát thì sóng ánh sáng thu được có tần số ν_0 . Nếu có sự dịch chuyển tương đối giữa nguồn sáng và người quan sát với vận tốc v thì tần số thu được sẽ khác trước và bằng ν thỏa mãn đẳng thức :

$$\nu = \nu_0 \left(1 - \frac{v}{c} \right) \quad (9.5)$$

trong đó v có giá trị dương khi khoảng cách giữa nguồn và người quan sát tăng, trường hợp ngược lại, v có giá trị âm.

Xuất phát từ tiên đề vận tốc ánh sáng c bất biến ta có thể viết

$$c = \lambda \nu = \lambda_0 \nu_0 \quad (9.6)$$

trong đó λ là bước sóng ứng với tần số ν

$$\lambda_0 - - - - - \nu_0$$

Từ (9.5) và (9.6) ta có :

$$\lambda = \frac{\lambda_0 \nu_0}{\nu} = \frac{\lambda_0}{1 - \frac{v}{c}}, \text{ vì } v \ll c$$

nên
$$\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

$$\text{Từ đó } \lambda - \lambda_0 = \Delta\lambda = \lambda_0 \frac{v}{c} \text{ hay } \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Độ biến thiên bước sóng $\Delta\lambda$ được gọi là độ dịch chuyển Dopple.

Hiệu ứng Dopple có vị trí quan trọng trong thiên văn học vì nó cho phép ta khảo sát sự chuyển động của các thiên thể. Thí dụ : Bằng các phương pháp khác đã học ta đã tính được vận tốc chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời vào khoảng 30 km/s. Từ đó các vạch quang phổ của các sao nằm trên hướng chuyển động của Trái Đất ở thời điểm quan sát phải dịch về phía sóng ngắn (tím) với $\Delta\lambda$ thỏa mãn :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Đối với tia sáng màu lam với $\lambda_0 = 5\,000 \text{ \AA}$ thì độ dịch xác định được là 0,5 Å. Đưa giá trị của $\Delta\lambda$ và λ_0 vào đẳng thức trên ta thu được $v = 30 \text{ km/s}$.

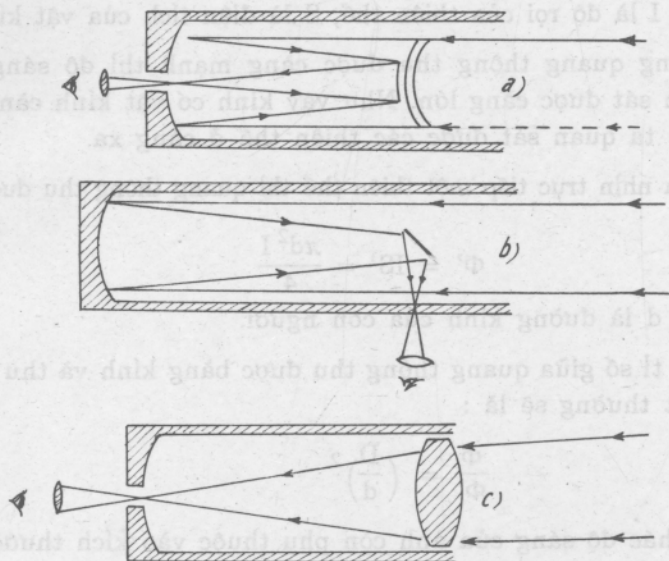
Hiệu ứng Dopple cũng cho phép ta xác định được sự quay của các thiên thể ở gần, như Mặt Trời, và sự chuyển động của một thiên thể quanh thiên thể khác.

§79. KÍNH THIÊN VĂN VÀ ĐẶC TÍNH CỦA NÓ

Kính thiên văn là loại kính dùng để quan sát các thiên thể. Tùy theo từng yêu cầu nghiên cứu mà kính được lắp thêm những bộ phận thích hợp. Trong tiết này ta hãy xét cấu tạo và đặc tính cơ bản nhất của một kính thiên văn quan sát (nhìn rõ vật ở xa).

Bộ phận cơ bản nhất của kính là vật kính và thị kính. Vật kính hứng ánh sáng từ các thiên thể truyền tới và tạo ảnh của chúng ở mặt phẳng tiêu. Ta quan sát ảnh qua thị kính. Vật kính được gắn chặt vào đầu ống còn thị kính có thể di chuyển ở đầu kia của ống kính. Khi muốn chụp ảnh hay thu quang phổ của các thiên thể thì không cần thị kính. Trong trường hợp này, một

bộ phận mang kính ảnh hay khe kính quang phổ được đặt ở mặt phẳng tiêu của vật kính.



Hình 84

Tùy theo đặc điểm của vật kính mà kính được gọi là kính phản quang (H.84a và 84b) hay chiết quang (H.84c)

1. Độ bội giác

Độ bội giác K của một kính có trị số bằng tỉ số giữa tiêu cự F của vật kính và tiêu cự f của thị kính :

$$K = \frac{F}{f}$$

Mỗi kính thiên văn có vật kính cố định. Ta có thể sử dụng các thị kính có tiêu cự khác nhau để tạo ảnh có độ lớn khác nhau nghĩa là có độ bội giác khác nhau.

2. Độ rọi của ảnh

Đường kính D và tiêu cự F của vật kính là đặc trưng cơ bản của kính thiên văn. Đường kính của vật kính càng lớn thì quang thông ϕ thu được càng lớn :

$$\Phi = IS = \frac{\pi D^2 I}{4}$$

trong đó I là độ rọi của thiên thể, S là diện tích của vật kính.

Rõ ràng quang thông thu được càng mạnh thì độ sáng của ảnh quan sát được càng lớn. Như vậy kính có vật kính càng lớn cho phép ta quan sát được các thiên thể ở càng xa.

Nếu ta nhìn trực tiếp một thiên thể thì quang thông thu được là:

$$\Phi' = IS' = \frac{\pi d^2 I}{4}$$

trong đó d là đường kính của con người.

Từ đó tỉ số giữa quang thông thu được bằng kính và thu được bằng mắt thường sẽ là :

$$\frac{\Phi}{\Phi'} = \left(\frac{D}{d}\right)^2$$

Mặt khác độ sáng của ảnh còn phụ thuộc vào kích thước của nó. Độ sáng tỉ lệ nghịch với diện tích của ảnh, cũng là tỉ lệ nghịch với bình phương độ bội giác.

Như vậy tỉ số giữa độ sáng của ảnh của một thiên thể khi nhìn qua một kính thiên văn (có đường kính của vật kính D , tiêu cự F và thị kính có tiêu cự f) với độ sáng khi nhìn trực tiếp bằng mắt thường sẽ là :

$$\text{Tỉ số độ rọi} = \left(\frac{D}{d} \cdot \frac{f}{F}\right)^2$$

Biểu thức này cho thấy với một kính thiên văn nếu ta lần lượt sử dụng các thị kính có tiêu cự f nhỏ dần thì ảnh sẽ to dần nhưng độ sáng của ảnh giảm dần.

3. Năng suất phân giải

Năng suất phân giải là đại lượng có trị số bằng khoảng cách góc giới hạn giữa hai điểm của vật mà mắt ta còn phân biệt được. Theo lí thuyết nhiễu xạ thì yêu cầu này thỏa mãn khi vân

sáng nhiều xạ trung tâm của điểm này trùng với vân tối thứ nhất của điểm kia. Công thức tính năng suất phân giải e theo bước sóng quan sát λ và đường kính D của vật kính là :

$$e = 1,22 \frac{\lambda}{D} \text{ rad.} \quad (9.7)$$

Nếu e tính bằng giây cung thì

$$e'' = 206265 \cdot 1,22 \frac{\lambda}{D} = 2,5 \cdot 10^5 \frac{\lambda}{D}$$

Ví dụ bước sóng nhạy cảm nhất đối với mắt là :

$\lambda = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$ và vật kính có $D = 80 \text{ mm}$ thì

$$e'' = \frac{2,5 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{80} = \frac{120''}{80} = 1''5.$$

Kính phản quang của Liên Xô cũ có

$$D = 6 \text{ m, thì } e = 0''022$$

Người mắt tốt có thể phân giải được 2 điểm ở cách nhau $2'$. Nếu nhìn qua kính có độ bội giác K và năng suất phân giải e thì ứng với góc nhìn trực tiếp e sẽ phóng đại thành Ke . Vậy độ bội giác K cần thiết của một kính để mắt ta có thể phân biệt được hai điểm ở cách nhau một khoảng bằng năng suất phân giải e của kính đó phải thỏa mãn bất đẳng thức :

$$Ke \geq 2' \rightarrow K \geq \frac{2'}{e}$$

Thực tế quan sát chứng tỏ rằng, đối với một kính có năng suất phân giải e thì độ bội giác thích hợp nhất (quan sát ảnh tốt nhất) là

$$K = \frac{2'}{e}$$

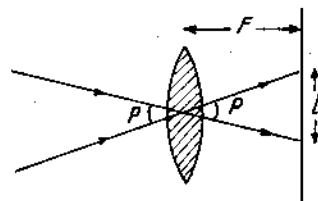
Mặt khác vì đã biết $e = \frac{120''}{D(\text{mm})} = \frac{2'}{D(\text{mm})}$
nên ta có :

$$K = D(\text{mm}).$$

Tóm lại độ bội giác thích hợp nhất cho việc quan sát thiên thể bằng mắt có trị số bằng đường kính của vật kính tính bằng milimet.

4. Tỷ xích của ảnh

Khi chụp ảnh các thiên thể người ta thường chú ý đến tỷ xích của ảnh trên mặt phẳng tiêu. Tỷ xích này thường được biểu diễn qua đơn vị góc ứng với 1mm. Để tính tỷ xích của ảnh ta cần biết khoảng cách l giữa hai điểm của ảnh ứng với khoảng cách góc ρ (H.85) :



Hình 85

$$l = 2F \cdot \operatorname{tg} \frac{\rho}{2}$$

Ứng với góc ρ bé ta có $l = F\rho$,

Nếu ρ được tính theo độ thì $l = F \cdot \frac{\rho}{57^{\circ} 3}$

Như vậy, nếu biết bán kính góc ρ của ảnh thì ta tính được l và từ đó tính được tỷ xích μ của ảnh theo công thức :

$$\mu = \frac{l}{1}$$

Biết đường kính góc của Mặt Trời và Mặt Trăng vào khoảng $0^{\circ}5$. Nếu ta sử dụng kính có $F = 1\,000\text{mm}$ thì đường kính của ảnh trên mặt phẳng tiêu l tính được vào khoảng 10mm và tỷ xích của ảnh là :

$$\mu = \frac{0^{\circ}5}{10} = 0^{\circ}05/\text{mm}$$

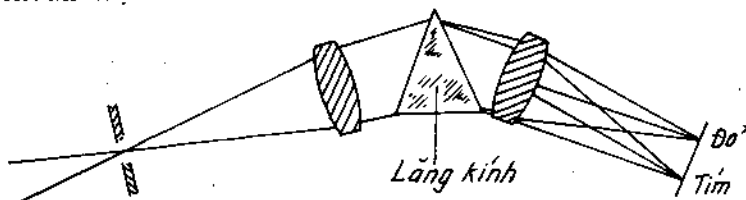
§80. KÍNH THIÊN VĂN QUANG PHỔ

Nghiên cứu lý tính của các thiên thể qua việc phân tích phổ bức xạ của chúng là phương pháp cơ bản của thiên văn vật lý. Kính thiên văn quang phổ cho phép ta quan sát hay chụp ảnh

phổ của các thiên thể. Bộ phận tạo quang phổ có thể là lăng kính hay cách tử.

1. Kính thiên văn quang phổ lăng kính

Lăng kính có thể đặt trước vật kính (kính quang phổ lăng kính vật kính) hay sau vật kính (kính quang phổ lăng kính chuẩn trực). Hình 86 là sơ đồ đơn giản của một kính quang phổ lăng kính chuẩn trực.



Hình 86

Kính thiên văn quang phổ lăng kính tạo quang phổ với những đặc điểm sau :

- Một quang phổ duy nhất (tia tím lệch hơn tia đỏ)
- Phân phổ tử ngoại bị lăng kính hấp thụ
- Độ tán sắc góc phụ thuộc vào bước sóng

$$\frac{dD}{d\lambda} = \frac{2 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}} \frac{B}{(\lambda - \lambda_0)^2}$$

trong đó :

A và n là góc chiết quang và chiết suất của lăng kính tại vùng bước sóng λ . B và λ_0 là hai hằng số.

Ta thấy rằng độ tán sắc càng lớn khi bước sóng quan sát càng ngắn. Rõ ràng loại kính này cho phép ta nghiên cứu tốt phần sóng ngắn của quang phổ.

2. Kính thiên văn quang phổ cách tử

Bộ phận tạo quang phổ của kính này là cách tử. Hình 87 là sơ đồ đơn giản của kính quang phổ cách tử.

Loại kính này tạo quang phổ với các đặc điểm sau :

- Một loạt quang phổ nằm đối xứng qua phổ bậc 0.

Trong mỗi quang phổ (trừ phổ bậc 0) thì tia đỏ lệch mạnh hơn tia tím.

- Có cả phần phổ tử ngoại.

Độ tán sắc không phụ thuộc bước sóng :

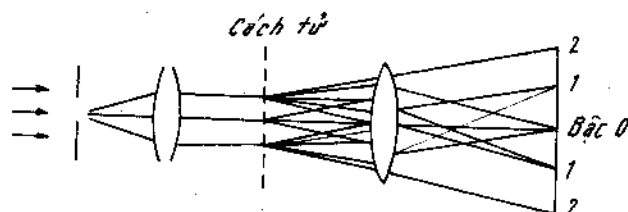
$$\frac{dD}{d\lambda} = \pm \frac{m}{a + b}$$

trong đó m là bậc của quang phổ. $\frac{1}{a + b}$ là hằng số của cách tử.

Ta thấy rằng độ tán sắc càng lớn khi cách tử có hằng số càng lớn và khi sử dụng quang phổ bậc càng cao.

- Độ sáng của quang phổ kém hơn so với quang phổ tạo nên bởi lăng kính.

Chú ý : Do có những đặc điểm khác nhau của hai loại kính trên mà chúng được sử dụng ưu tiên cho những đối tượng quan sát khác nhau. Chẳng hạn như khi nghiên cứu các nguồn rất sáng (Mặt Trời) thì người ta sử dụng kính quang phổ cách tử để lợi dụng độ tán sắc lớn trong các quang phổ bậc cao.

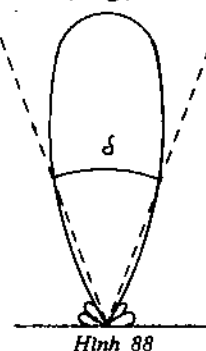


Hình 87

§81. KÍNH THIÊN VĂN VÔ TUYẾN

Vào năm 1931 - 1932 Ianxki kĩ sư người Italia nghiên cứu truyền sóng vô tuyến điện đã nhận thấy có sự tăng "tiếng ồn" ở phần sóng cực ngắn (bước sóng vào cỡ cm - m) vào những giờ nhất định. Về sau người ta biết rằng những giờ nhất định mà Ianxki đã ghi ở trên ứng với những giờ sao xác định, hay nói cách khác ứng với những thiên thể nằm đúng theo hướng thu của ăngten cố định mà Ianxki đã nghiên cứu. Những thiên thể đó nằm trong dải Ngân Hà. Từ đó người ta cho rằng Ngân Hà bức xạ đủ loại sóng điện từ kể cả sóng vô tuyến. Quả vậy ngày nay người ta đã thu được sóng vô tuyến bức xạ từ các thiên thể, kể cả Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh... và được gọi là bức xạ vô tuyến vũ trụ.

Về nguyên tắc người ta có thể nghiên cứu lí tính của các thiên thể qua phổ bức xạ vô tuyến của chúng. Ở đây bức xạ vô tuyến được thu bằng một loại ăngten đặc biệt. Như vậy bộ phận chủ yếu của kính thiên văn vô tuyến là ăngten. Các ăngten thu bước sóng cỡ milimét, centimet, đêximet và mét thường có dạng một parabol phản xạ. Tại tiêu điểm của mặt parabol đặt bộ phận thu sóng (H.88)



Sóng thu được truyền đến một máy khuếch đại và sau khi tách sóng thì tín hiệu được ghi lên băng nhờ một loại máy điện tử tự ghi.

Năng suất phân giải của ăngten parabol phản xạ cũng được tính theo công thức đã biết (9.7)

$$e = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

Để mô tả năng suất phân giải của một kính thiên văn vô tuyến người ta hay dùng một đặc trưng riêng - biểu đồ định hướng. Biểu đồ định hướng biểu thị mối liên hệ giữa độ nhạy

của kính thiên văn vô tuyến với vị trí của nguồn bức xạ điểm đối với ăngten. Kính thiên văn vô tuyến với ăngten dạng parabol đối xứng có biểu đồ định hướng đối xứng qua trục của nó (H.88).

Năng suất phân giải (tức khoảng cách góc cực tiểu giữa 2 điểm của nguồn bức xạ còn có thể thu sóng riêng biệt được gần bằng bề rộng của biểu đồ (góc δ).

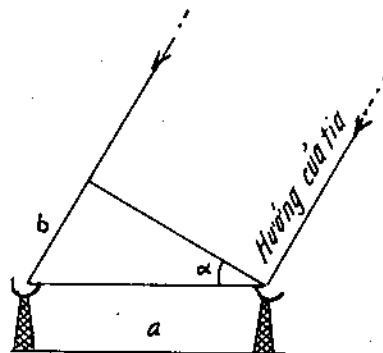
Vì bước sóng vô tuyến rất lớn (so với bước sóng quang học) nên dù cho ăngten có đường kính lớn cũng chỉ cho được năng suất phân giải bé. Chẳng hạn như ăngten parabol lớn nhất hiện nay ($D = 300\text{m}$) hoạt động đối với bước sóng 70cm có năng suất phân giải

$$e = 1,22 \frac{\lambda}{D} = 1,22 \cdot \frac{0,7}{300} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad} = 10',$$

tức là vào khoảng hàng trăm lần bé hơn năng suất phân giải của một kính thiên văn quang học trung bình.

Nhược điểm trên có thể khắc phục bằng phương pháp giao thoa kế vô tuyến.

Giao thoa kế vô tuyến là một hệ hai ăngten đặt cách nhau một khoảng a được gọi là đế của giao thoa kế. Bộ phận thu sóng của hai ăngten này truyền tín hiệu đến cùng một máy thu (H.89).



Hình 89

Sóng vô tuyến từ thiên thể truyền đến 2 ăngten không đồng thời. Nếu sự trễ đó bằng một số nguyên bước sóng (cùng pha)

$$b = a \sin \alpha = n \lambda$$

thì các tín hiệu vào máy thu được cộng với nhau. Ngược lại nếu

$$b = a \sin \alpha = \left(n + \frac{1}{2} \right) \lambda$$

thì các tín hiệu khử lẫn nhau. Từ đó biểu đồ định hướng của giao thoa kế gồm một số lá nhỏ có khoảng cách góc giữa các cực đại (hay cực tiểu) của tín hiệu bằng

$$\Delta\theta = \arcsin\left(\frac{n+1}{a}\right)\lambda - \arcsin\frac{n\lambda}{a} \approx \frac{\lambda}{a}$$

dọc theo phương song song với đế a. Các lá này được xếp lên biểu đồ định hướng của một ăngten đơn và ta được biểu đồ định hướng toàn bộ có dạng trên hình 90.

Khoảng cách a (đế a) có thể có trị số rất lớn

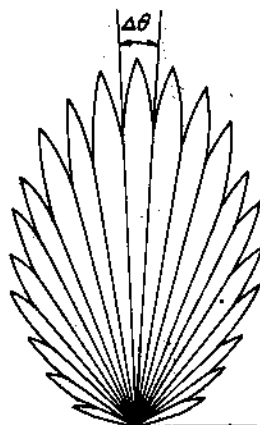
$$a \gg D$$

và như vậy bằng giao thoa kế ta có thể phân giải được những nguồn điểm ở khá gần nhau.

Nếu kích thước góc của nguồn lớn hơn $\Delta\theta$ thì giao thoa kế không ghi được sóng bức xạ của nó. Bằng cách thay đổi độ lớn của đế a, ta có thể xác định kích thước và sự phân bố cường độ của nguồn dọc theo một trục tọa độ nào đó. Sau khi tiến hành một loạt quan trắc theo một hướng khác của đế a, ta sẽ thu được sự phân bố cường độ theo trục tọa độ mới này.

Trong những năm gần đây người ta đã dùng loại kính giao thoa vô tuyến có hai máy thu khác nhau, cho nên có thể bố trí hai ăngten ở cách nhau đến hàng ngàn kilômét. Bằng loại kính này người ta có thể thu được góc phân giải đến cỡ 10^{-4} giây, tức là có năng suất phân giải tốt hơn kính thiên văn quang học rất nhiều.

Nhờ sự phát triển mạnh mẽ của kĩ thuật thiên văn vô tuyến, ngày nay người ta đã nghiên cứu được bức xạ vô tuyến của Mặt Trời, Mặt Trăng, của các hành tinh, của nhiều đối tượng khác trong vũ trụ (trong thiên hà và ngoài thiên hà của chúng ta).



Hình 90

Người ta đã phát hiện được những đối tượng bức xạ cực kì đặc biệt ở ngoài thiên hà của chúng ta như quaza (§120), punxa (§113).

Một ưu điểm nổi bật nữa của kính thiên văn vô tuyến so với kính quang học là ở chỗ nó cho phép ta quan sát các thiên thể bất kì ban ngày hay ban đêm và không phụ thuộc vào điều kiện thời tiết. Cần biết rằng, ngày nay người ta đã sáng chế ra nhiều loại kính để nghiên cứu đủ các loại bức xạ khác kể cả notrinô*.

§82. PHƯƠNG PHÁP VÔ TUYẾN ĐỊNH VỊ (Rada)

Người ta phóng những xung vô tuyến điện mạnh lên các thiên thể và thu lại xung phản hồi. Từ thời gian truyền khứ hồi của xung đó sẽ tính được khoảng cách đến thiên thể.

Qua hình dạng của xung có thể đoán nhận về hình dạng và mức độ nhẵn của bề mặt thiên thể. Cũng có thể xác định sự quay của thiên thể qua hiệu ứng Dopple.

Dĩ nhiên phương pháp vô tuyến định vị này chỉ áp dụng để nghiên cứu các thiên thể ở gần (trong hệ Mặt Trời).

Những kết quả nghiên cứu của phương pháp vô tuyến định vị đã xác nhận các kết quả đo đạc theo các phương pháp khác.

§83. PHƯƠNG PHÁP CHỤP ẢNH CÁC THIÊN THỂ

Nghiên cứu các thiên thể bằng phương pháp chụp ảnh đã được bắt đầu từ giữa thế kỉ XIX. Hiện nay nó vẫn là một phương pháp nghiên cứu có hiệu quả vì các lẽ sau :

* Xem phụ lục 5.

- Bằng các phim nhạy và thời gian chụp lâu, người ta có thể thu được ảnh của các thiên thể mà bình thường thì không thể nào thấy được.

- Mỗi lần chụp, ta thu được ảnh của một khu vực bầu trời gồm nhiều đối tượng và chi tiết khác nhau.

- Ảnh được lưu trữ lâu dài, cho phép ta dùng làm hồ sơ nghiên cứu trong phòng thí nghiệm.

- Chụp ảnh một khu vực nhất định của bầu trời ở nhiều thời điểm khác nhau cho phép ta phát hiện những thiên thể "lạ" như sao biến quang, sao mới...

Cần biết rằng, người ta không những chụp ảnh các thiên thể qua bức xạ quang học của chúng mà có thể chụp qua các loại bức xạ khác như hồng ngoại, rơnghen... Vấn đề là sử dụng những loại phim ảnh khác nhau ứng với các loại sóng bức xạ khác nhau.

Như vậy việc chụp ảnh các thiên thể qua các loại sóng bức xạ của chúng cho ta khả năng hiểu biết các thiên thể khá toàn diện.

Cần biết thêm rằng đối với các loại sóng chưa thể chụp ảnh được thì người ta lại dùng các phương pháp khác để thu tín hiệu như phương pháp nhiệt điện, quang điện v.v..

Chương X

VẬT LÝ CÁC THIÊN THỂ TRONG HỆ MẶT TRỜI

Trong hệ Mặt Trời, trừ Mặt Trời ra thì các thành viên khác đều là những thiên thể nguội. Việc nghiên cứu lý tính của các thiên thể nguội khó khăn hơn nhiều so với các thiên thể nóng sáng. Vì vậy Mặt Trời sẽ được trình bày trong một chương riêng (chương XI)

§84. TỔNG QUAN VỀ CÁC HÀNH TINH LỚN

Ngoài vô số tiểu hành tinh, trong hệ Mặt Trời có 9 hành tinh lớn, gần Mặt Trời nhất là Thủy Tinh và xa nhất là Diêm Vương Tinh*).

Để có kiến thức tổng quát về các hành tinh ta hãy xem bảng thống kê IV. Qua bảng này ta có thể phân các hành tinh thành hai nhóm : Nhóm Trái Đất bao gồm những hành tinh cỡ bé có khối lượng riêng lớn (Thủy Tinh, Kim Tinh, Trái Đất, Hỏa Tinh) và nhóm Mộc Tinh gồm các hành tinh cỡ lớn nhưng lại có khối lượng riêng nhỏ (Mộc Tinh, Thổ Tinh, Thiên Vương Tinh, Hải Vương Tinh).

*) Các hành tinh được gọi theo tên riêng kèm theo chữ Tinh chứ không gọi là sao vì từ sao dành riêng cho những thiên thể tự phát sáng.

BẢNG LÍ TÍNH CỦA CÁC HÀNH TINH

BẢNG IV

Hành tinh	Bán kính xích đạo		Độ dẹt	Khối lượng		Khối lượng riêng	Gia tốc trọng trường ở xích đạo (m/s^2)	Vận tốc vũ trụ V_{II} (km/s)	Chu kỳ tự quay	độ nghiêng ε	Số vệ tinh	Cấp sao m	Chu kỳ chuyển động quanh Mặt Trời
	km	Số với Trái Đất		$\times 10^{24}$ (kg)	Số với Trái Đất								
Thủy Tinh	2437	0,38	0,2	0,33	0,052	5,7	3,72	3,3	58 ngày (*)	7°	0	-0,2	88 ngày(***)
Kim Tinh	6056	0,95	0,00	4,57	0,82	5,2	8,87	10,4	243,2 ngày(***)	3°24'	0	-4,1	224,7 ngày
Trái Đất	6378	1,00	0,0034	5,98	1,00	5,5	9,82	11,2	23h56ph	23°27'	1		365,25 -
Hỏa Tinh	3386	0,53	0,0052	0,64	0,11	4,0	3,76	5	24h37ph	24°56'	2	-1,9	686,98 -
Mộc Tinh	71400	11,19	0,062	1900	318	1,3	25,00	61	8h50ph	1°30'	16	-2,4	4332,59 -
Thổ Tinh	60400	9,47	0,103	598	95	0,7	11,00	36	10h40ph	26°45'	19	+0,8	10759,21 -
Thiên vương tinh	24800	3,9	0,06	87	15	1,6	9,5	22	17h15ph (**)	82°	15	+5,8	30685 -
Hải vương tinh	24500	3,9	0,02	103	17	1,7	11,50	24	15h8ph	29°	6	+7,6	60188 -
Diêm vương tinh	2900	0,45	0,25	5,5(*)	-	-	-	-	6,4 ngày	-	-	+14,7	90700
Mặt Trăng	1738	0,27		0,0734	$\frac{1}{81,3}$	3,35	1,62	2,38	27ng7h43ph	6°40'		-12,7	
Mặt Trời	696000	109,12		1990000	333000	1,41	273,8	617,7	25 ÷ 27,3ng			-26,58	

(*) Còn do dự

(**) Quay ngược chiều

(***) Ngày ở đây tính theo đơn vị ngày trên Trái Đất = 24 giờ.

Cần biết rằng phương pháp nghiên cứu lí tính của các thiên thể đã trình bày trong chương IX không thể áp dụng một cách đơn thuần cho việc nghiên cứu các hành tinh vì các hành tinh là những thiên thể không nóng sáng. Các thiên thể này chỉ có khả năng bức xạ sóng hồng ngoại và vô tuyến. Như vậy quang phổ mà ta chụp được khi hướng ống kính vào các hành tinh chính là quang phổ của Mặt Trời (các tia sáng từ Mặt Trời truyền đến các hành tinh và phản xạ về Trái Đất). Tuy nhiên nếu hành tinh có khí quyển thì trong quang phổ đó sẽ xuất hiện những vạch hấp thụ mới. Hơn nữa vì các tia sáng Mặt Trời được phản xạ từ mặt hành tinh nên bị phân cực. Tùy theo thành phần và đặc điểm cấu tạo của mặt phản xạ mà có dấu hiệu phân cực khác nhau. Bằng kết quả phân tích phổ vô tuyến, các vạch hấp thụ mới và tính chất phân cực của ánh sáng phản xạ người ta biết các hành tinh đều được cấu tạo từ những nguyên tố hóa học có trên Trái Đất.

Cũng như Trái Đất tất cả các hành tinh khác đều có khí quyển. Sự tồn tại khí quyển của một thiên thể phụ thuộc vào hai yếu tố cơ bản :

- Nhiệt độ của thiên thể.
- Vận tốc khuếch tán (vận tốc vũ trụ cấp II) của thiên thể.

Ta biết rằng vận tốc chuyển động nhiệt trung bình của các phân tử khí ($v_{p.t}$) phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường theo công thức :

$$v_{p.t}^2 = \frac{3kT}{m}$$

trong đó : k là hằng số Bônxoman, m là khối lượng phân tử của chất khí

Ví dụ ở nhiệt độ bình thường $T = 300K$ thì vận tốc trung bình $v_{p.t}$ của phân tử hiđrô vào khoảng 2km/s.

Như đã biết nếu một vật có vận tốc chuyển động bằng vận tốc vũ trụ cấp II (vận tốc khuếch tán) của một thiên thể thì vật

này có khả năng li khai khỏi thiên thể đó. Điều này cũng áp dụng cho các phân tử khí. Song cần biết thêm rằng vận tốc $v_{p.I}$ tính ở trên là trung bình (một số phân tử khí có vận tốc lớn hơn nhiều). Lí thuyết cho biết một hành tinh giữ được khí quyển lâu dài khi vận tốc chuyển động trung bình $v_{p.I}$ của các phân tử khí thỏa mãn điều kiện :

$$v_{p.I} < 0,2v_{II}$$

Nói chung nhiệt độ của các hành tinh đều thấp (càng xa Mặt Trời càng thấp) nên vận tốc trung bình của các phân tử khí bé, vào cỡ một vài km/s.

Trong khi đó vận tốc vũ trụ cấp II của các hành tinh lại lớn (đặc biệt là nhóm Mộc Tinh) nên các hành tinh đều có khí quyển. Rõ ràng trong khí quyển của nhóm Mộc Tinh, nguyên tố nhẹ có tỉ lệ phần trăm chắc chắn cao hơn so với nhóm Trái Đất.

Bằng các phương pháp nghiên cứu kể trên, hiện nay người ta chỉ mới có khả năng đoán nhận về nhiệt độ, áp suất, thành phần cấu tạo của khí quyển và phần nào của bề mặt các hành tinh.

§85. TRÁI ĐẤT

Tuy sống trên Trái Đất nhưng sự hiểu biết của con người về cấu tạo bên trong Trái Đất còn rất hạn chế.

Về đại thể, Trái Đất được cấu tạo theo một số lớp đồng tâm. Ở ngoài cùng là khí quyển, tiếp đến là lớp vỏ rồi đến thủy quyển và trong cùng là thạch quyển.

Ta đã biết khối lượng riêng của Trái Đất bằng $5,52\text{kg/dm}^3$. Vỏ Trái Đất có khối lượng riêng bằng 3kg/dm^3 như vậy mật độ vật chất phải tăng dần theo độ sâu (khoảng 15kg/dm^3 ở phần trung tâm). Bằng nghiên cứu đặc điểm truyền sóng động đất, người ta cho rằng ở độ sâu khoảng 3000 km, thạch quyển tồn tại ở trạng thái lỏng (nóng chảy). Nhiệt độ trong nhân Trái Đất có thể lên tới hàng vạn độ.

71% mặt Trái Đất là đại dương. Sự lưu thông và nhiệt dung lớn của nước các đại dương là yếu tố điều hòa nhiệt độ cho các nơi trên Trái Đất.

1. Khí quyển

Việc nghiên cứu khí quyển của Trái Đất đã được tiến hành từ lâu và đặc biệt được đẩy mạnh trong mấy chục năm lại đây qua các tên lửa vũ trụ và vệ tinh nhân tạo.

Theo trạng thái vật lí khác nhau, người ta đã chia khí quyển ra thành nhiều tầng : dưới cùng là tầng đối lưu, tiếp đến là tầng bình lưu...

Trong bảng V ghi tỉ lệ các nguyên tố tồn tại trong khí quyển ở phần thấp của tầng đối lưu (ngang mặt biển).

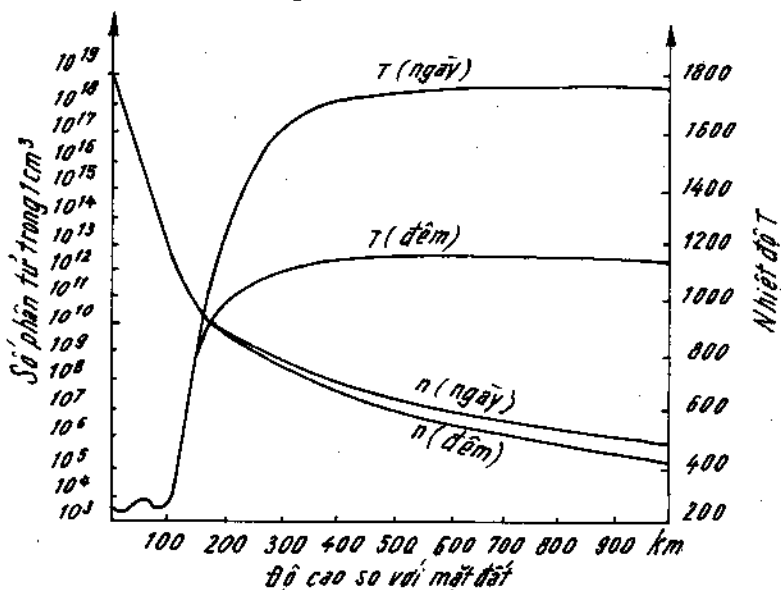
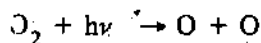
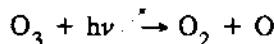
Bảng V

Nguyên tố	Tỉ số (%)
Nitơ N_2	78
Ôxi O_2	21
Khí cacbonic CO_2	0,03
Argon Ar	0,93
Nêôn Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Heli He	$5,2 \cdot 10^{-4}$
Krypton Kr	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Xenon Xe	$8,7 \cdot 10^{-6}$
Hydro H_2	$5 \cdot 10^{-7}$
Metan CH_4	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Oxit Nitơ N_2O	$5 \cdot 10^{-7}$

Hình 91 biểu diễn sự biến thiên của nhiệt độ (T) và mật độ các phân tử vật chất (n) trong khí quyển theo độ cao. Ta thấy trong tầng đối lưu nhiệt độ giảm nhanh theo độ cao. Nguyên nhân là tầng đối lưu được nung nóng bởi bức xạ nhiệt của mặt đất, nhưng bức xạ này bị lớp dưới cùng của tầng đối lưu (chứa nhiều hơi nước) hấp thụ. Tầng này kéo dài đến độ cao khoảng 10 km. Nhiệt độ ở đây vào khoảng 220K ($-53^{\circ}C$) và hầu như

338.662

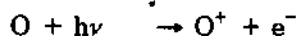
giữ không đổi cho đến độ cao trên 20 km (tầng bình lưu). Từ độ cao 20 - 25 km nhiệt độ lại bắt đầu tăng ; vì ở đây xảy ra phản ứng quang hóa tỏa nhiệt, phản ứng phân li ôzon :



Hình 91

Sau đó còn phản ứng do va chạm với phân tử thứ 3 để tạo thành ôzon : $O + O_2 \rightarrow O_3$. Đến độ cao 50 km thì nhiệt độ đạt trị số cực đại (khoảng 270K). Tầng này gọi là tầng ôzon. Có thể nói tầng ôzon là lớp màn chắn bảo vệ cho sự sống trên Trái Đất khỏi tác dụng của bức xạ tử ngoại của Mặt Trời.

Phía trên tầng ôzon nhiệt độ giảm rồi sau đó tăng nhanh (từ 150 - 400 km). Ở đây các nguyên tử ôxi hấp thụ bức xạ tử ngoại của Mặt Trời bị iôn hóa và tỏa nhiệt mạnh.



Ở độ cao 300 - 900 km, nhiệt độ có thể lên tới 1 800K

Sự ion hóa của các phân tử ôxi, nitơ tạo nên tầng gồm các hạt mang điện được gọi là tầng điện li.

Tầng điện li này có đặc tính của môi trường plasma. Tùy theo mật độ các hạt mang điện, tầng điện li có khả năng hấp thụ, hay phản xạ sóng điện từ có bước sóng khác nhau.

2. Từ trường. Các vòng đai phóng xạ

Từ trường của Trái Đất có phổ đường cảm ứng từ tương tự như phổ đường cảm ứng từ của một nam châm lưỡng cực. Trục của "lưỡng cực" địa từ không trùng với trục quay của Trái Đất. Cực Bắc địa từ ở vào khoảng vĩ độ $78^{\circ},6$ và kinh độ $70^{\circ},1$ (tây). Như vậy kim la bàn chỉ theo hướng Bắc Nam địa từ, không chỉ đúng hướng Bắc Nam địa lí.

Ở hai cực cảm ứng từ có cường độ vào khoảng 10^{-5} Tesla, còn ở xích đạo vào khoảng 5.10^{-6} Tesla. Càng lên cao thì từ trường càng giảm.

Từ trường của các thiên thể thường được giải thích là do chuyển động đối lưu của dòng sắt nóng chảy ở phần trung tâm kết hợp với chuyển động quay kéo theo của dòng này (theo chuyển động quay của thiên thể). Rõ ràng đối với các thiên thể quay chậm và có khối lượng bé (nhiệt độ trong lòng không đủ cao) như Mặt Trăng, Kim Tinh, không có từ trường. Các thiên thể có khối lượng đủ lớn và quay nhanh như Trái Đất, Mộc Tinh... đều có từ trường.

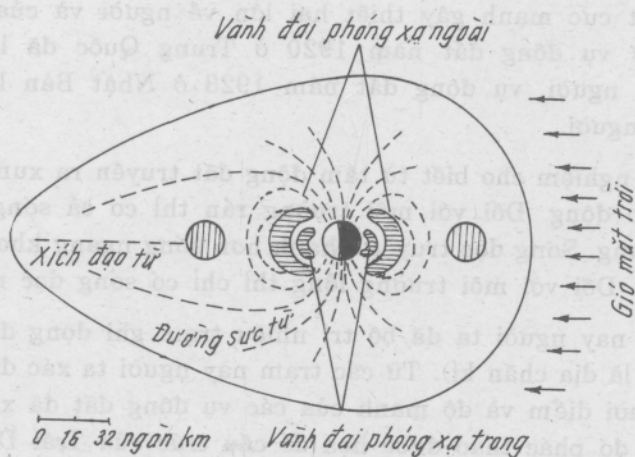
Từ trường của Trái Đất gây ảnh hưởng rõ rệt đến sự chuyển động của các hạt mang điện trong không gian truyền tới nó. Có hai loại hạt mang điện cơ bản :

- Tia vũ trụ bao gồm các electron, các proton và các hạt nhân của các nguyên tố nặng chuyển động với vận tốc gần bằng vận tốc của ánh sáng được truyền từ các thiên hà đến.

- Dòng hạt mang điện bức xạ từ Mặt Trời đến.

Khi các hạt mang điện chuyển động đến khu vực địa từ trường thì chúng sẽ chuyển động xoắn dọc theo phương của **đường cảm ứng từ**. Bán kính vòng xoắn (bán kính Lacmo) phụ thuộc vào cường độ của từ trường và vận tốc của hạt. Các hạt năng lượng trên 10^9 eV có bán kính Lacmo lớn tiến đến mặt đất bắn phá các phân tử của khí quyển và sản sinh những luồng hạt thứ cấp. Khoảng 99% các hạt có năng lượng cao thuộc về loại thứ nhất, tức là từ vũ trụ xa xăm truyền tới (còn khoảng 1% từ Mặt Trời).

Từ trường cũng là cái bẫy giữ các hạt mang điện có năng lượng cao. Mật độ của các hạt bị giữ này phụ thuộc vào độ cao và vào cự li xa gần cực địa từ. Chúng tập trung vào những vành nhất định nằm trong mặt phẳng xích đạo địa từ được gọi là các vành đai phóng xạ. (H.92).



Hình 92

Đã phát hiện được hai vành đai phóng xạ chính. Vành đai trong gồm những prôtôn và êlectron có năng lượng từ 20 - 500keV. Nó bắt đầu từ độ cao 2400km kết thúc ở độ cao 5600km và phân bố giữa các độ vĩ $\pm 30^\circ$. Vành đai ngoài tồn tại trong khoảng độ cao từ 12000 đến 20 000km gồm những prôtôn và

electron có năng lượng thấp hơn. Ngoài hai vành trên, trong khoảng độ cao từ 50000 đến 60 000km còn có vành thứ ba gồm các electron năng lượng thấp (khoảng 200 eV).

Từ thế kỉ XVIII người ta đã nhận thấy từ trường của Trái Đất đôi khi có cường độ thăng giáng trong khoảng thời gian đến hàng giờ, rồi lại trở lại trị số bình thường. Hiện tượng này được gọi là bão từ. Bão từ thường gây ra hiện tượng rối loạn liên lạc bằng sóng ngắn vô tuyến và hiện tượng cực quang (ánh sáng địa cực).

3. Cấu trúc của Trái Đất

Cho đến nay người ta chỉ mới có khả năng khoan sâu xuống mặt đất khoảng một chục km. Tuy nhiên người ta có thể nghiên cứu cấu trúc của Trái Đất qua hiện tượng động đất.

Hiện tượng động đất diễn ra khá thường xuyên. Có những vụ động đất cực mạnh gây thiệt hại lớn về người và của. Chẳng hạn như vụ động đất năm 1920 ở Trung Quốc đã làm chết 200 000 người, vụ động đất năm 1923 ở Nhật Bản làm chết 142000 người...

Thực nghiệm cho biết từ tâm động đất truyền ra xung quanh sóng dao động. Đối với môi trường rắn thì có cả sóng dọc và sóng ngang. Sóng dọc truyền nhanh hơn sóng ngang khoảng một lần rưỡi. Đối với môi trường lỏng thì chỉ có sóng dọc mà thôi.

Ngày nay người ta đã bố trí nhiều trạm ghi động đất (bằng máy gọi là địa chấn kí). Từ các trạm này người ta xác định được vị trí, thời điểm và độ mạnh của các vụ động đất đã xảy ra và cũng từ đó phác thảo được họa đồ cấu trúc của Trái Đất.

B.B. Gôlixun, nhà khoa học Nga, vào đầu thế kỉ này đã đưa ra mô hình sau :

- Nhân Trái Đất có bán kính 1300km, vật chất ở thể rắn.
- Bao quanh nhân là một lớp vật chất ở thể lỏng có độ dày khoảng 2100km.

- Ngoài cùng là lớp vỏ dày khoảng 2900km. Người ta cũng đã kết luận nhân Trái Đất có nhiệt độ khá cao (bốn ngàn độ) và mật độ khoảng 12.10^3 kg/m^3 .

Trong lòng Trái Đất diễn ra sự phân rã các nguyên tố phóng xạ (Uran Thori...), tạo ra nhiệt độ cao. Khi một nơi nào đó của vỏ Trái Đất bị rạn nứt, vật chất trong lòng có nhiệt độ cao nóng chảy phun lên tạo thành núi lửa. Rõ ràng hoạt động của các núi lửa từ xưa đến nay đã có vai trò quan trọng trong sự biến đổi thành phần cấu tạo của lớp bề mặt của Trái Đất.

Nghiên cứu các chất phóng xạ có trong vỏ Trái Đất người ta có thể xác định được "tuổi" của nó, bởi vì hiện tượng phóng xạ của các nguyên tố hóa học diễn ra theo quy luật xác định và không phụ thuộc vào điều kiện bên ngoài.

Ta biết rằng mỗi đồng vị phóng xạ được đặc trưng bằng chu kì bán rã T.

Giả sử ở thời điểm ban đầu ($t = 0$) có N_0 nguyên tử của một đồng vị phóng xạ nào đó. Sau 1 chu kì bán rã, số nguyên tử này giảm còn một nửa :

$$N_{(T)} = \frac{N_0}{2} \quad (10.1)$$

Sau thời gian t số nguyên tử chưa phân rã sẽ là :

$$N_{(t)} = N_0 e^{-\ln 2 \frac{t}{T}} = N_0 e^{-\frac{t}{1,44T}}$$

Và số nguyên tử mới được hình thành do kết quả của phân rã sau thời gian t là :

$$N_p = N_0 - N(t) = N_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{1,44T}} \right) \quad (10.2)$$

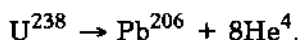
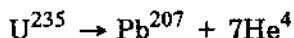
Rõ ràng $N_0 = N(t) + N_p$.

Từ (10.1), (10.2) ta thu được thời gian t.

$$t = 3,32T \lg \left[1 + \frac{N_p}{N(t)} \right] \quad (10.3)$$

Đối với một số nguyên tố phóng xạ người ta đã biết được chu kì bán rã T . Bằng phân tích người ta tính được tỉ số $N_p/N(t)$ và từ (10.3) sẽ xác định được "tuổi" của mẫu vật chất chứa nguyên tố phóng xạ được khảo sát.

Có nhiều loại đồng vị phóng xạ. Người ta thường sử dụng đồng vị phóng xạ Urani 238 và Urani 235, chúng chiếm khoảng 0,0003% vật chất cấu tạo nên vỏ Trái Đất. Chu kì bán rã của U^{235} là 0,71 tỉ năm, của U^{238} là 4,51 tỉ năm. Kết quả của sự phân rã là tạo ra đồng vị chì :



Qua khảo sát nhiều đồng vị phóng xạ khác nhau người ta kết luận tuổi của Trái Đất là :

$$(4,55 \pm 0,07) \text{ tỉ năm.}$$

§86. MẶT TRĂNG

Mặt Trăng là vệ tinh của Trái Đất, chuyển động quanh Trái Đất với khoảng cách trung bình bằng 384000km. Bán kính của nó bằng 1737km và khối lượng bé hơn của Trái Đất 81,3 lần. Từ đó gia tốc trọng trường trên Mặt Trăng

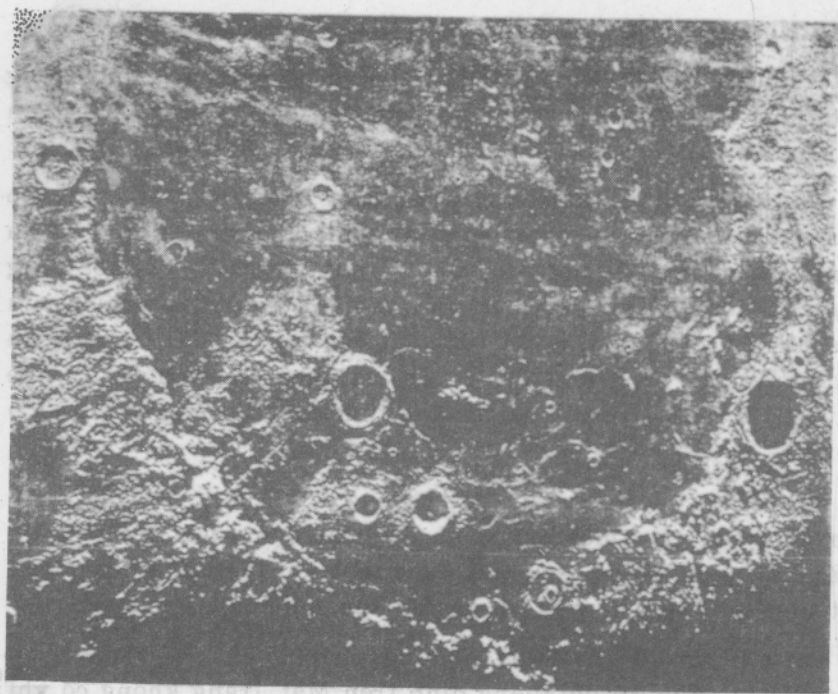
$$g_{\text{M}} = G \frac{M}{R^2} = 1,63 \text{ m/s}^2$$

và vận tốc vũ trụ cấp II của nó

$$V_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = 2,38 \text{ km/s}$$

Vì có gia tốc trọng trường bé nên Mặt Trăng không giữ được khí quyển và không có nước.

Qua kính thiên văn bình thường ta đã nhìn thấy khá rõ các chi tiết trên mặt Mặt Trăng ! Các dãy núi cao xen lẫn các vùng trũng (được gọi là biển - tuy nhiên là biển khô)



Hình 93

Các biển rộng và núi cao đều đã được đặt tên riêng như biển Yên lặng, biển Mưa, biển Sáng, biển Bão... và các núi Capcador, núi Anpơ, núi Antai.

Nét nổi bật trên Mặt Trăng là có nhiều miệng núi lửa. Cái lớn nhất có đường kính đến 100km (H. 93)

Trạm "Mặt Trăng 3" của Liên Xô cũ phóng năm 1959, bay vòng phía sau Mặt Trăng chụp ảnh mặt này và truyền về Trái Đất. Những biển và miệng núi lửa ở nửa này đã được các nhà khoa học Nga đặt tên như biển Maxcova, biển Hi Vọng, các miệng núi lửa Xiôncôpxki, Lômônôxôp, Lôbasepxki...

Nghiên cứu bức xạ hồng ngoại và vô tuyến Mặt Trăng chứng tỏ rằng :

- Nhiệt độ ban ngày ở vùng xích đạo lên tới khoảng 130°C.

- Nhiệt độ ban đêm xuống rất thấp (-170°C).
- Độ dẫn nhiệt của vật chất cấu tạo bề mặt của Mặt Trăng rất thấp. Nhiệt độ ở độ sâu từ 10cm vào ban ngày và ban đêm hầu như ngang nhau.

Những kết quả quan trắc thiên văn trước đây về tính xốp của vật chất bao phủ Mặt Trăng đã được khẳng định qua sự hạ cánh nhẹ nhàng của các trạm vũ trụ, qua vật chất lấy được bằng trạm tự động của Liên Xô cũ và qua các công trình nghiên cứu của Mĩ. So với Trái Đất thì vật chất cấu tạo vỏ Mặt Trăng giàu các nguyên tố nặng như Cr, Ti, Zn, và nghèo các nguyên tố nhẹ như Sn, K, Na. Tuổi của Mặt Trăng tính được khoảng $(3,8 \pm 0,7)$ tỉ năm.

Mặt Trăng có nhiều cấu tạo lỗ tròn có thể là do nguyên nhân bắn phá của các thiên thạch và do hoạt động của núi lửa. Từ Trái Đất người ta đã quan sát được một núi lửa đang hoạt động ở trung tâm một lỗ tròn và đã đặt tên núi lửa Anphôngxơ.

Bằng lí thuyết và nhiều phương pháp quan trắc thiên văn khác nhau người ta đã khẳng định trên Mặt Trăng không có khí quyển. Nếu như Mặt Trăng còn tồn tại khí quyển thì mật độ của nó phải bé hơn của Trái Đất đến một tỉ lần (mật độ vật chất như thế tương đương với mật độ ở độ cao 200km của khí quyển Trái Đất). Điều này đã được xác nhận qua kết quả nghiên cứu theo chương trình "Luna" và "Apôlô" của Liên Xô và Mĩ. Theo chương trình "Luna" thì khí quyển rất loãng của Mặt Trăng có một electron trong một centimet khối (1 e/cm^3).

§87. CÁC HÀNH TINH NHÓM TRÁI ĐẤT

Thuộc nhóm Trái Đất có Thủy Tinh, Kim Tinh, Hỏa Tinh và Diêm Vương Tinh. Trừ Diêm Vương Tinh, các hành tinh khác đều ở gần Mặt Trời, có nhiệt độ, trung bình cao và đặc biệt có

khối lượng riêng lớn - vào cỡ khối lượng riêng của Trái Đất ($5,5 \text{ kg/dm}^3$).

1. Thủy Tinh

Là hành tinh ở gần Mặt Trời nhất và là hành tinh bé nhất. Nó có khối lượng và kích thước vào cỡ tương ứng của Mặt Trăng. Lí thuyết và quan trắc đều cho biết trên hành tinh này không có nước và khí quyển rất loãng. Bề mặt của nó có cấu tạo gần như Mặt Trăng (nhiều lỗ tròn). Do ở gần Mặt Trời và không có nước... nên nhiệt độ ban ngày rất cao (ở xích đạo lên tới trên 400°C) và ban đêm lại rất thấp (-150°C).

Thủy Tinh chuyển động quanh Mặt Trời với chu kì 88 ngày và tự quay quanh mình rất chậm khoảng 58 ngày. Do đó một ngày đêm trên hành tinh này rất dài, bằng 170 ngày trên Trái Đất.

2. Kim Tinh

Hành tinh thứ hai gần Mặt Trời là Kim Tinh. Từ xưa Kim Tinh đã được đặc biệt chú ý vì kích thước và khối lượng của nó xấp xỉ bằng Trái Đất. Lômônôxốp và những người đương thời đã phát hiện thấy trên Kim Tinh có khí quyển với mật độ lớn hơn khí quyển của Trái Đất. Kết quả quan sát quang phổ sau này cho thấy thành phần chính của khí quyển Kim Tinh là khí cacbonic. Các phương pháp quang học không thể nghiên cứu được trạng thái bề mặt của Kim Tinh và chu kì tự quay của nó bởi vì Kim Tinh luôn bị bao phủ bởi những đám mây dày đặc, ở độ cao từ 30 đến 60km.

Quan trắc Kim Tinh bằng phương pháp vô tuyến đã cho một số kết quả bất ngờ. Nó quay quanh trục ngược chiều với chiều chuyển động của nó quanh Mặt Trời (cũng là ngược với chiều chuyển động của các hành tinh quanh Mặt Trời). Theo quan trắc năm 1967 thì một ngày đêm trên Kim Tinh dài bằng 117 ngày trên Trái Đất. Trục quay của Kim Tinh gần như thẳng góc với

mặt phẳng quỹ đạo của nó vì vậy trên Kim Tinh không có hiện tượng thay đổi mùa.

- Từ năm 1967 các trạm vũ trụ của Liên Xô cũ đã đổ bộ nhẹ nhàng xuống mặt Kim Tinh và truyền về Trái Đất các tín hiệu vô tuyến cho thấy rằng thành phần khí quyển Kim Tinh gồm 95% là khí cacbonic, nitơ và các khí trơ chỉ chiếm vài ba phần trăm, còn khí ôxi thì rất ít. Ở bề mặt Kim Tinh nhiệt độ lên tới $+475^{\circ}\text{C}$ và áp suất lên tới 90 atmôphe. Các trạm vũ trụ bay gần Kim Tinh chưa phát hiện được từ trường và các vành đai điện li của nó.

Với những đặc điểm như đã trình bày người ta khẳng định ở trên 2 hành tinh này không có sự sống.

3. Hỏa Tinh

Theo bảng IV ta thấy Hỏa Tinh có kích thước bé hơn Trái Đất khoảng 2 lần, có gia tốc trọng trường bé hơn khoảng 3 lần và có vận tốc vũ trụ bé hơn khoảng 2 lần. Ngày trên đó dài $24^{\text{h}}22^{\text{ph}}$ và năm dài 687 ngày (tính theo ngày Trái Đất).

Xích đạo của Hỏa Tinh nghiêng với mặt phẳng quỹ đạo của nó một góc $24^{\circ}56'$ từ đó trên Hỏa Tinh cũng có biến đổi mùa rõ rệt trong năm.

Quan sát qua kính thiên văn ta thấy mặt Hỏa Tinh có các đặc điểm sau :

1) Vùng sáng hay lục địa chiếm $2/3$ diện tích và có màu đỏ da cam.

2) Chóp trắng ở 2 cực có diện tích biến đổi theo mùa. Vào mùa đông chóp trắng này rất rộng (kéo dài từ cực đến vĩ độ khoảng 40°) còn về mùa hạ thì hầu như biến mất.

3) Vùng tối (hay biển) chiếm $1/3$ diện tích bao gồm những vết sẫm màu xen giữa vùng sáng. Độ tối của vùng này biến đổi

theo mùa. Độ tương phản giữa vùng sáng và tối càng rõ trong thời kì xuân hè.

4) Mây mù là những dấu vết xuất hiện từng nơi, từng lúc trong khí quyển. Có hai loại mây : loại vàng có thể là những đám bụi khí và loại trắng có thể là những đám mây gồm các hạt băng. Có những thời kì mây vàng phát triển rất nhanh, chiếm diện tích rất lớn và kéo dài đến hàng tháng (thời kì bão bụi).

Những quan trắc thiên văn (qua phổ hồng ngoại và vô tuyến) và những kết quả nghiên cứu theo chương trình du hành vũ trụ của Liên Xô cũ và Mỹ cho biết những đặc điểm sau :

- 1) Nhiều miệng núi lửa trên đỉnh các núi,
- 2) Có từ trường nhưng yếu hơn nhiều so với từ trường của Trái Đất.
- 3) Có những đặc điểm cấu tạo bề mặt tương tự như những nhánh sông đã khô nước ở trên Trái Đất.
- 4) Bão bụi là bụi được gió thổi lên cao đến 10 - 15km, các hạt bụi có kích thước từ 0,1 - 10 micrômet.
- 5) Vùng cực có nhiệt độ rất thấp (có thể đến -140°C). Chóp trắng ở đây không hẳn là lớp băng tuyết như ở địa cực mà là những đám mây gồm những hạt băng (H_2O) lơ lửng trong khí quyển.
- 6) Nhiệt độ trong một ngày biến thiên rất lớn. Ở xích đạo ban ngày có nhiệt độ $+30^{\circ}\text{C}$ và ban đêm -80°C . Điều này chứng tỏ cấu tạo bề mặt của Hỏa Tinh gần giống với Mặt Trăng hơn là Trái Đất.
- 7) Lượng hơi nước trong khí quyển rất thấp, bé hơn so với lượng hơi nước trong khí quyển Trái Đất 1000 lần. Do nhiệt độ nói chung thấp và áp suất bé (khoảng 6 milibar) nên nước có thể không tồn tại ở thể lỏng mà chỉ có thể ở thể hơi và băng.
- 8) Khí quyển loãng có áp suất bé (khoảng 6 milibar). Trong khí quyển có khoảng 95% là CO_2 .

Đã có nhiều lần người ta đề cập đến sự sống trên hành tinh này. Đặc biệt vào năm 1996 dư luận xôn xao về bài báo nói đến dấu vết của sự sống được phát hiện qua một thiên thạch từ Hỏa Tinh rơi xuống Nam cực. Cũng vào năm 1996 trạm thăm dò Viking đã lấy đất đá ở hai vùng khác nhau trên Hỏa Tinh và kết quả phân tích không tìm thấy một dấu hiệu nào của sự sống.

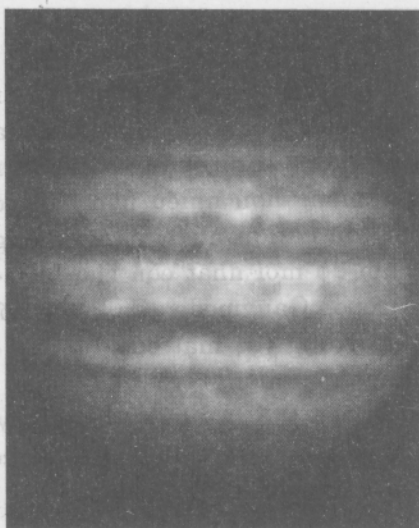
Chương trình nghiên cứu Hỏa Tinh nói chung và sự sống nói riêng trên hành tinh này đang được nhiều nước triển khai.

§88. CÁC HÀNH TINH NHÓM MỘC TINH

Nhóm Mộc Tinh có 4 hành tinh : Mộc Tinh, Thổ Tinh, Thiên vương Tinh và Hải vương Tinh. So với nhóm Trái Đất thì các hành tinh của nhóm này đều có kích thước rất lớn (Mộc Tinh có bán kính lớn hơn bán kính Trái Đất 11 lần) nhưng lại có khối lượng riêng bé (vào cỡ khối lượng riêng của nước). Lí thuyết cũng như thực hành quan trắc từ các trạm thăm dò vũ trụ cho thấy lớp vỏ của các hành tinh cỡ lớn này được cấu tạo bởi các nguyên tố nhẹ như hiđrô (H), metan (CH_4)... Hơn nữa vì ở xa Mặt Trời (gần nhất là Mộc Tinh cũng đã có khoảng cách trung bình 5,3đ.v.t.v nghĩa là xa hơn so với Trái Đất trên 5 lần) nên nhiệt độ của chúng rất thấp, thường xuyên dưới âm 100°C (Mộc Tinh có nhiệt độ -145°C , Thổ Tinh -180°C , nhiệt độ của Thiên vương Tinh và Hải vương Tinh còn thấp hơn nữa).

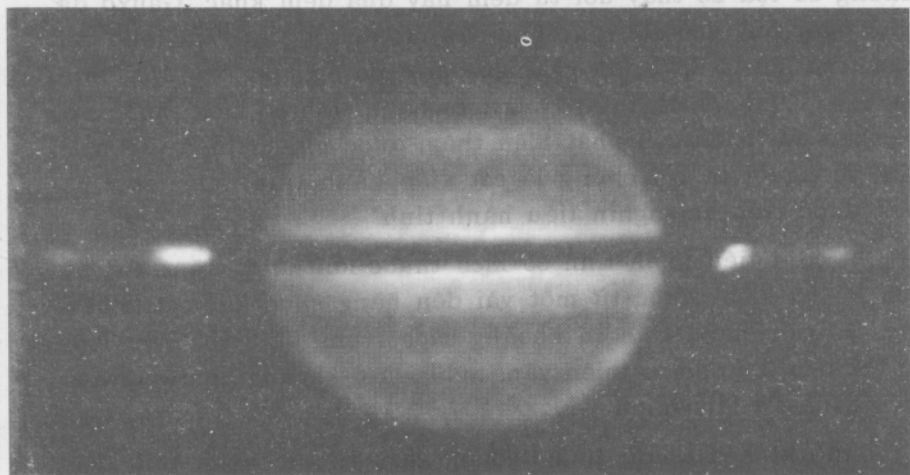
Bề mặt của các hành tinh luôn bị mây mù dày đặc bao phủ. Do quay khá nhanh nên chuyển động đối lưu của mây còn bị tác dụng của lực Coriôlit dẫn tới những dòng mây chuyển động theo những phương xác định và có nơi tạo thành dòng xoáy tương tự như "mắt bão" trên Trái Đất. Nhìn các bức ảnh của

Mộc Tinh ta thấy mây tạo thành những dải gần như song song với xích đạo (H.94). Vết mây hình bầu dục màu hồng đã được trạm thăm dò Galileo phân tích là một vùng xoáy nghịch (vùng có áp suất lớn). Trong khí quyển luôn luôn có gió mạnh thổi. Mộc Tinh có 16 vệ tinh. Bốn trong số vệ tinh này đã được Galilê phát hiện từ đầu thế kỉ 17. Thổ Tinh có 18 vệ tinh, ngoài ra còn có một vệ tinh rất đặc biệt - là một vành gồm các mảnh kích thước từ xentimét đến mét chuyển động chung quanh theo định luật Kêple. (Vành này cũng đã được Galilê nhìn thấy) Nhìn qua kính Thiên văn bình thường ta thấy Thổ Tinh là một quả cầu được bao quanh một vành sáng rất đẹp mắt (H.95).



Mộc tinh

Hình 94



Thổ Tinh

Hình 95

Qua các trạm thăm dò vũ trụ (Voyager và Galileo) người ta biết được quanh 3 hành tinh kia (Mộc Tinh, Thiên vương Tinh, Hải vương Tinh) cũng có vành như của Thổ Tinh song các vành này mỏng hơn nhiều nên bằng các kính Thiên văn đặt trên mặt đất (dù cỡ lớn nhất) cũng không thể phát hiện ra được. Kết quả thăm dò mới nhất còn cho biết 4 vệ tinh lớn của Mộc Tinh. (IO, Europe, Ganymede, Callisto) có cấu tạo bề mặt tương tự như Mặt Trăng (bề mặt của IO dày đặc những miệng núi lửa, có cái đang hoạt động) và đều được bao phủ bởi các lớp mây băng tuyết, có thể là những băng tuyết nổi trên các đại dương nước. Ganymede - vệ tinh lớn nhất có kích thước gần bằng Trái Đất của chúng ta có từ trường.

§89. CÁC TIỂU HÀNH TINH

Ngày 1 tháng Giêng năm 1801, nhà thiên văn Italia Piatxi tình cờ phát hiện được một thiên thể giống như một ngôi sao nhưng có tọa độ thay đổi từ đêm này qua đêm khác. Gauss đã tính được quỹ đạo chuyển động của nó quanh Mặt Trời (elip với bán trục lớn là 2,77 đơn vị thiên văn, góc nghiêng $i = 10^\circ$, tâm sai $e = 0,08$). Thiên thể này là một hành tinh có kích thước rất bé. Sau đó ít lâu còn phát hiện thêm được nhiều thiên thể như vậy và người ta gọi chúng là các tiểu hành tinh. Hiện nay đã biết được trên hai nghìn tiểu hành tinh.

Chỉ có 4 tiểu hành tinh có kích thước lớn hàng trăm km, số còn lại có kích thước từ một vài đến hàng chục kilômét. Phần lớn các tiểu hành tinh có khoảng cách trung bình tới Mặt Trời từ 2,2 đến 3,6 đơn vị thiên văn, nghĩa là ở khoảng giữa quỹ đạo Hỏa Tinh và Mộc Tinh.

Ở thế kỉ XVIII, khi tính khoảng cách từ các hành tinh đến Mặt Trời người ta đã tìm thấy một quy tắc được gọi là quy tắc Tixiutbôđơ như sau : gọi a là khoảng cách trung bình tới Mặt Trời bằng đơn vị thiên văn thì :

$a = 0,1.(3.2^n + 4)$ đơn vị thiên văn

trong đó $n = -\infty$ đối với Thủy Tinh, bằng 0 đối với Kim Tinh, bằng 1 đối với Trái Đất, bằng 2 đối với Hỏa Tinh...

Bảng VI cho thấy khoảng cách trung bình của các hành tinh từ Thủy Tinh đến Thiên Vương Tinh thỏa mãn công thức trên. Khoảng giữa Hỏa Tinh và Mộc Tinh không có một hành tinh lớn thì có một tập hợp các tiểu hành tinh. Do vậy có giả thuyết rằng trong quá trình hình thành hệ Mặt Trời đã có một hành tinh lớn được hình thành giữa Hỏa Tinh và Mộc Tinh nhưng vì một lí do nào đó (ví dụ do lực triều của Mộc Tinh) mà hành tinh lớn này đã bị phân rã thành một vành các hành tinh tí hon.

Bảng VI

KHOẢNG CÁCH CỦA CÁC HÀNH TINH

Hành tinh	n	Khoảng cách theo phép tính	Khoảng cách thực
Thủy Tinh	$-\infty$	0,4 đ.v.t.v	0,39 đ.v.t.v.
Kim Tinh	0	0,7	0,72
Trái Đất	1	1,0	1,00
Hỏa Tinh	2	1,6	1,52
Hành Tinh bé	3	2,8	2,2 - 3,6 (trung bình 2,9)
Mộc Tinh	4	5,2	5,20
Thổ Tinh	5	10,0	9,54
Thiên Vương Tinh	6	19,6	19,19
Hải Vương Tinh	7	38,8	30,07
Diêm Vương Tinh	8	77,2	39,5

§90. SAO CHỐI

Sao chổi cũng là Thiên thể nguội chuyển động quanh Mặt Trời như các hành tinh, song vì có hình dạng giống như một cái chổi xòe nên được gọi là Sao Chổi.

Nói chung các Sao Chổi đều có quỹ đạo là những elip rất dẹt, viễn điểm của một số lớn vượt ra ngoài quỹ đạo của Thiên Vương Tinh. Vì có kích thước nhỏ và chuyển động ở xa Mặt Trời nên vật chất cấu tạo nên Sao Chổi thường ở trạng thái đóng băng. Người ta chỉ có thể phát hiện và nhìn thấy Sao Chổi khi nó chuyển động gần đến Mặt Trời. Thoạt đầu thấy một chấm sáng di chuyển. Càng tiến gần đến Mặt Trời thì chấm sáng nở to dần và cuối cùng hình thành đuôi. Quá trình phát triển của Sao Chổi được lí giải như sau : Do có thành phần cấu tạo là những chất dễ bốc hơi như tinh thể nước, amoniác, metan, dioxitcacbon... nên khi tiến gần đến Mặt Trời thì bị nung nóng, lớp vỏ ngoài bốc hơi. Hơi bốc ra chịu tác dụng đồng thời bởi 2 lực :

- Lực đẩy của tia sáng Mặt Trời (áp suất ánh sáng). Lực này tỉ lệ với tiết diện của hạt.

- Lực hấp dẫn của Mặt Trời hướng về Mặt Trời. Như vậy, tùy theo kích thước và khối lượng của các phân tử hơi mà lực đẩy hay lực hút chiếm ưu thế. Rõ ràng đối với các phân tử nhẹ sẽ bị đẩy ra và tạo thành đuôi. Có trường hợp lực đẩy lớn hơn lực hút đến 20 lần và đuôi hình thành khá thẳng và rất dài (đến hàng chục triệu km) (H. 96).

Sao Chổi là loại thiên thể không ổn định. Quỹ đạo của chúng có thể dễ bị thay đổi mỗi khi chúng chuyển động ở gần các hành tinh (bị nhiễu loạn). Khi bị Mặt Trời hơi nóng, một phần vật chất bốc hơi và có thể li khai hẳn khỏi nhân. Cũng có thể có trường hợp bị phá vỡ lực liên kết nội tại mà tách ra thành nhiều mảnh. Đến giữa thế kỉ XIX người ta đã quan sát được 4 Sao Chổi bị vỡ



Hình 96

ra làm đôi. Theo Brédikhin thì Sao chổi "mẹ" có thể bị tách vụn ra dần dần và tạo thành một chuỗi những mảnh vụn tiếp tục chuyển động theo quỹ đạo của Sao chổi "mẹ". Nếu đám vật chất này sa vào khí quyển của Trái Đất thì ta sẽ thấy một dòng liên tục các Sao băng (mưa sao). Do quỹ đạo bị nhiễu loạn nên đa số Sao Chổi có chu kì không xác định, vì vậy việc dự báo sự xuất hiện Sao Chổi rất khó khăn.

Một trong những Sao chổi có chu kì xác định là Sao chổi Halây, (do Halây tính được chu kì chuyển động của nó quanh Mặt Trời là 76 năm). Trong thế kỉ XX người ta đã thấy nó xuất hiện vào năm 1910. Ngày 16-X-1982 bằng kính thiên văn phản quang đường kính 5m ở đài thiên văn Palôma người ta thấy Sao chổi Halây ở cách Trái Đất 22 đ.v.t.v, ngày 27-XI-1985 nó ở gần Trái Đất nhất (0,62 đ.v.t.v), và ngày 9-II-1986 nó đi qua cận điểm (gần Mặt Trời nhất).

Sao chổi đáng chú ý là Sao chổi Sômêcô - Lơvi do hai nhà thiên văn Sômêcô và Lơvi phát hiện vào ngày 25-III-1993. Trên tấm ảnh chụp, họ nhận thấy có một thiên thể "lạ" trên nền trời sao của khu vực đã chụp ấy. Họ cho rằng thiên thể này có thể là một Sao chổi, vì có dạng một chuỗi dài. Về sau, qua phân tích những bức ảnh chụp bằng kính thiên văn lớn hơn, người ta kết luận đúng là một Sao chổi đã tách ra thành 5 mảnh và theo quỹ đạo chuyển động thì Sao chổi này sẽ va vào Mộc Tinh vào nửa cuối tháng 7 năm 1994. Kết quả tính toán thật kì diệu. Khoảng 22 giờ ngày 16 tháng 7 năm 1994 mảnh đầu tiên của Sao chổi này đã đâm vào Mộc Tinh và sau đó tiếp theo những mảnh khác.

Vấn đề Sao Chổi có thể sa vào Mộc Tinh đã được dự tính từ trước bởi vì có khoảng ba chục Sao chổi có viễn điểm quỹ đạo ở cách Mặt Trời từ 4 đến 7 đơn vị thiên văn nghĩa là viễn điểm các quỹ đạo này nằm ở hai phía quỹ đạo Mộc Tinh (Mộc Tinh ở cách Mặt Trời 5,2 đ.v.t.v). Hơn nữa Mộc Tinh là hành tinh có khối lượng khá lớn nên có lực hấp dẫn các thiên thể khác về nó khá mạnh.

§91. SAO BĂNG. THIÊN THẠCH

Ban đêm, thỉnh thoảng ta thấy những vệt sáng vút qua trên bầu trời trong một khoảng thời gian ngắn. Người ta gọi chúng là *Sao băng* (Sao sa, Sao đối ngôi).

Đó là những mảnh vật chất chuyển động trong không gian giữa các hành tinh với vận tốc hàng chục km/s, mỗi khi sa vào khí quyển thì bị bốc cháy (thường ở độ cao khoảng 80km).

Quang phổ của các Sao băng là quang phổ vạch phát xạ. Các vạch sáng nhất thuộc về nguyên tố canxi và sắt ở trạng thái ion hóa. Những mảnh vật chất lớn sa vào khí quyển có thể không bị bốc cháy hoàn toàn và phần còn lại có khả năng rơi đến mặt đất. Chúng được gọi là *Thiên thạch*. Trung bình hàng năm có vài trăm Thiên thạch rơi xuống mặt đất. Tùy theo thành phần cấu tạo mà người ta đã chia ra 2 loại : Thiên thạch sắt (90% là sắt) và Thiên thạch đá (thành phần chủ yếu là đá).

Năm 1908, một Thiên thạch lớn đã rơi xuống Sibêri phá hủy một khu rừng bán kính khoảng 30 km. Ngày nay những mảnh vụn Thiên thạch đang được trưng bày ở nhiều bảo tàng trên thế giới.

Mỗi khi có dòng mảnh vật chất sa vào khí quyển thì ta sẽ thấy được các sao băng nối tiếp nhau và được gọi là "mưa sao". Đã có 3 trận mưa sao rất rực rỡ vào các năm 1833, 1866 và 1899. Hàng năm ta có thể thấy Sao băng khá nhiều vào các đêm trước sau đêm 15 - XI. Sở dĩ có hiện tượng này là do quỹ đạo của Trái Đất tiếp xúc với quỹ đạo của một dòng mảnh vụn (có thể là do một Sao chổi đã bị phân rã ra).

Vấn đề va chạm của các mảnh vụn lớn vào các hành tinh trong hệ Mặt Trời đã được nêu ra từ lâu. Đã có hai mảnh khá lớn rơi xuống châu Phi và vùng Siberi châu Á. Ngày 23 tháng 3 năm 1989 một mảnh đường kính khoảng 1km đã bay trượt qua Trái Đất ở khoảng cách gấp đôi khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng. Ngày nay người ta có khả năng phát hiện sớm các mảnh vụn có kích thước trên 200 mét và đã nghĩ tới những biện pháp để làm lệch hướng chuyển động của chúng.

Chương XI

MẶT TRỜI

Mặt Trời là một trong vô số các sao. Nghiên cứu Mặt Trời chẳng những có ý nghĩa đối với việc tìm hiểu thế giới các sao – dạng tồn tại phổ biến nhất của vật chất trong vũ trụ, mà còn có ý nghĩa thực tế là tìm hiểu tác động của nó đối với Trái Đất.

§92. CÁC SỐ LIỆU VỀ MẶT TRỜI

Mặt Trời là một quả cầu khí nóng bóng khổng lồ. Đường kính của quả cầu sáng mà ta thấy hàng ngày được gọi là quang cầu bằng 1392000 km.

$$\text{Thể tích} \quad V = 1,41 \cdot 10^{18} \text{ km}^3 = 1,41 \cdot 10^{30} \text{ dm}^3$$

$$\text{Khối lượng} \quad M = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

Khối lượng riêng trung bình

$$\bar{\rho} = 1,41 \text{ kg/dm}^3$$

Gia tốc trọng trường

$$g = 274 \text{ m/s}^2$$

Mặt Trời tự quay quanh một trục (không như một vật rắn). Chu kì quay của vật chất ở vùng xích đạo bằng 25 ngày. Càng xa xích đạo chu kì quay càng lớn. Ở gần cực, chu kì dài đến 30 ngày.

§93. HẰNG SỐ MẶT TRỜI

Đã từ lâu người ta theo dõi năng lượng bức xạ của Mặt Trời thông qua việc xác định một đại lượng được gọi là hằng số Mặt Trời.

Hằng số Mặt Trời là lượng năng lượng bức xạ toàn phần (đủ các bước sóng) của Mặt Trời truyền thẳng góc đến một diện tích 1cm^2 ở khoảng cách bằng khoảng cách trung bình từ Mặt Trời đến Trái Đất (1 đ.v.t.v) trong 1 phút.

Theo định nghĩa trên, việc đo hằng số Mặt Trời rất phức tạp. Người ta phải đo nhiều lần bằng nhiều phương pháp khác nhau thông qua hai loại dụng cụ : nhật xạ kế và quang phổ nhiệt kế. Các kết quả đó phải được hiệu chỉnh phần hấp thụ của khí quyển và quy về khoảng cách trung bình đến Mặt Trời.

Những lần đo gần đây bằng các dụng cụ đặt trong các tên lửa vũ trụ khẳng định giá trị đã được đo từ vài thế kỉ qua :

$$Q = 1,95 \text{ calo/cm}^2 \cdot \text{phút} = 4,18 \cdot 1,95 \text{ J/cm}^2 \cdot \text{phút}$$

Nhân hằng số Mặt Trời với diện tích của mặt cầu có bán kính bằng đơn vị thiên văn, ta thu được tổng năng lượng bức xạ của Mặt Trời trong một phút. Nếu đem chia tổng năng lượng này cho 60 thì ta được tổng năng lượng bức xạ của Mặt Trời trong một giây hay công suất bức xạ toàn phần của Mặt Trời (tổng năng lượng bức xạ của Mặt Trời trong đơn vị thời gian) :

$$W = \frac{Q \cdot 4\pi d^2}{60} = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

§94. XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ CỦA MẶT TRỜI

Nếu xem quang cầu của Mặt Trời bức xạ như một vật đen tuyệt đối thì nhiệt độ của nó (nhiệt độ hiệu dụng) được xác định theo các phương pháp đã trình bày trong chương IX.

- Xác định theo công thức Xtêphan - Bônxơman

$$\varepsilon = \sigma T^4$$

trong đó ε là công suất bức xạ từ 1 đơn vị diện tích mặt quang cầu

$$\varepsilon = \frac{W}{4\pi R^2} = \frac{3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}}{4\pi R^2},$$

với R là bán kính của quang cầu bằng 696000km thì :

$$T = 5760\text{K}$$

- Xác định theo định luật Vin :

$$\lambda_{\max} T = b$$

Trong quang phổ liên tục của quang cầu, $\lambda_{\max}$ có giá trị là 0,4738 micrômet = $4,738 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Từ đó :

$$T = 6000 \text{ K}.$$

Giá trị của nhiệt độ quang cầu thu được từ 2 phương pháp trên không hoàn toàn bằng nhau là vì Mặt Trời bức xạ không hoàn toàn đúng như một vật đen lí tưởng. Có thể cho rằng nhiệt độ hiệu dụng của quang cầu vào khoảng 6000 K.

§95. NGUỒN GỐC NĂNG LƯỢNG CỦA MẶT TRỜI

Kết quả đo hằng số Mặt Trời, cũng như nhiệt độ của quang cầu chứng tỏ Mặt Trời liên tục bức xạ ra không trung năng lượng rất lớn mà vẫn duy trì được nhiệt độ của nó. Một câu hỏi đặt ra là : bằng cách nào Mặt Trời duy trì được khả năng bức xạ như vậy ?

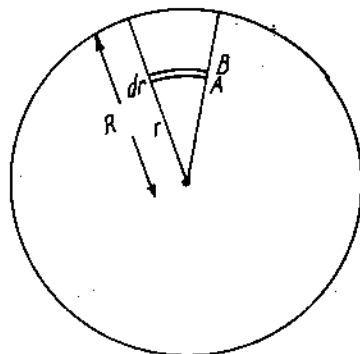
Đã có nhiều giả thuyết về nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời. Giả thuyết được coi duy nhất đúng là giả thuyết về năng lượng nhiệt hạt nhân liên tục xảy ra trong lòng Mặt Trời. Điều kiện để phản ứng nhiệt hạt nhân xảy ra là phải có nhiệt độ rất cao (hàng chục triệu độ). Ta hãy khảo sát nhiệt độ trong lòng Mặt Trời.

1. Áp suất và nhiệt độ trung bình của Mặt Trời

Kích thước không đổi và nhiệt độ rất cao của quang cầu cho phép ta nghĩ tới Mặt Trời là một cầu khí khổng lồ ở trong trạng thái cân bằng khí động.

Nhiệt độ quang cầu khoảng 6000 K. Rõ ràng càng tiến sâu vào trong lòng Mặt Trời thì áp suất càng lớn và nhiệt độ càng cao.

Tại mọi điểm trong lòng Mặt Trời phải thỏa mãn điều kiện cân bằng khí động, có nghĩa là hiệu áp suất tác dụng lên một lớp nguyên tố nào đó (ví dụ lớp AB trên hình 97) phải được cân bằng với áp lực hấp dẫn của vật chất trong lớp đó.



Hình 97

Giả sử Mặt Trời có bán kính R. Lớp AB ở cách tâm một đoạn r và có độ dày dr. Hiệu áp suất lên hai mặt của lớp AB là dp. Theo trên ta có :

$$dp_r = -\rho_r g_r dr \quad (11.1)$$

trong đó ρ_r là khối lượng riêng của lớp vật chất AB, g_r là gia tốc trọng trường tại lớp AB. Nếu M là khối lượng của Mặt Trời thì khối lượng của lớp vật chất AB sẽ là :

$$dM_r = 4\pi r^2 \rho_r dr \quad (11.2)$$

Gia tốc trọng trường g_r được tính theo

$$g_r = \frac{GM_r}{r^2} \quad (11.3)$$

Từ (11.1), (11.2), (11.3) ta có :

$$dp_r = -\frac{GM_r}{4\pi r^4} dM_r \quad (11.4)$$

Áp suất trung bình của một thiên thể có khối lượng M và bán kính R được tính theo công thức :

$$\bar{p} = \frac{1}{M} \int_0^R p_r dM_r$$

$$\text{hay} \quad \bar{p} = \frac{1}{M} \left[p_r M_r \right]_0^R - \frac{1}{M} \int_0^R M_r dp_r$$

Ta thấy số hạng đầu của vế phải bằng 0 vì.

khí $r = R$ thì $P = 0$,

khí $r = 0$ thì $M = 0$.

$$\text{Do đó :} \quad \bar{P} = -\frac{1}{M} \int_0^R M_r dp_r \quad (11.5)$$

Từ (11.4) và (11.5) ta có :

$$\bar{P} = \frac{1}{M} \int_0^R \frac{GM_r^2}{4\pi r^4} dM_r$$

$$\text{hay} \quad \bar{P} \geq \frac{1}{M} \frac{G}{4\pi R^4} \int_0^R M_r^2 dM_r$$

$$\bar{P} \geq \frac{GM^2}{12\pi R^4} \quad (11.6)$$

Nếu lấy khối lượng của Mặt Trời $M_\odot$ làm đơn vị khối lượng và bán kính của nó $R_\odot$ làm đơn vị độ dài, lấy at làm đơn vị áp suất thì (11.6) sẽ có dạng :

$$\bar{P} \geq 3 \cdot 10^8 \left(\frac{M}{M_\odot} \right)^2 \left(\frac{R_\odot}{R} \right)^4 \text{ at} \quad (11.7)$$

Từ (11.7) ta thấy rằng áp suất trung bình của Mặt Trời bằng $3 \cdot 10^8$ at. Môi trường tồn tại trong áp suất lớn nhất định phải có nhiệt độ cao.

Biết áp suất trung bình ta có thể tính nhiệt độ trung bình theo phương trình trạng thái của chất khí

$$\bar{T} = \frac{\mu \bar{P}}{\rho \mathcal{R}}$$

trong đó μ là mol (phân tử gam hay nguyên tử gam) của chất khí, $\mathcal{R}$ là hằng số khí. Trong thiên văn vật lí người ta thường hay sử dụng công thức trên dưới dạng :

$$\bar{T} = \frac{\mu_H \bar{P}}{\rho k} \quad (11.8)$$

Trong đó μ_H là khối lượng của nguyên tử H và k là hằng số Bônxơman.

Giả sử vật chất khảo sát có phân tử gam trung bình bằng đơn vị thì từ (11.8) ta tính được nhiệt độ trung bình của Mặt Trời vào khoảng 3 triệu độ. (Nếu vật chất trong Mặt Trời được phân bố đồng nhất thì nhiệt độ trung bình trên có thể hiểu là nhiệt độ của lớp ở độ sâu bằng 1/2 bán kính của Mặt Trời).

Rõ ràng ở trung tâm của Mặt Trời (nhân) phải có áp suất và nhiệt độ cao hơn giá trị trung bình đã tính ở trên nhiều lần.

Tóm lại nhiệt độ trong nhân Mặt Trời có thể đến hàng chục triệu độ. Bảng VII cho ta mô hình về cấu tạo bên trong của Mặt Trời.

Bảng VII

Mô hình cấu tạo bên trong của Mặt Trời

Khoảng cách tới tâm : R/R_0	Nhiệt độ T(K)	Áp suất P(N/m ²)	Mật độ (g/cm ³)
0	$15 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^{16}$	150
0,2	$10 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^{15}$	36
0,5	$3,4 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^{13}$	1,3
0,8	$1,3 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^{11}$	0,035
0,98	$0,1 \cdot 10^6$	10^9	0,001

2. Sơ lược về phản ứng nhiệt hạt nhân

Khi có sự tổng hợp các hạt nhân nhẹ (chẳng hạn như H) thành hạt nhân nặng hơn (chẳng hạn như He) thì năng lượng tỏa ra rất lớn.

Ta đã biết các hạt nhân đều mang điện tích dương.

Chúng đẩy nhau theo định luật Culông.

Thế năng tương tác giữa chúng là :

$$E_t = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r}$$

trong đó Z_1, Z_2 là nguyên tử số (số proton) của hạt nhân 1 và 2.

Muốn thắng thế năng tương tác này thì các hạt phải có động năng ít ra cũng bằng thế năng đó. Động năng tương đối giữa hai hạt liên hệ với nhiệt độ T theo công thức :

$$E_d = 3kT,$$

Như vậy điều kiện để có thể xảy ra phản ứng nhiệt hạt nhân là :

$$E_d \geq E_t$$

$$3kT \geq \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r}$$

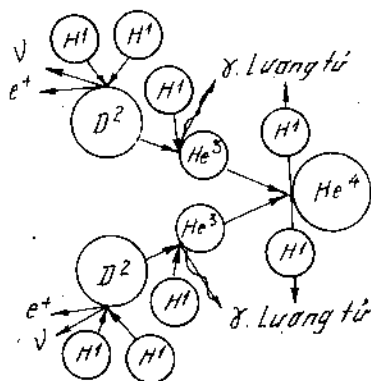
Sự tổng hợp hạt nhân xảy ra khi khoảng cách giữa chúng phải $r \leq 10^{-15} \text{ m}$. Như vậy điều kiện để xảy ra phản ứng nhiệt hạt nhân là phải có nhiệt độ.

$$T \geq \frac{Z_1 Z_2 e^2}{3rk}$$

$$T \geq 55 \cdot 10^6 Z_1 Z_2 \text{ độ.}$$

Đối với các hạt nhân hiđrô thì :

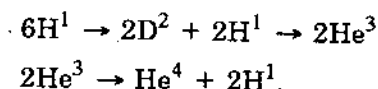
$$T \geq 55 \cdot 10^6 \text{ độ.}$$



Hình 98

Trong thực tế thì phản ứng nhiệt hạt nhân đã có thể xảy ra ở nhiệt độ thấp hơn (vì động năng tính ở trên là động năng trung bình).

Nhiệt độ trong nhân Mặt Trời lên đến hàng chục triệu độ, tức là có điều kiện để xảy ra phản ứng nhiệt hạt nhân chuyển hiđrô thành hêli. Theo các nhà vật lý hạt nhân thì trong lòng Mặt Trời có khả năng xảy ra 2 loại phản ứng : Loại có chất xúc tác là cacbon và loại có giai đoạn trung gian với sự tạo thành đơteri D^2 . Loại phản ứng thứ hai này có khả năng xảy ra :



Điều quan trọng là khối lượng của 4 hạt nhân hiđrô lớn hơn khối lượng của 1 hạt nhân hêli. Độ hụt khối trong phản ứng là cơ chế giải phóng năng lượng được tính theo công thức Anhxtanh :

$$E = \Delta mc^2$$

Năng lượng giải phóng trong phản ứng tổng hợp 4 hạt nhân hiđrô thành 1 hạt nhân hêli là :

$$E = \Delta mc^2 = (4m_H - m_{He})c^2.$$

Nếu có 1g hạt nhân hiđrô chuyển thành hạt nhân hêli thì $\Delta m = 0,01g$ và năng lượng giải phóng đã rất lớn vào khoảng 10^{12}Jun .

§96. CẤU TẠO CỦA MẶT TRỜI

Hàng ngày ta thấy Mặt Trời dưới dạng một đĩa sáng có bán kính góc khoảng $16'$. Đó là quang cầu. Quang phổ của quang cầu là quang phổ liên tục. Bao quanh quang cầu là khí quyển. Chính các phân tử vật chất trong khí quyển này đã tạo nên những vạch hấp thụ trên nền quang phổ liên tục của quang cầu.

1. Quang cầu

Quang cầu là lớp cầu khí nóng sáng có độ dày vài ba trăm km. Mật độ vật chất của nó vào khoảng 10^{16} – 10^{17} hạt/cm³, nhiệt độ khoảng 6000K. Trong điều kiện đó, các nguyên tố Na, K, Ca có thể tồn tại ở trạng thái ion, còn các nguyên tố khác như hiđrô ở trạng thái trung hòa. Mật độ quang cầu có độ chói sáng không đều. Độ chói giảm dần từ tâm ra bờ đĩa. Điều này chứng tỏ nhiệt độ tăng dần theo độ sâu. Ngoài ra nếu quan sát bằng kính thiên văn thì mặt có cấu tạo hạt (bao gồm những hạt sáng kích thước khoảng 1" (hay 700km) liên tục biến đổi trên một nền sẫm tối). Các vạch quang phổ của các hạt dịch về phía tím, ngược lại các vạch của miền sẫm tối lại dịch về phía đỏ. Như vậy vật chất trong mỗi hạt được nâng lên và vật chất bao quanh hạt (miền sẫm tối) lại chuyển động hướng vào trong. Vận tốc chuyển động nâng lên và hạ xuống vào khoảng 1 – 2 km/s.

Các hạt là biểu hiện của hiện tượng đối lưu của vật chất từ lớp dưới lên mặt quang cầu. Các dòng vật chất từ dưới cuộn lên, càng đến gần mặt quang cầu thì lực ma sát càng mạnh (vì có nhiệt độ thấp hơn) nên vận tốc giảm dần cho đến dừng lại và rồi hạ xuống. Như vậy ta có thể nói mặt quang cầu liên tục bị các dòng vật chất bắn phá từ dưới lên. Sự bắn phá này gây nên kích động nhiễu loạn, làm cho quang cầu dao động và tạo thành những sóng dao động trong vật chất quang cầu như những sóng âm trong không khí.

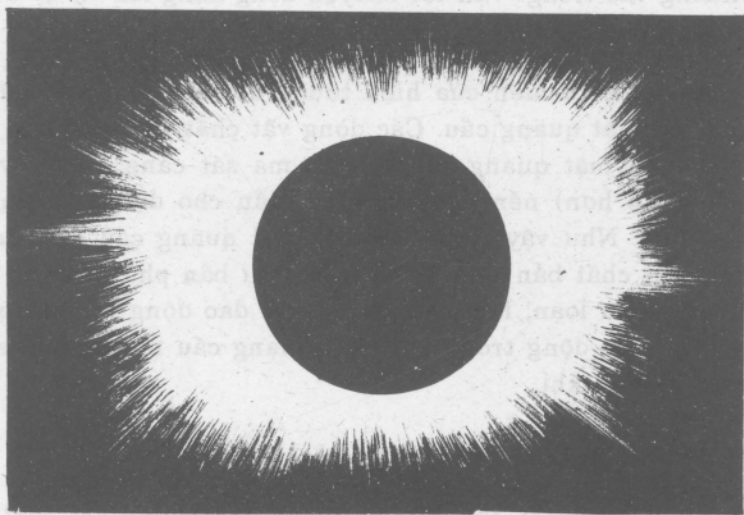
2. Các lớp ngoài quang cầu

Cũng như Trái Đất, bao quanh quang cầu có lớp vật chất với mật độ rất thấp và được gọi là khí quyển. Khí quyển có cấu tạo rất phức tạp, có thể chia ra hai lớp khác nhau : sắc cầu và nhật hoa. Sắc cầu là lớp nằm tiếp giáp với quang cầu. Vật chất ở phần dưới của sắc cầu có nhiệt độ khoảng 4500°. Đến một độ cao nào đó thì nhiệt độ tăng. Lớp ngoài cùng có nhiệt độ cao đến hàng triệu độ được gọi là nhật hoa.

Sắc cầu : Sắc cầu có độ chói sáng kém hơn quang cầu đến hàng trăm lần. Vì vậy người ta chỉ có thể quan sát trực tiếp được sắc cầu (khi có nhật thực toàn phần. Lúc này phổ của nó là phổ vạch phát xạ gồm những vạch của các nguyên tử iôn hóa hay ở trạng thái kích thích như các vạch của các iôn canxi, hiđrô, hêli... : Điều này chứng tỏ nhiệt độ của sắc cầu tăng theo độ cao.

Cấu tạo của sắc cầu cũng không đồng nhất. Trong sắc cầu thường có những dòng cuộn từ dưới lên trên với vận tốc hàng chục km/s.

Nhật hoa : Trên sắc cầu là nhật hoa. Độ chói sáng của nhật hoa yếu hơn của sắc cầu đến hàng ngàn lần, và dĩ nhiên nhật hoa cũng chỉ có thể quan sát được trong thời gian nhật thực toàn phần (H. 99).



Hình 99 - Nhật hoa.

Nhật hoa có dạng tia (giống như *tai hoa*) và biến đổi rõ rệt theo thời gian. Phổ nhật hoa rất đặc biệt. Nó là một quang phổ liên tục (yếu) trên đó nổi rõ lên những vạch phát xạ.

Phổ liên tục yếu của nhật hoa chứng tỏ vật chất thưa thớt của nó có khả năng tán xạ mạnh ánh sáng của quang cầu. Các vạch phát xạ trong phổ nhật hoa thuộc về các nguyên tố ở trạng thái ion hóa bậc rất cao (Fe XIV, Fe XIII, Fe XI, Ni XVI, Ni XV, Ni XIII, Ca XV, Ca XII, Ar X...). Điều này chứng tỏ rằng nhật hoa tồn tại dưới dạng plasma rất loãng và có nhiệt độ rất cao.

§97. SỰ HOẠT ĐỘNG CỦA MẶT TRỜI

Trong khí quyển của Mặt Trời thường xuất hiện những tâm hoạt động có tính chất khác hẳn với khu vực lân cận. Dấu hiệu chung của sự xuất hiện các tâm hoạt động này là sự xuất hiện từ trường với cường độ lớn (lớn hơn cường độ từ trường chung của Mặt Trời đến hàng trăm, hàng ngàn lần). Ở mỗi tâm hoạt động có nhiều loại "dấu vết" khác nhau.

1. Trường sáng

Trên mặt quang cầu có nơi, có lúc xuất hiện những vùng sáng hẳn lên (so với xung quanh) được gọi là trường sáng. Trường sáng có diện tích khá rộng và tồn tại khá lâu dưới dạng những vết, những đốm sáng. Nhiệt độ của trường sáng cao hơn của quang cầu đến 200 - 300°.

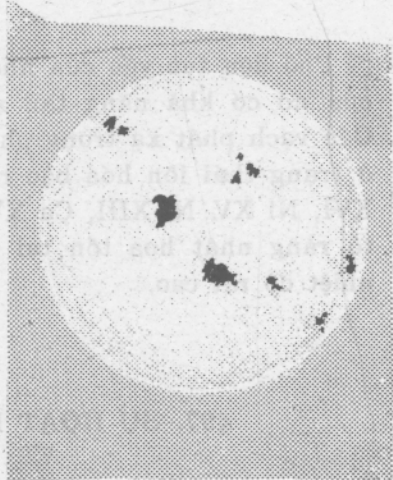
2. Vết đen

Trong vùng các trường sáng có từ trường mạnh thường xuất hiện các vết đen (H. 100).

Vật chất trong vết đen có nhiệt độ thấp hơn của quang cầu đến vài ngàn độ.

Thoạt đầu, nó xuất hiện dưới dạng một chấm mờ, sau đó lan rộng dần và độ đen đậm dần thành vết rõ rệt. Đường kính của

những vết lớn có thể đến hàng ngàn km. Trong quá trình phát triển thì từ trường tăng lên dần. Vết đen thường xuất hiện thành từng nhóm, đặc biệt là các nhóm đôi. Trong hai vết của nhóm đôi có từ trường khác cực. Tuổi thọ của vết đen có khi kéo dài đến hàng tuần, hàng tháng.



Hình 100
Các vết đen Mặt Trời

Sự xuất hiện vết đen có thể được giải thích qua tác động của từ trường lên chuyển động đối lưu của vật chất trong lớp quang cầu. Từ trường mạnh ngăn cản sự chuyển động của dòng vật chất đối lưu theo phương thẳng góc với đường cảm ứng từ của nó. Dòng vật chất chuyển động từ dưới lên trên bị hãm chậm lại, tức là khả năng di chuyển của lớp vật chất ở nhiệt độ cao (lớp sâu trong quang cầu) lên mặt quang cầu chậm hơn so với khu vực xung quanh, kết quả là có nhiệt độ thấp hơn (ta thấy đen là do sự tương phản giữa hai vùng có nhiệt độ khác nhau – độ chói khác nhau, thực ra nhiệt độ của vết còn khá cao, khoảng 4000°).

Sự xuất hiện của từ trường có thể giải thích như sau : Theo Anven thì ở đáy tầng đối lưu có khả năng xuất hiện những tâm từ. Nguyên nhân xuất hiện này có thể là do lớp plasma nhiễu loạn giữa các miền có mật độ electron và nhiệt độ khác nhau, hình thành dòng điện và từ đó tạo nên một từ trường địa phương yếu. Nếu như có một khả năng nào đó chuyển động năng của

vật chất $\rho v^2/2$ thành năng lượng từ $\frac{B^2}{8\pi\mu^2}$ thì cảm ứng từ tăng dần lên. Trong trường hợp này vì độ dẫn điện của vật chất lớn nên các đường cảm ứng từ bị "đóng keo" vào vật chất đó. Ta đã

biết trong môi trường vật chất nằm yên thì mọi biến thiên của từ trường đều bị dòng cảm ứng ngăn cản và từ trường chỉ có thể biến thiên khi các đường cảm ứng từ cùng dịch chuyển với dòng vật chất đó. Như vậy dòng chuyển động đối lưu đã "nấn thẳng" các đường cảm ứng từ, làm tăng độ dài của "ống từ". Các đường cảm ứng từ được dồn gần lại với nhau làm cho từ trường tăng mạnh lên.

Theo Fecmi và nhiều người khác thì quá trình tăng từ trường này kéo dài cho đến khi thỏa mãn đẳng thức :

$$\frac{B^2}{8\pi\mu^2} = \rho \frac{v^2}{2}$$

Trong vùng đối lưu thì $\rho = 3.10^{-4} \text{ kg/dm}^3$ và $v = 0,5\text{km/s}$, do đó cảm ứng từ (B) có thể đạt đến $0,1 \div 0,2$ phần trăm Tesla (từ trường Trái Đất khoảng 10^{-5} tesla).

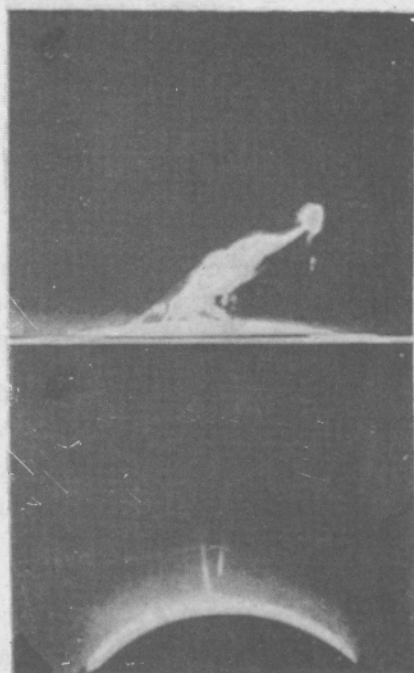
3. Bùng nổ

Ở khu vực gần các vết đen có từ trường mạnh, thường xuất hiện những bùng nổ có độ chói sáng tăng đột ngột lên hàng triệu lần trong vài chục phút rồi từ từ giảm dần.

Từ các bùng nổ phóng ra nhiều loại tia khác nhau : tia vũ trụ năng lượng thấp, tia rơnghen, bức xạ vô tuyến. Ngoài ra còn có các dòng hạt tiếp điểm với vận tốc khoảng 1000km/s . Các loại bức xạ này có ảnh hưởng rõ rệt đến nhiều hiện tượng vật lí địa cầu (§99).

4. Tai lửa

Một biểu hiện nữa về sự hoạt động của Mặt Trời quan sát được trong nhật hoa là tai lửa (H. 101). Nó là dòng vật chất có mật độ dày đặc và nguội hơn so với vật chất trong sắc cầu phóng lên nhật hoa. Tai lửa có dạng và kích thước khác nhau, thông thường có dạng phẳng, rộng hàng ngàn kilômét và dài đến hàng trăm ngàn kilômét.



Hình 101 - Tai lửa

§98. CHU KÌ HOẠT ĐỘNG CỦA MẶT TRỜI

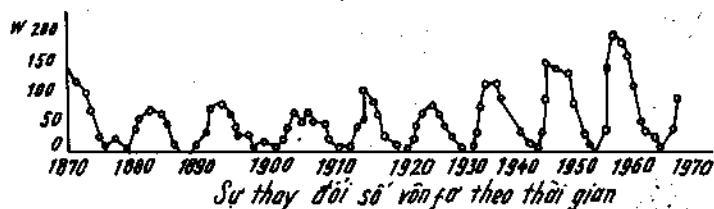
Số vết đen, bùng nổ, tai lửa... xuất hiện trên Mặt Trời biến thiên có chu kì. Nơi xuất hiện của chúng được gọi là tâm hoạt động. Đầu tiên ta thấy trường sáng hình thành, tiếp đến là các vết đen. Bùng nổ (nếu có) thường xảy ra ở thời kì vết đen phát triển mạnh. Còn tai lửa tiếp tục hoạt động cho đến khi toàn bộ biến mất. Thời kì có nhiều tâm hoạt động như vậy được gọi là thời kì Mặt Trời hoạt động. Thời kì không có tâm hoạt động nào hay rất ít được gọi là thời kì Mặt Trời tĩnh.

Trong các dạng hoạt động thì vết đen và trường sáng là có thể quan sát dễ dàng qua các kính thiên văn.

Theo tính chất xuất hiện đồng loạt của các loại hoạt động trên mà người ta đã lấy vết đen làm đặc trưng cho mức độ hoạt động của Mặt Trời, thông qua một con số quy ước được gọi là số Vônơ W.

$$W = k(10g + f)$$

trong đó k là hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào từng loại kính quan sát, g là số nhóm vết đen, f là tổng số các vết đen (kể cả vết riêng lẻ và ở trong các nhóm). Số Vônơ quan trắc hàng ngày được quy về trung bình tháng hay năm và được biểu diễn lên đồ thị. Hình 102 là đồ thị biến thiên của số Vônơ theo thời gian trong 100 năm từ năm 1870 đến năm 1970.



Hình 102

Qua đồ thị ta thấy sự hoạt động của Mặt Trời xảy ra có chu kì.

Nhìn chung chu kì này (có trị số trung bình vào khoảng 11 năm).

Nguyên nhân gây ra hoạt động của Mặt Trời rất phức tạp. Có thể cho rằng sự hoạt động của Mặt Trời gắn với những quá trình dao động xảy ra ở lớp dưới của quang cầu (dưới tầng đối lưu) trong đó sự hình thành từ trường địa phương đóng vai trò quan trọng.

§99. LIÊN QUAN GIỮA HOẠT ĐỘNG CỦA MẶT TRỜI VÀ MỘT SỐ HIỆN TƯỢNG VẬT LÝ ĐỊA CẦU

Trong thời kì Mặt Trời hoạt động, cụ thể khi có bùng nổ thì dòng bức xạ từ tâm hoạt động này mạnh hẳn lên (các tia vũ trụ, tia rơnghen, và các dòng hạt mang điện). Truyền đến Trái Đất các loại bức xạ trên gây ảnh hưởng đến một số hiện tượng vật lý địa cầu như làm rối loạn về liên lạc vô tuyến sóng ngắn, bão từ...

1. Rối loạn vô tuyến

Trong khí quyển Trái Đất có những tầng được cấu tạo bởi các electron ở các độ cao khác nhau và được gọi là các tầng điện li.

Tùy theo mật độ electron (n_e) của mỗi tầng mà nó có khả năng làm phản xạ hay cho truyền qua những sóng vô tuyến có tần số (N) khác nhau. Mật độ electron càng lớn thì sóng phản xạ có tần số càng lớn

$$n_e \sim N^2$$

Ta biết rằng, trong liên lạc xa bằng vô tuyến thì phải dùng sóng ngắn (tần số lớn) vì sóng ngắn có khả năng phản xạ từ các tầng điện li và do đó có điều kiện để truyền đến mọi nơi trên mặt đất. Trong thời kì Mặt Trời hoạt động mạnh, các dòng tia rơnghen được tăng cường (bắn phá các phân tử khí mạnh hơn) làm cho mật độ electron của tầng điện li tăng lên đột ngột. Các sóng ngắn vô tuyến từ các đài phát nói chung là thích hợp đối với trạng thái ổn định (bình thường) của tầng điện li thì nay

không thỏa mãn điều kiện phản xạ nữa. Lúc này sự liên lạc bằng vô tuyến sóng ngắn bị rối loạn, có khi bị mất hẳn.

2. Bão từ

Nói chung từ trường của Trái Đất khá ổn định, được thể hiện qua kim chỉ của địa bàn. Kim địa bàn chỉ theo hướng Bắc Nam địa từ, song có thời kì nó dao động rất mạnh và ta nói có bão từ.

Kết quả quan sát chứng tỏ rằng bão từ xảy ra sau khoảng 20 giờ kể từ khi trên Mặt Trời có bùng nổ. Điều đó cho phép ta nghĩ tới nguyên nhân gây bão từ là do dòng hạt mang điện phóng ra từ bùng nổ và tác dụng lên các đường cảm ứng từ của Trái Đất. Theo giả thuyết của nhiều nhà vật lí thì dòng hạt mang điện này có tính dẫn điện cao, "mang" theo một phần từ trường của vết đen (Tên lửa vũ trụ Liên Xô cũ đã đo được từ trường của dòng hạt này vào khoảng $6 \cdot 10^{-9}$ tesla). Dòng hạt này có đặc tính phân từ, ép các đường cảm ứng từ của Trái Đất làm cho từ trường nơi bị ép tăng lên. Mặt khác do từ trường biến thiên nên trong dòng hạt lại xuất hiện dòng cảm ứng có từ trường chống lại sự biến thiên của từ trường đã gây ra nó. Hiện tượng này tiếp diễn - từ trường của Trái Đất thẳng giáng làm cho kim địa bàn dao động.

Sự hoạt động của Mặt Trời có ảnh hưởng đến khí hậu thời tiết hay không ?

Kể từ năm 1980 với phương pháp đo năng lượng bức xạ của Mặt Trời với độ chính xác cao đã nghiệm thấy vào thời kì Mặt Trời hoạt động (có nhiều vết đen) thì năng lượng bức xạ lớn hơn thời kì Mặt Trời tĩnh khoảng 0,1%. Như vậy đại lượng gọi là hằng số Mặt Trời đã trình bày ở §93 thực ra không hoàn toàn là một hằng số.

Trong thời kì Mặt Trời hoạt động nhiệt độ toàn cầu có phần nào tăng lên, đặc biệt là trong 10 năm qua. Theo đa số các chuyên gia thì sự nóng lên của khí hậu không phải chỉ bởi hoạt động của Mặt Trời mà chủ yếu bởi hiệu ứng nhà kính do chất thải công nghiệp của con người gây ra.

Chương XII

CÁC SAO

Sao là dạng tồn tại của vật chất phổ biến nhất trong vũ trụ. Mỗi sao là một Mặt Trời - một quả cầu khí khổng lồ nóng sáng.

Trong vũ trụ có vô số sao. Thế giới các sao là muôn hình muôn vẻ. Để thuận tiện cho việc nghiên cứu người ta đã phân loại các sao thành từng loại có đặc tính vật lí giống nhau. Đa số các sao ở giai đoạn ổn định (có các đại lượng đặc trưng như kích thước nhiệt độ... không đổi). Chương này trình bày phương pháp xác định các đại lượng đặc trưng của các sao, điếm qua một số kết quả nghiên cứu và khái niệm về tiến hóa của các sao.

§100. CẤP SAO

Để khảo sát các sao về độ rọi (độ sáng nhìn thấy) và về năng lượng bức xạ người ta dùng khái niệm cấp sao. Cấp sao được chia ra 2 loại : Cấp sao nhìn thấy và cấp sao tuyệt đối.

1. Cấp sao nhìn thấy (m)

Cấp sao nhìn thấy là thang xác định độ rọi của các sao. Nếu gọi quang thông Φ của một nguồn sáng truyền đến một diện tích S (chẳng hạn đến con ngươi hay vật kính của kính thiên văn), thì độ rọi là :

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Độ rọi là cơ sở để xác định cấp sao nhìn thấy.

Theo quy ước thì sao có độ rọi càng lớn ứng với cấp sao nhìn thấy càng bé ; hai sao khác nhau 5 cấp có độ rọi khác nhau 100

lần. Với quy ước này, thì hai sao có cấp sao khác nhau 1 cấp có độ rọi khác nhau 2,512 lần ($\sqrt[5]{100} = 2,512$). Cụ thể sao cấp một có độ rọi lớn hơn sao cấp hai là 2,512 lần, sao cấp hai có độ rọi lớn hơn sao cấp ba là 2,512 lần... Một cách tổng quát, hai sao khác nhau n cấp thì có độ rọi khác nhau $(2,512)^n$ lần. Từ đó ta dễ dàng lập biểu thức liên hệ giữa độ rọi E_1 và E_2 của hai sao có cấp sao nhìn thấy tương ứng là m_1 và m_2

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)} \quad (12.1)$$

Cấp số không (0) được quy ước cho các sao nhìn thấy sáng nhất trong bầu trời. Cấp sao của Mặt Trời, Mặt Trăng có trị số âm. Dưới đây là bảng cấp sao nhìn thấy của một số thiên thể :

Thiên thể	Cấp sao nhìn thấy (m)
Mặt Trời	-26,7
Trăng tròn	-12,6
Sao Thiên Lang	-1,3
Sao Chức Nữ	+0,1
Sao Bắc Cực	+2,15

Sao mờ nhất mà mắt ta còn thấy được có cấp 6. Bằng ống nhòm trung bình ta có thể nhìn được các sao đến cấp 10. Với kính thiên văn hiện đại ta có thể nhìn thấy được các sao cấp trên 20.

Cần nhấn mạnh rằng cấp sao nhìn thấy (m) của các sao là đại lượng có thể xác định được (thông qua độ rọi), song không biểu thị năng lượng bức xạ thực có của các sao.

2. Cấp sao tuyệt đối (M)

Rõ ràng cấp sao nhìn thấy không chỉ phụ thuộc vào năng lượng bức xạ mà còn phụ thuộc khoảng cách từ thiên thể khảo sát đến Trái Đất. Để so sánh năng lượng thực có của các sao người ta đã dùng khái niệm cấp sao tuyệt đối.

Cấp sao tuyệt đối (M) của các sao được quy ước là cấp sao "nhìn thấy" của chúng nếu như khoảng cách từ chúng đến Trái Đất bằng nhau. Khoảng cách quy ước này là 10 parsec (khoảng cách 1 parsec ứng với thị sai hàng năm bằng 1 giây). Ta có thể xác định cấp sao tuyệt đối M của các sao qua cấp sao nhìn thấy m và thị sai năm của chúng. Thật vậy, nếu gọi m là cấp sao nhìn thấy của một sao (với khoảng cách thực là d parsec) và m' là cấp sao nhìn thấy của sao đó (nếu như nó ở cách ta 10 parsec) thì m' theo quy ước sẽ là cấp sao tuyệt đối M của sao đó. Vì độ rọi (E) tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách nên có đẳng thức :

$$\frac{E_m}{E_{m'}} = \frac{E_m}{E_M} = \left(\frac{10}{d}\right)^2 \quad (12.2)$$

Từ (12.1) và (12.2) ta có :

$$\frac{E_m}{E_M} = \left(\frac{10}{d}\right)^2 = 2,512^{M-m} \quad (12.3)$$

Lấy lôgarit hai vế ta được :

$$2\lg 10 - 2\lg d = (M - m)\lg 2,512$$

$$2 - 2\lg d = (M - m)0,4$$

$$5 - 5\lg d = M - m$$

$$M = m + 5 - 5\lg d. \quad (12.4)$$

Vì thị sai năm π và khoảng cách d của thiên thể (tính theo parsec) liên hệ với nhau theo công thức $d = 1/\pi$ nên (12.4) có dạng :

$$M = m + 5 + 5\lg \pi. \quad (12.5)$$

Công thức (12.5) cho phép xác định cấp sao tuyệt đối M khi biết cấp sao nhìn thấy m và thị sai năm π của sao.

Chẳng hạn Mặt Trời có cấp sao nhìn thấy $m_{\odot} = -26,8$ có khoảng cách $d = 1 \text{ đ.v.t.v.} = \frac{1}{206265} \text{ ps}$, thì cấp sao tuyệt đối $M_{\odot}$ của nó bằng :

$$M_{\odot} = -26,8 + 5 + 26,6 = 4,8.$$

§101. XÁC ĐỊNH CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CỦA CÁC SAO

1. Công suất bức xạ. Độ trung

Khi biết cấp sao nhìn thấy của 2 sao thì ta tính được tỉ số độ rọi của chúng theo (12.1). Cũng như vậy nếu biết cấp sao tuyệt đối của hai sao thì ta tính được tỉ số công suất bức xạ toàn phần của chúng. Nếu gọi W_1 , W_2 và M_1 , M_2 lần lượt là công suất bức xạ và cấp sao tuyệt đối của hai sao thì :

$$\frac{W_1}{W_2} = 2,512^{M_2 - M_1}$$

Trong Thiên văn học người ta thường tính công suất bức xạ của các sao theo công suất bức xạ của Mặt Trời và được kí hiệu bằng chữ L.

$$L = \frac{W}{W_{\odot}} = 2,512^{M_{\odot} - M}$$

Ví dụ sao Thiên Lang có cấp sao tuyệt đối bằng 1,3 thì độ trung L của nó là

$$L = 2,512^{4,8 - 1,3} = 25$$

Như vậy sao Thiên Lang có công suất bức xạ năng lượng lớn hơn của Mặt Trời đến 25 lần.

Các kết quả quan trắc cho biết công suất bức xạ của các sao có trị số rất khác nhau. Mặt Trời là sao có công suất vào cỡ

trung bình. Có những sao có độ trung lớn đến hàng chục ngàn, ngược lại có những sao có độ trung bé (một vài phần trăm).

2. Xác định bán kính

Các sao tuy có kích thước rất lớn nhưng vì ở quá xa nên ta không thể trực tiếp xác định bán kính của chúng bằng phương pháp thiên văn đo đạc (đo bán kính góc). Có nhiều phương pháp gián tiếp xác định bán kính của các sao. Phương pháp được sử dụng rộng rãi là xác định qua độ trung và nhiệt độ hiệu dụng của sao. Cụ thể là :

Từ công suất bức xạ của sao :

$$W = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (12.7)$$

và công suất bức xạ của Mặt Trời

$$W_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma T_{\odot}^4 \quad (12.8)$$

Ta có độ trung của sao L :

$$L = \frac{W}{W_{\odot}} = \frac{R^2 T^4}{R_{\odot}^2 T_{\odot}^4}$$

và từ đó bán kính R của sao là :

$$R = \sqrt{L} \left(\frac{T_{\odot}}{T} \right)^2 R_{\odot} \quad (12.9)$$

Ví dụ sao Thiên Lang có $T = 10\,000^{\circ}$, có L bằng 25 thì bán kính của nó là :

$$R = 1,8R_{\odot}$$

Bán kính của các sao đã xác định được có trị số rất khác nhau. Các sao được gọi là khổng lồ lớn hơn Mặt Trời đến hàng ngàn lần, ngược lại có những sao bé hơn Mặt Trời đến hàng trăm, hàng ngàn lần.

3. Xác định khối lượng

Phương pháp đã biết để xác định khối lượng các sao là dựa vào định luật 3 Képle. Như vậy bằng phương pháp này ta không thể xác định được khối lượng của các sao đơn trong không gian mà chỉ có thể xác định khối lượng của các sao đôi vật lí tức là các cặp sao chuyển động quanh khối tâm chung của chúng dưới tác dụng của lực hấp dẫn tương hỗ :

Gọi T là chu kì và a là bán trục lớn của quỹ đạo chuyển động của sao vệ tinh đối với sao chính thì theo định luật 3 Képle ta có :

$$\frac{T^2(M_1 + M_2)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G} \quad (12.10)$$

trong đó M_1 và M_2 là khối lượng của hai sao đó.

Đối với hệ Mặt Trời và Trái Đất ta có :

$$\frac{T_o^2(M_\odot + M)}{a_o^3} = \frac{4\pi^2}{G} \quad (12.11)$$

trong đó T là chu kì và a là bán kính trục lớn quỹ đạo chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời. Từ (12.10) và (12.11) ta rút được đẳng thức :

$$\frac{M_1 + M_2}{M_\odot + M} = \left(\frac{a}{a_o}\right)^3 \left(\frac{T_o}{T}\right)^2$$

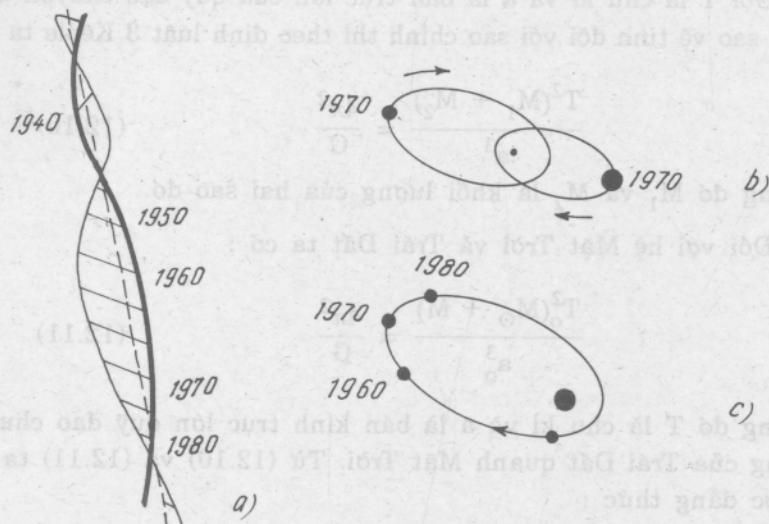
Ví dụ đối với sao đôi Cận Tinh (trong chòm sao Nhân Mã) có chu kì chuyển động của sao vệ tinh $T = 80$ năm, bán trục lớn quỹ đạo $a = 22\text{đ.v.t.v}$ thì :

$$\frac{M_1 + M_2}{M_\odot + M} = (22)^3 \cdot \left(\frac{1}{80}\right)^2 = 1,7. \quad (12.12)$$

Từ đó : $M_1 + M_2 = 1,7(M_\odot + M)$
hay $M_1 + M_2 \approx 1,7M_\odot$

Như vậy sao đôi Cận Tinh có khối lượng vào khoảng 1,7 lần khối lượng của Mặt Trời.

Lịch sử phát hiện sao đôi bắt đầu từ giữa thế kỉ XIX. Năm 1844 Betxen nhận thấy sao Thiên Lang chuyển động trên nền trời theo một quỹ đạo có dạng hình sin. Ông cho rằng Thiên Lang phải là sao đôi, nghĩa là ngoài sao Thiên Lang chính còn có một sao vệ tinh. Sau đó 18 năm Clac đã quan sát được sao vệ tinh dự đoán đó.



Hình 103

Trên hình 103a quỹ đạo của sao chính là đường nét đậm, quỹ đạo của sao vệ tinh là đường nét thanh, quỹ đạo của khối tâm là đường thẳng ngắt quãng. Hình 103b minh họa quỹ đạo của hai sao quanh khối tâm chung, hình 103c minh họa quỹ đạo của sao vệ tinh quanh sao chính. Qua kết quả quan trắc, người ta đã tính được chu kì chuyển động của sao vệ tinh quanh sao chính bằng 50 năm với bán trục lớn quỹ đạo bằng 20 đ.v.t.v.

Dùng công thức (12.12) ta tính được khối lượng của sao đôi Thiên Lang ($M_{TL} + M_{VT}$) lớn hơn khối lượng của Mặt Trời trên 3 lần.

$$M_{TL} + M_{VT} = \frac{(20)^3}{(50)^2} M_{\odot} = 3,2M_{\odot}$$

Quỹ đạo chuyển động (H. 103) cho thấy tại mọi thời điểm khoảng cách từ sao vệ tinh đến khối tâm lớn hơn khoảng cách từ sao chính đến khối tâm khoảng 2 lần. Như vậy theo định luật khối tâm ta có thể khẳng định khối lượng của sao chính lớn gấp đôi khối lượng của sao vệ tinh.

$$\begin{aligned} M_{TL} &= 2M_{VT} \\ \text{và do đó} \quad M_{TL} &= 2M_{\odot} \end{aligned}$$

Các sao đã nghiên cứu có khối lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến vài ba chục lần lớn hơn khối lượng của Mặt Trời.

§102. PHÂN LOẠI CÁC SAO THEO QUANG PHỔ

Để nghiên cứu thế giới các sao người ta đã tìm cách phân loại chúng. Tín hiệu phân biệt đầu tiên là nhiệt độ, biểu hiện qua màu sắc và qua đặc tính của phổ vạch của chúng.

Cũng như đối với Mặt Trời, quang phổ của các sao là quang phổ liên tục trên đó có các vạch thường là những vạch hấp thụ. Đặc tính khác nhau cơ bản của các quang phổ là số vạch, bước sóng của từng vạch và cường độ của các vạch. Các đặc tính này phụ thuộc vào nguyên tố hóa học cấu tạo nên các sao, nhiệt độ của quang cầu và tỉ lệ các nguyên tố.

Theo quy ước người ta đã xếp quang phổ của các sao thành 8 loại chính, được kí hiệu qua 8 chữ cái :

W - O - B - A - F - G - K - M

Bảng VIII dưới đây ghi các đặc trưng cơ bản của từng loại quang phổ.

Bảng VIII

Loại	Nhiệt độ	Màu	Các vạch quang phổ nổi bật
W*	50 000	Lam	Vạch phát xạ He^+ , He và N
O	30 000	Lam	Vạch hấp thụ He^+ , He, H và ion C, Si, N, O
B	20 000	Trắng lam	Vạch He
A	10 000	Trắng	Vạch H
F	8 000	Trắng vàng	Vạch Ca^+ , Mg^+ ... vạch H yếu
G**	6 000	Vàng	Vạch Ca^+ , Fe, Ti...
K	4 000	Đa cam	Vạch Fe, Ti
M	3 000	Đỏ	Dải hấp thụ của phân tử TiO

* Chỉ trong quang phổ loại W mới có các vạch phát xạ. Các sao thuộc loại này còn được gọi là sao Vonfơ-Rai (tên hai nhà khoa học đầu tiên phát hiện các vạch này).

** Mặt Trời là sao có quang phổ thuộc loại G.

§103. HỌA ĐỒ QUANG PHỔ - ĐỘ TRUNG

Nhà thiên văn Hecsprung (Hà Lan) và nhà thiên văn Rotxen (Mĩ) đã xác lập mối liên hệ giữa quang phổ và độ trung của các sao bằng họa đồ. Mỗi sao được đánh dấu bằng một chấm trên họa đồ thông qua cặp thông số : quang phổ - độ trung hay cũng là nhiệt độ - cấp sao tuyệt đối. Hình 104 là họa đồ Hecsprung - Rotxen, trục hoành ghi loại quang phổ (nhiệt độ) trục tung ghi độ trung (cấp sao tuyệt đối).

Nếu như giữa độ trung (L) và loại quang phổ của sao không có mối liên hệ hàm số nào thì các chấm sẽ được phân bố đồng đều trên họa đồ. Thực ra các chấm được tập trung vào những khu vực xác định. Tuyệt đại đa số các chấm tập trung theo một dải hẹp kéo dài từ góc trái - trên xuống góc phải - dưới. Dải này được gọi là dải chính (dải I). Vị trí của Mặt Trời trên dải này được ghi bằng dấu +.

Ngoài ra còn có một số chấm (sao) tập trung vào khu vực phải - trên (dải II), một số ít chấm tập trung vào khu vực trái - dưới (dải III).

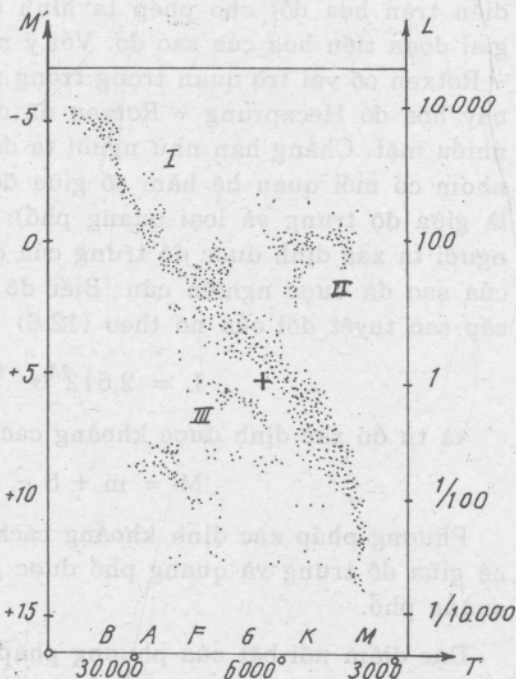
Từ công thức (12.7) :

- $W = 4\pi R^2 \sigma T^4$ và mật độ các chấm (các sao) trên họa đồ ta có mấy kết luận sau :

- Các sao thuộc dải II (quang phổ G - M hay nhiệt độ $6000^\circ - 3000^\circ$) với cấp sao tuyệt đối vào cỡ bằng không (độ trung $L = 100$) là những sao có kích thước rất lớn so với các sao cùng loại quang phổ thuộc dải chính (chẳng hạn so với Mặt Trời). Các sao thuộc dải II được gọi là các sao khổng lồ hay sao kênh. Rõ ràng các sao kênh mà các chấm biểu diễn nằm ở phần cao trong khu vực

II này có kích thước vô cùng lớn. Chúng được gọi là sao siêu kênh. Mật độ số chấm trên họa đồ cho thấy tỉ lệ các loại sao : ứng với mỗi sao siêu kênh có khoảng 1000 sao kênh và có đến hàng chục triệu sao thường (thuộc dải chính).

- Các sao thuộc dải III (quang phổ A - F hay nhiệt độ $10\,000^\circ - 8000^\circ$) với cấp sao tuyệt đối vào khoảng +10 có kích thước bé hơn nhiều so với các sao cùng loại quang phổ nằm trên dải chính. Chúng được gọi là các sao lùn hay sao trát. Rõ ràng những sao trát (những chấm) nằm sâu ở góc trái dưới (nhiệt độ rất cao nhưng độ trung rất nhỏ) có kích thước càng bé. Chúng được gọi là các sao trát trắng (lùn trắng).



Hình 104

Họa đồ quang phổ - độ trung cho ta hình ảnh phân bố các sao thành từng nhóm (các sao trong mỗi nhóm có tính chất vật lý giống nhau). Như vậy vị trí của mỗi sao (thông qua chấm biểu diễn trên họa đồ) cho phép ta hình dung lý tính và có thể cả giai đoạn tiến hóa của sao đó. Với ý nghĩa ấy họa đồ Hecxprung - Rotxen có vai trò quan trọng trong ngành thiên văn sao. Ngày nay họa đồ Hecxprung - Rotxen đã được khai thác nghiên cứu nhiều mặt. Chẳng hạn như người ta đã phân các sao thành từng nhóm có mối quan hệ hàm số giữa độ trung và nhiệt độ (cũng là giữa độ trung và loại quang phổ). Bằng hàm số liên hệ này người ta xác định được độ trung của các sao mỗi khi quang phổ của sao đã được nghiên cứu. Biết độ trung ta có thể xác định cấp sao tuyệt đối của nó theo (12.6)

$$L = 2,512^{M_{\odot} - M}$$

và từ đó xác định được khoảng cách (d) đến sao theo (12.4) :

$$M = m + 5 - 5 \lg d.$$

Phương pháp xác định khoảng cách đến các sao dựa vào liên hệ giữa độ trung và quang phổ được gọi là phương pháp thị sai quang phổ.

Đặc điểm nổi bật của phương pháp thị sai quang phổ (so với phương pháp đo khoảng cách bằng thị sai lượng giác) là ở chỗ nó cho phép ta xác định khoảng cách đến các sao ở rất xa.

Người ta cũng tìm được liên hệ giữa độ trung và khối lượng của các sao trong các dãy trên biểu đồ. Đối với các sao thuộc dải chính, công thức liên hệ rút ra được là :

$$L = M^{3,9}$$

Công thức thực nghiệm này cho phép xác định khối lượng các sao trong dải chính, kể cả các sao đơn, tức là những sao mà khối lượng của chúng không thể xác định theo định luật 3 Képle.

Đến đây ta càng rõ thêm ý nghĩa của họa đồ Hecxprung-Rotxen trong nghiên cứu thế giới các sao.

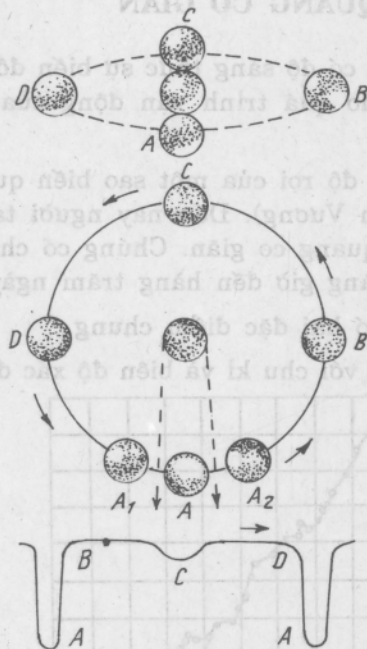
CÁC SAO BIẾN QUANG

Sao biến quang là các sao có các đại lượng vật lí đặc trưng biến đổi, thậm chí có trường hợp biến đổi rất đột ngột. Thuộc loại này có sao biến quang che khuất, sao biến quang co nở, sao biến quang đột biến, sao punxa... Qua nghiên cứu các sao này người ta hi vọng có thể hiểu sâu hơn cấu tạo bên trong của các sao và có thể cả sự tiến hóa của chúng nữa.

§104. SAO BIẾN QUANG DO CHE KHUẤT

Sao biến quang do che khuất là sao có độ rọi (cấp sao nhìn thấy) biến đổi. Cách đây gần 1000 năm, các nhà thiên văn Ả

Rập đã phát hiện sao β trong chòm Thiên Vương có độ sáng biến thiên với chu kì và biên độ xác định. Họ đã sửng sốt và đặt tên cho sao này là sao Angôn (có nghĩa là sao ma quỷ). Về sau người ta biết Angôn là sao đôi - hệ hai sao chuyển động quanh khối tâm chung với chu kì 2 ngày 20 giờ 49 phút. Một trong hai sao đó (sao chính) có độ sáng lớn hơn nhiều so với sao kia (sao vệ tinh). Rõ ràng độ sáng của từng sao không đổi nhưng trong quá trình chuyển động quanh khối tâm chung chúng lần lượt che khuất nhau, dẫn đến quang thông tổng cộng của chúng truyền đến ta biến đổi một cách tuần hoàn với chu kì bằng chu kì chuyển động của



Hình 105

chúng quanh khối tâm (cũng là chu kì chuyển động của sao vệ tinh quanh sao chính).

Hình 105 là đồ thị biến thiên quang thông tổng cộng của Angôn theo thời gian. Trong mỗi chu kì có hai cực tiểu. Cực tiểu mạnh ứng với thời điểm sao vệ tinh che sao chính, cực tiểu yếu ứng với thời điểm sao chính che sao vệ tinh.

Đến nay người ta đã quan sát được hàng vạn sao biến quang che khuất có đặc điểm biến thiên (biên độ, chu kì) khác nhau.

Nghiên cứu đặc điểm biến thiên của sao biến quang che khuất người ta có khả năng xác định khối lượng, kích thước, nhiệt độ hiệu dụng của các sao thành viên.

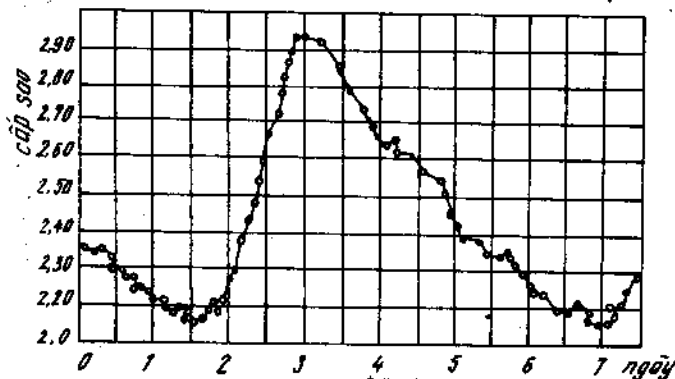
§105. SAO BIẾN QUANG CO GIÃN

Sao biến quang co giãn là sao có độ sáng thực sự biến đổi và biến đổi một cách tuần hoàn (do quá trình vận động của vật chất cấu tạo nên sao đó).

Hình 106 là đồ thị biến thiên độ rọi của một sao biến quang co giãn (sao δ trong chòm Thiên Vương). Đến nay người ta đã phát hiện trên 15 000 sao biến quang co giãn. Chúng có chu kì biến quang rất khác nhau (từ hàng giờ đến hàng trăm ngày).

Các sao biến quang co giãn có hai đặc điểm chung :

- Độ rọi biến thiên tuần hoàn với chu kì và biên độ xác định.



Hình 106

- Vận tốc của vật chất quan sát theo phương tia nhìn biến thiên cùng pha với biến thiên của độ rọi sáng.

Từ những đặc điểm trên, người ta cho rằng các sao biến quang này là những sao hiện có lớp vỏ đang ở trạng thái co giãn.

Trên họa đồ quang phổ - độ trung, các sao biến quang co giãn nằm trong khu vực ở khoảng giữa dải chính và dải sao kênh. Các sao biến quang nằm càng gần dải sao kênh, và càng ở phía phải của họa đồ có chu kì co giãn càng lớn. Điều này có nghĩa rằng các sao có khối lượng riêng càng nhỏ thì có chu kì co giãn càng lớn. Kết luận rút ra từ thực nghiệm quan sát này được lí thuyết chấp nhận. Edinixon chứng minh rằng đối với các sao ở trạng thái co giãn thì chu kì co giãn phải tỉ lệ ngược với căn số bậc hai của khối lượng riêng trung bình của chúng. Thuyết của Edinixon có thể tóm tắt như sau : Nếu như một sao đang ở trạng thái cân bằng khí động mà bỗng nhiên vì một lí do nào đó co lại thì sau đó, sẽ giãn ra và tiếp tục co giãn quanh vị trí cân bằng. Quá trình co giãn này được lặp đi lặp lại (tương tự như dao động của một con lắc cầu) nếu như không có một nguyên nhân nào khác (một lực nào khác) cản trở nó.

Phương trình dao động nhỏ (co giãn với biên độ bé) có tính đối xứng xuyên tâm của một cầu khí đồng nhất là :

$$\rho \frac{d^2 r}{dt^2} = - \rho g - \frac{dp}{dr} \quad (12.13)$$

trong đó ρ là khối lượng riêng của lớp dao động, p là áp suất chất khí và g là gia tốc trọng trường tại lớp dao động (cách tâm cầu khí một đoạn r).

Phương trình (12.13) cho thấy lực làm cho lớp vật chất dao động là lực hấp dẫn kết hợp với gradien áp suất.

Vì dao động được giả thiết là nhỏ nên có thể khai triển các thông số r , g , ρ thành cấp số quanh trị số cân bằng tương ứng r_0 , g_0 , ρ_0 :

$$\begin{aligned}
 r &= r_0 (1 + \alpha) \\
 g &= g_0 (1 + \alpha)^{-2} \approx g_0 (1 - 2\alpha) \\
 \rho &= \rho_0 (1 + \alpha)^{-3} \approx \rho_0 (1 - 3\alpha)
 \end{aligned} \tag{12.14}$$

và với giả thiết dao động đoạn nhiệt thì

$$p = p_0 (1 + \alpha)^{-3\gamma} \approx p_0 (1 - 3\alpha\gamma)$$

trong đó α là số đặc trưng cho sự co giãn.

Từ (12.14) ta có :

$$\begin{aligned}
 dr &= dr_0 (1 + \alpha) \\
 dp &= dp_0 (1 - 3\alpha\gamma)
 \end{aligned}$$

Mặt khác ta cũng có thể viết :

$$\begin{aligned}
 dp &= -\rho g dr \\
 dp_0 &= -\rho_0 g_0 dr_0 \\
 \text{nên} \quad dp &= -\rho_0 g_0 dr_0 (1 - 3\alpha\gamma)
 \end{aligned} \tag{12.15}$$

Từ (12.13), (12.14) và (12.15), bỏ qua các số hạng bậc hai ta được phương trình

$$\begin{aligned}
 \frac{d^2 r}{dt^2} &= -g_0 (1 - 2\alpha) + g_0 \frac{dr_0}{dr} \frac{1 - 3\alpha\gamma}{1 - 3\alpha} \\
 &= -g_0 (1 - 2\alpha) + \frac{g_0 (1 - 3\alpha\gamma)}{(1 + \alpha) \cdot (1 - 3\alpha)}
 \end{aligned}$$

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -g_0 (1 - 2\alpha) + \frac{g_0 (1 - 3\alpha\gamma)}{(1 - 2\alpha)}$$

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -g_0 (1 - 2\alpha) + g_0 (1 - 3\alpha\gamma) (1 + 2\alpha)$$

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -g_0 (3\gamma - 4)\alpha$$

Mặt khác ta cũng có thể viết :

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = r_o \frac{d^2 \alpha}{dt^2}$$

Do đó ta có :

$$r_o \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + g_o(3\gamma - 4)\alpha = 0$$

hay
$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \frac{g_o}{r_o} (3\gamma - 4)\alpha = 0 \quad (12.16)$$

Vì α đặc trưng cho co giãn nên có thể giả thiết $|\alpha| \leq 1$ và có dạng một hàm sin với chu kì T

$$\alpha = \sin \frac{2\pi}{T} t. \quad (12.17)$$

Đưa trị số α (12.17) vào (12.16) ta sẽ thu được một phương trình dao động với chu kì T xác định :

$$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho_o(3\gamma - 4)}}$$

Từ đó :

$$T \sqrt{\rho_o} = \sqrt{\frac{3\pi}{G(3\gamma - 4)}} = \text{hằng số}. \quad (12.18)$$

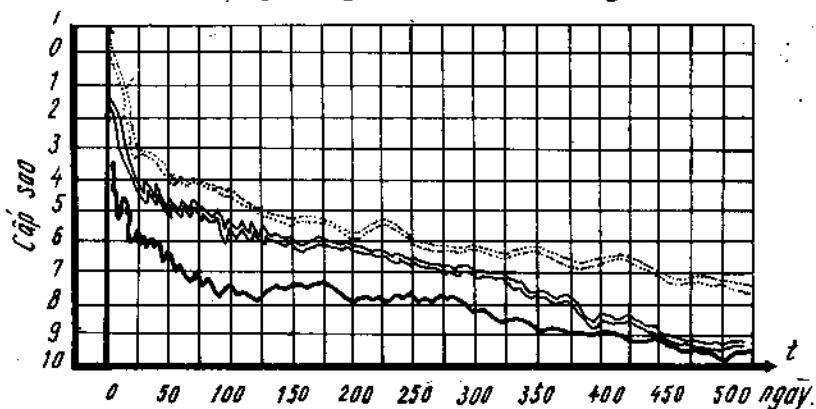
(12.18) chứng tỏ rằng chu kì dao động của các sao biến quang co giãn tỉ lệ nghịch với căn bậc hai của khối lượng riêng trung bình của nó.

Sự phù hợp giữa lí thuyết và số liệu quan sát cho phép kết luận các sao biến quang co giãn là những sao có lớp vỏ đang ở trạng thái co giãn (một con lắc cầu khổng lồ). Vấn đề đặt ra tiếp theo là lực nào đã duy trì sự dao động của "con lắc" đó ? Người ta cho rằng lực duy trì dao động cơ học của sao biến quang này là lực được hình thành trong quá trình giải phóng năng lượng từ trong nhân của sao.

§106. SAO BIẾN QUANG ĐỘT BIẾN – SAO MỚI

Có những sao bình thường chỉ có thể nhìn thấy qua kính thiên văn cực mạnh bỗng bùng sáng lên một cách đột ngột. Độ sáng có thể tăng lên đến 10 cấp sao tức là tăng lên hàng vạn lần. Chúng được gọi là sao biến quang đột biến hay sao mới. Đối với những sao có độ sáng đột ngột tăng lên đến hàng triệu lần thì được gọi là sao siêu mới.

Hình 107 biểu diễn sự biến thiên độ sáng của ba sao mới điển hình. Độ sáng tăng nhanh lên hàng ngàn vạn lần trong một thời gian rất ngắn (mấy ngày) rồi sau đó giảm rất chậm (kéo dài hàng năm) đến trị số ban đầu. Trong thời kì bùng sáng, vật chất được phóng từ sao ra không trung với vận tốc khoảng 1000 km/s.



Hình 107

Đến nay người ta đã ghi nhận được trên 400 sao mới. Các sao mới có thể là những sao đôi (sao chính là sao nóng, sao vệ tinh là sao nguội). Trong quá trình vận động vật chất từ sao vệ tinh được chuyển dần sang sao chính, làm cho nhiệt độ của sao chính tăng, năng lượng được tích tụ và cuối cùng giải phóng ra ngoài với tính chất của một vụ nổ.

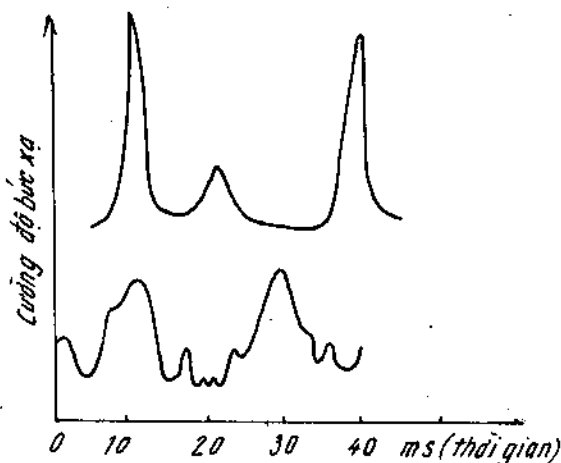
Đối với các sao siêu mới thì sau vụ nổ (vì vật chất phóng ra với vận tốc rất lớn) vật chất các lớp ngoài phóng ra không có khả năng rơi trở lại mà hình thành một lớp bụi mù tán rộng quanh lõi sao, hình thành các tinh vân. Điển hình sao siêu mới

là sao ở phương chòm sao Con Trâu được ghi nhận năm 1054. Đến nay ở phương này tồn tại một tinh vân có hình dạng một con cua.

Vấn đề tiếp tục đặt ra là tìm hiểu nguồn gốc, năng lượng khổng lồ của các vụ nổ ấy. Đó là hiện tượng nén hấp dẫn đột ngột hay nổ hạt nhân ?

§107. PUNXA

Năm 1967 một số nhà thiên văn trường Đại học Kembrigia đã thu được tín hiệu vô tuyến vũ trụ có dạng rất đặc biệt. Đó là những xung vô tuyến ($\lambda = 3,68\text{m}$) ngắt quãng với chu kì xác định ($T = 1,337\,301\,13$ giây). Mỗi xung kéo dài 0,3 giây (H. 108).



Hình 108

Đặc tính của tín hiệu này tương tự như các xung phát từ các trạm radar nên người ta đã nghĩ tới các tín hiệu của một nền văn minh nào đó ở ngoài Trái Đất.

Về sau người ta đã phát hiện thêm nhiều thiên thể khác cũng phát tín hiệu vô tuyến tương tự (có chu kì 0,01 - 5 giây), ngoài

ra còn bức xạ đủ loại sóng khác kể cả sóng ánh sáng. Loại sao này được gọi là punxa.

Khoảng cách đến các punxa đã phát hiện được nằm trong vòng 100 - 25 000 năm ánh sáng và như vậy các punxa là những sao thuộc thiên hà của chúng ta.

Punxa là sao như thế nào ? Đầu tiên người ta cho rằng punxa là sao trát trắng co giãn. Nhưng khi tính chu kì co giãn của các trát trắng theo (12.18) thì trị số thu được không phù hợp với chu kì quan sát. Hiện nay người ta nghiêng về giả thuyết punxa là sao nơtrôn.

Vào khoảng giữa thế kỉ này một số nhà vật lí lí thuyết đã đề cập đến khả năng tồn tại vật chất ở trạng thái siêu đặc - được cấu tạo chỉ bởi các nơtrôn. Tính toán cho biết rằng đối với các sao nơtrôn có khối lượng vào cỡ hai lần khối lượng của Mặt Trời thì có bán kính chỉ bằng 12 km.

Vì có kích thước rất bé nên sao nơtrôn phải quay rất nhanh. Như đã biết một sao có khối lượng M , bán kính R_0 , quay quanh một trục với vận tốc góc ω_0 thì có mômen động lượng là :

$$L = I_0 \omega_0$$

trong đó I_0 là mômen quán tính

$$I_0 = \frac{2}{5} MR_0^2 ; \text{ do đó } L = \frac{2}{5} MR_0^2 \omega_0$$

Khi sao co lại đến bán kính R thì mômen động lượng được tính theo :

$$L' = \frac{2}{5} MR^2 \omega$$

Vì mômen động lượng bảo toàn nên :

$$L = L' \\ \frac{2}{5} MR_0^2 \omega_0 = \frac{2}{5} MR^2 \omega$$

$$\text{Từ đó} \quad \omega = \omega_o \left(\frac{R_o}{R} \right)^2 \quad (12.19)$$

(12.19) chứng tỏ sao càng co (bán kính R càng nhỏ) thì vận tốc ω càng lớn hay chu kì quay càng bé.

Giả thử một sao trước thời kì co có các thông số như của Mặt Trời : $R = 7.10^7 \text{ m}$, $T_o = 25$ ngày

$$(\omega_o = \frac{2\pi}{T_o} = 3.10^{-6} \text{ rad/s})$$

sau khi co chuyển thành sao neutron (có bán kính $R = 20 \text{ km} = 2.10^4 \text{ m}$) thì chu kì quay của nó chỉ còn bằng 1/580 giây.

Mặt khác khi kích thước của sao càng rút nhỏ thì cảm ứng từ B trên bề mặt của nó càng tăng

$$B = B_o \left(\frac{R_o}{R} \right)^2 \quad (12.20)$$

Chẳng hạn như nếu $B_o = 10^{-5}$ Tesla thì sau khi co $B = 10^4$ Tesla. Như vậy sao neutron (nếu có) là sao siêu đặc, tự quay rất nhanh và có từ trường cực mạnh.

Có thể tưởng tượng sao punxa - neutron bức xạ sóng điện từ mà ta ghi nhận được dưới dạng xung như kiểu ánh sáng thấy được từ một "hải đăng" (được bao kín chỉ trừ một cửa sổ nhỏ dọi sáng ra ngoài) đang quay quanh một trục. Rõ ràng chu kì thu nhận sóng đúng bằng chu kì quay của hải đăng. Thế thì "cửa sổ" dọi sáng của sao punxa như thế nào ?

Một số nhà khoa học cho rằng trục từ của sao punxa không trùng với trục quay của nó và vùng nóng (cửa sổ bức xạ) nằm tại khu vực của cực từ, nơi luồng các electron chuyển động theo đường xoắn ốc quanh các đường cảm ứng từ tiến đến với vận tốc cực lớn là yếu tố sinh ra bức xạ cộng hưởng sóng điện từ. Cửa sổ dọi sáng nằm tại cực từ và ta chỉ ghi nhận được sóng điện từ mỗi khi trục từ nằm theo phương tia nhìn.

§108. LỖ ĐEN

Ngoài các punxa (sao neutron) người ta còn nói đến lỗ đen. Khả năng tồn tại đối tượng gọi là lỗ đen trước tiên được suy ra từ hệ quả của thuyết tương đối tổng quát.

1. Bán kính hấp dẫn của một vật

Theo định luật vạn vật hấp dẫn thì lực tương tác tỉ lệ ngược với bình phương khoảng cách ($F \sim r^{-2}$) và như vậy nếu khoảng cách r giảm đến số không ($r \rightarrow 0$) thì lực hấp dẫn lớn đến vô cùng !

Còn theo thuyết tương đối thì lực hấp dẫn của một vật có khối lượng M lên một vật khác tăng đến vô cực không phải khi khoảng cách $r \rightarrow 0$ mà khi $r \rightarrow R_g$

$$R_g = \frac{2GM}{c^2}$$

R_g được gọi là bán kính hấp dẫn của vật M . Mặt cầu bán kính R_g bao quanh M được gọi là cầu hấp dẫn. Nếu tính cho Mặt Trời thì cầu hấp dẫn của nó có bán kính $R_g = 2,96\text{km}$.

Với giả thuyết một sao khối lượng M co đến bán kính bằng bán kính cầu hấp dẫn của nó thì khối lượng riêng trung bình của nó sẽ là :

$$\bar{\rho} = 2 \cdot 10^{16} \left(\frac{M}{M_\odot} \right)^2 \text{ g/cm}^3$$

trong đó $M_\odot$ là khối lượng của Mặt Trời. Vậy nếu áp dụng cho Mặt Trời thì nó có khối lượng riêng trung bình $\bar{\rho} = 2 \cdot 10^{16} \text{ g/cm}^3$ nghĩa là vượt xa khối lượng riêng của hạt nhân nguyên tử ($\rho_{\text{hạt nhân}} = 10^{14} \text{ g/cm}^3$). Vật chất ở trạng thái như vậy là không thể hình dung được. Nhưng nếu một sao có khối lượng vào cỡ vài ba chục khối lượng của Mặt Trời thì khối lượng riêng của nó bé hơn khối lượng riêng của hạt nhân và điều này là chấp nhận được. Từ đó ta có thể giả thiết rằng trong những điều kiện

nhất định, sao có thể co đến kích thước bằng bán kính hấp dẫn của nó. Nếu có như vậy thì có thể rút ra những hệ quả gì ?

Thuyết tương đối còn dẫn đến hệ quả là quanh một thiên thể có khối lượng lớn không chỉ có sự biến đổi của đặc tính không gian mà còn ảnh hưởng ngay cả đến nhịp độ của thời gian.

Giả sử Δt là khoảng thời gian giữa hai sự kiện xảy ra trên một thiên thể (được gọi là thời gian riêng) có khối lượng M và bán kính R và $\Delta t'$ (được gọi là thời gian tọa độ) là khoảng thời gian cũng giữa hai sự kiện đã xảy ra ấy nhưng được ghi nhận bởi người quan sát ở ngoài thiên thể đó thì :

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2}}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{R_g}{R}}}$$

Từ đó ta thấy rằng nếu $R \gg R_g$ thì $\Delta t' = \Delta t$. Nếu $R \rightarrow R_g$ thì $\Delta t' \rightarrow \infty$, tức là khi thiên thể co bán kính co rút đến gần trị số của bán kính hấp dẫn R_g của nó thì thời gian tọa độ sẽ trở nên vô cùng lớn - thời gian kéo dài ra. Như vậy giả thử một sao bình thường phát ra bước sóng $\lambda_o = cT_o$ (trong đó T_o là chu kì sóng), nếu co đến bán kính $R = R_g$ thì chu kì sẽ là :

$$T = \frac{T_o}{\sqrt{1 - \frac{R_g}{R}}} = \infty$$

và bước sóng sẽ là : $\lambda = cT = \infty$. Điều này cho thấy nếu một sao co đến bán kính hấp dẫn của nó thì không còn phát ra một sóng điện từ nào. Sao đã "tắt ngấm" và được mang tên *Lỗ đen*.

Làm thế nào để phát hiện Lỗ đen ? Lí thuyết cho biết trong thiên hà của chúng ta có hàng triệu lỗ đen và cũng chỉ ra rằng chỉ có thể phát hiện được Lỗ đen nếu nó là thành viên của một sao đôi.

Trong trường trọng lực mãnh liệt của Lỗ đen vật chất của sao vệ tinh bị cuốn hút chuyển động theo quỹ đạo xoáy tròn ốc và bị nóng lên đến hàng chục triệu độ trở thành nguồn bức xạ tia rơnghen cực mạnh. Bằng giả thuyết này người ta tin rằng một số sao bức xạ tia rơnghen cực mạnh sau đây có thành viên là lỗ đen :

- Sao HDE 226 868 chòm Thiên Nga có lỗ đen với khối lượng $M = 10M_{\odot}$ và chu kì chuyển động 5,6 ngày.

- Sao đôi chòm Thiên Vương có lỗ đen với khối lượng $M = 20M_{\odot}$, và chu kì chuyển động 580 ngày.

- Sao biến quang che khuất trong chòm Nhân Mã có lỗ đen với khối lượng $M = 23M_{\odot}$ với chu kì chuyển động khoảng 27 năm.

Có thể kết luận rằng sao notrôn, lỗ đen (nếu có thật) là những pha đặc biệt trong quá trình tiến hóa của các sao. Cùng với các sao biến quang và sao mới, lỗ đen là những đối tượng nghiên cứu rất hấp dẫn của các nhà vũ trụ học.

BÀI TẬP CHƯƠNG XII

1. Sao Thiên Lang ở cách xa 2,67 paséc, giả sử vận tốc tia nhìn của nó không đổi và bằng 8 km/s (có hướng đi tới chúng ta) thì sau bao nhiêu năm độ sáng của nó sẽ tăng lên hai lần ?

2. Tính bán kính sao β chòm Nhân Mã biết cấp sao tuyệt đối của nó bằng - 5 và nhiệt độ $T = 21\,000^{\circ}$ (cấp sao tuyệt đối của Mặt Trời là +4,8 và nhiệt độ Mặt Trời là $5\,800^{\circ}$).

3. Tính khối lượng của một sao đôi biết thị sai của sao này là $0^{\circ}07$, đường kính góc của trục lớn quỹ đạo là $6^{\circ}30$ và chu kì quay là 420 năm.

4. Trong quang phổ sao ξ chòm Gấu Lớn vạch H_{γ} ($\gamma = 4341\text{\AA}$) bị dịch chuyển nhiều nhất là $0,5\text{\AA}$. Tính vận tốc theo phương tia nhìn cực đại của các thành phần sao đôi này.

5. Trong một phút ở trên Trái Đất thu được năng lượng của sao α chòm Tráng Sĩ là $7,7 \cdot 10^{11} \text{ cal/cm}^2$. Tính nhiệt độ hiệu dụng của sao này, biết thị sai của nó là $0^{\circ}011$ và đường kính góc là $0^{\circ}047$.

Chương XIII

THIÊN HÀ

§109. THIÊN HÀ CỦA CHÚNG TA. DẢI NGÂN HÀ

Trong quá trình lịch sử xã hội con người luôn luôn đặt vấn đề tìm hiểu vũ trụ. Để giải thích sự phân bố các sao trong vũ trụ vô tận người ta để ý đến dải Ngân Hà. Một trong các nhà triết học và toán học thời cổ là Đêmocrit đã cho rằng dải Ngân Hà là tập hợp vô số các sao. Năm 1610 Galilê đã xác nhận điều này bằng quan sát dải Ngân Hà qua kính thiên văn.

Dải Ngân Hà trải ra gần như dọc theo một đường tròn lớn nghiêng với xích đạo trời một góc gần 62° . Các cực của vòng tròn lớn này (có xích vĩ là $+28^\circ$ và -28° , xích kinh là 191°) được gọi là cực bắc và cực nam của thiên hà.

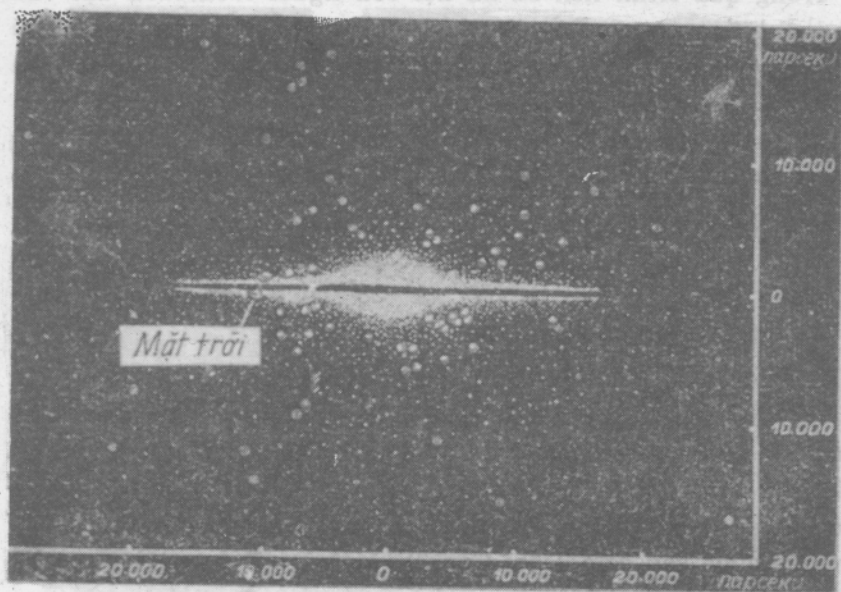
Vào đầu đêm mùa hè, chúng ta (ở nửa Địa Cầu Bắc) thấy dải Ngân Hà in trên thiên cầu theo hướng Đông Bắc - Tây Nam (qua các chòm sao Thiên Vương, Thiên Hậu, Thiên Nga, Nhân Mã, Con Vịt). Còn nếu quan sát vào sau nửa đêm mùa hè (hay vào đầu đêm mùa đông) thì ta sẽ thấy nửa kia của Ngân Hà in lên các chòm sao Anh Tiên, Con Trâu, Tráng Sĩ và Đại Khuyển.

Cuối thế kỉ XVIII Heccen đã tính mật độ các sao theo các hướng của bầu trời thì thấy rằng : mật độ sao tăng nhanh khi tiến vào khu vực Ngân Hà và giảm rất nhanh khi đi về hai cực của thiên hà.

Kết quả khảo sát cho thấy dải Ngân Hà là bộ phận cơ bản của một hệ sao gồm trên 100 tỉ sao, trong đó có hệ Mặt Trời

của chúng ta và được gọi là thiên hà của chúng ta (Thiên Hà). Tâm của Thiên Hà nằm trên hướng chòm sao Nhân Mã, có xích kinh $\alpha = 265^\circ$ và xích vĩ $\delta = -29^\circ$. Đường kính Thiên Hà bằng 100.000 năm ánh sáng. Hệ Mặt Trời của chúng ta ở cách tâm Thiên Hà một khoảng bằng $2/3$ bán kính của nó.

Hình 109 là mô hình Thiên Hà nhìn từ bên ngoài theo phương ngang. Nếu nhìn theo phương thẳng góc với mặt phẳng chính (dải Ngân Hà) thì lại có dạng xoắn ốc (xem §112).



Hình 109. Mô hình thiên hà của chúng ta (nhìn ngang).

§110. VẬT CHẤT KHUẾCH TÁN GIỮA CÁC SAO

1. Những đám mây bụi khí.

Hơn một trăm năm trước Xtruvie nhà thiên văn Nga đã phát hiện sự hấp thụ ánh sáng của các sao trên đường truyền tới Trái Đất.

Do bị hấp thụ mà độ sáng của sao bị giảm. Độ giảm ánh sáng càng mạnh khi sao ở càng xa và đặc biệt đối với bước sóng càng ngắn. Cũng vì thế mà các sao ở xa thường có màu hơi đỏ.

Sở dĩ có sự hấp thụ ánh sáng là vì trong Thiên Hà, ngoài các sao còn có các đám bụi khí. Truyền qua lớp bụi khí ánh sáng bị tán xạ và bị hấp thụ. Những đám bụi khí tồn tại ở gần một sao khổng lồ sáng thì cũng trở nên sáng. Quang phổ của chúng cũng là quang phổ của sao đôi sáng nó.

Phép tính cho thấy trong Thiên Hà số đám mây bụi sáng chỉ khoảng một phần ngàn số đám mây bụi tối mà thôi.

Do có sự hấp thụ ánh sáng mà việc xác định khoảng cách đến các sao theo cấp sao tuyệt đối và nhìn thấy của chúng sẽ kém chính xác. Ngày nay người ta đang tìm phương pháp để phát hiện ra được các đám bụi tối (còn gọi là các chất tối).

2. Những đám khí khuếch tán

Ngoài các đám mây bụi - khí còn có các đám khí loãng khuếch tán có hình dạng không rõ rệt. Quang phổ của các đám khí gồm các vạch phát xạ của hiđrô, ôxi và các khí nhẹ khác. Một vài loại khí cho quang phổ chưa hề thấy trong điều kiện trên Trái Đất. Có hai vạch quang phổ màu lục của đám mây khí đã được giả thiết là của nguyên tố "mây khí" vì chỉ có trong các đám mây khí mà thôi. Về sau các vạch này được giải thích là vạch của nguyên tử ôxi mất hai điện tử và được chiếu sáng trong điều kiện ở áp suất rất thấp mà chưa thực hiện được trong phòng thí nghiệm. Thực vậy mật độ các đám mây khí vào khoảng $10^{-21} \div 10^{-23} \text{ g/cm}^3$.

Nguyên tử hiđrô trong các đám mây khí hầu như bị ion hóa (phát sáng) nếu như chúng ở gần các ngôi sao nóng có nhiệt độ không dưới 25 000°. Trong trường hợp này chất khí hấp thụ tia tử ngoại và bức xạ các tia khác.

Các đám khí khuếch tán cũng tạo thành từng lớp dày kích thước vào cỡ từ vài pacséc đến hàng chục pacséc. Các đám mây khí bức xạ sóng vô tuyến nên ta có thể nghiên cứu được chúng bằng phương pháp thiên văn vô tuyến.

3. Hidrô trung hòa

Như đã biết hiđrô trong các đám mây bụi khí chỉ bị ion hóa và phát sáng khi ở gần các ngôi sao nóng, vì vậy phần lớn lượng hiđrô trong Thiên hà ở trạng thái trung hòa. Hiđrô bức xạ sóng vô tuyến bước sóng 21cm. Tùy theo cường độ của vạch phổ tương ứng, người ta xác định được khối lượng và mật độ theo hướng khảo sát. Dựa vào độ dịch của bước sóng (hiệu ứng Dopple) người ta xác định được vận tốc của các đám mây. Hiện nay đã biết được khá đầy đủ sự phân bố hiđrô trung hòa trong Thiên hà. Nhiệt độ của các đám mây hiđrô trung bình bé hơn 100K. Nhiệt độ của các đám mây ion hóa (phát sáng) lên tới 10 000K. Hiđrô chiếm 2% khối lượng Thiên hà, trong đó 95% ở trạng thái trung hòa.

Trong không gian giữa các sao, các nguyên tử và phân tử đơn giản của các nguyên tố khác ít hơn hẳn so với hiđrô và hêli. Từ sự bức xạ và hấp thụ sóng vô tuyến, người ta đã phát hiện các phân tử OH, H₂O, CO và một vài phân tử phức tạp khác.

4. Từ trường của thiên hà. Các tia vũ trụ

Người ta có thể xác định được từ trường của các thiên hà qua phân tích đặc điểm phân cực của ánh sáng của chúng truyền qua các đám mây bụi khí vũ trụ.

Từ năm 1949 các nhà thiên văn đã tính được cảm ứng từ của các thiên hà có trị số vào khoảng 10^{-10} tesla.

Thiên hà của chúng ta có từ trường vào cỡ 10^{-11} tesla. Các đường cảm ứng từ nằm trong các mặt phẳng song song với mặt phẳng chính và uốn cong theo các nhánh xoắn của thiên hà. Từ trường này khống chế sự khuếch tán của các đám mây bụi khí theo phương vuông góc với đường cảm ứng từ và còn có tác dụng làm hãm các tia vũ trụ.

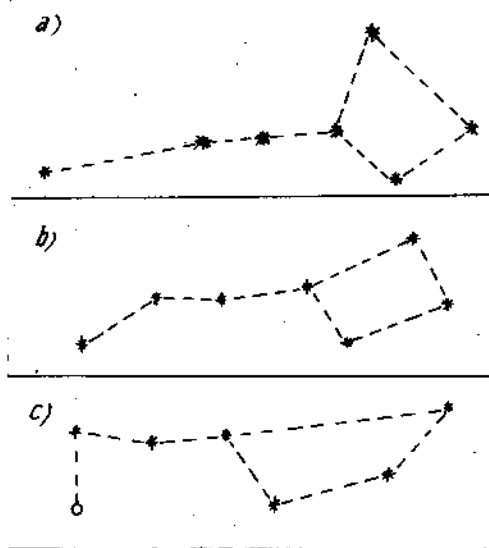
Tia vũ trụ là dòng hạt tích điện, có năng lượng rất lớn (khoảng 10^{20} eV), nhưng không thể xâm nhập trực tiếp vào mặt Trái Đất. Chuyển động đến lớp cao của khí quyển, các tia vũ trụ bắn phá các nguyên tử, phân tử khí, truyền năng lượng cho các hạt này và tạo thành những trận "mưa" bức xạ vũ trụ thứ cấp.

Trong vài chục năm lại đây, việc nghiên cứu bức xạ vũ trụ thứ cấp đã cho phép các nhà vật lý khả năng "nhìn" sâu vào cấu trúc của vật chất. Cụ thể là, khi khảo sát các tia vũ trụ, người ta đã phát hiện ra pôzitron, mêzôn, hiperôn. Đối với các nhà thiên văn thì việc nghiên cứu các tia vũ trụ lại thu được những thông tin quan trọng về các quá trình xảy ra trong vũ trụ (thu các tia vũ trụ bằng các buồng Uynxon, máy đếm Gâyge... được đặt trong các bóng thám không, trên các con tàu vũ trụ).

§111. SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA CÁC SAO TRONG THIÊN HÀ

1. Chuyển động riêng

Từ thời cổ các sao đã được xem như nằm cố định trên thiên cầu. Đến thế kỉ XVIII người ta đã phát hiện sự thay đổi vị trí của sao Thiên Lang tuy rất bé. Rõ ràng trong vũ trụ không có đối tượng nào nằm yên. Vì các sao ở quá xa nên người ta chỉ



Hình 110 - Chòm Gấu Lớn

- a) 50000 năm trước ;
- b) hiện nay ;
- c) sau 50000 năm

có thể phát hiện được sự chuyển động của chúng qua quan trắc lâu dài. Chuyển động riêng của các sao được quy ước là cung dịch chuyển hàng năm của chúng trên thiên cầu và được kí hiệu là μ (tính bằng đơn vị giây cung) có trị số vào cỡ một phần nhỏ của giây. Do chuyển động riêng, mà xích kinh và xích vĩ các sao thay đổi. Mặc dù chuyển động riêng rất bé nhưng sau hàng nghìn năm vị trí các sao trong mỗi chòm bị thay đổi đáng kể (H. 110).

Đến nay người ta đã xác định được chuyển động

riêng của khoảng 300000 sao. Sao có chuyển động riêng lớn nhất đã biết có $\mu = 10''8'$; sao này có hướng chuyển động về phía chúng ta với vận tốc 111 km/s.

Cần biết rằng việc đo chuyển động riêng của các sao như trên cũng chưa nói lên được sự chuyển động thực sự của các sao trong vũ trụ bởi vì Mặt Trời (đã lấy làm gốc hệ quy chiếu) cũng chuyển động trong không gian, cụ thể là chuyển động quanh tâm thiên hà của chúng ta.

2. Sự quay của thiên hà của chúng ta

Dựa vào vận tốc chuyển động trong không gian của các sao người ta biết thiên hà của chúng ta đang quay quanh tâm của nó.

Vận tốc góc của các sao kể từ tâm Thiên hà đến Mặt Trời hầu như không đổi (nghĩa là phần trong của Thiên hà quay gần như một vật rắn) còn phần ngoài quay có chậm hơn.

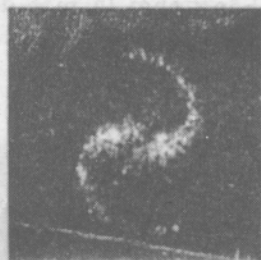
§112. CÁC THIÊN HÀ

Ở thế kỉ XVIII Hecsen đã phát hiện được hàng nghìn đám mây trong vũ trụ đa số có dạng xoắn ốc. Đến thế kỉ XX nhà thiên văn Mĩ Hơbơn đã chụp ảnh được đám mây trong chòm sao Tiên Nữ và biết đám mây này gồm vô số các sao. Ông còn phát hiện được sự bùng nổ của các sao mới và các sao biến quang. Sau khi xác định chu kì biến quang và cấp sao nhìn thấy của các sao Hơbơn khẳng định chúng ở rất xa và ở ngoài giới hạn thiên hà của chúng ta, nghĩa là đám mây dạng xoắn ốc trong chòm Tiên Nữ không phải là một đám mây bụi khí thuộc thiên hà của chúng ta mà là một hệ sao khác giống như thiên hà của chúng ta (H. 111)



Hình 111 - Thiên hà Tiên Nữ M31

Ngày nay người ta tính được khoảng cách đến Thiên hà Tiên Nữ này là hai triệu năm ánh sáng. Với kính thiên văn vật kính 5 mét, người ta đã chụp được khoảng một tỉ thiên hà khác nhau. Nói chung mỗi thiên hà có khoảng một trăm tỉ sao, đường kính khoảng 100000 năm ánh sáng. Hơn một nửa thiên hà có dạng xoắn ốc (H.112a) một số có dạng elipxôit (H. 112b) và một số có dạng không xác định (H. 112c)



a)



b/



c/

Hình 112

§113. CÁC THIÊN HÀ VÔ TUYẾN VÀ QUAZA

Các thiên hà thường xuyên bức xạ đủ loại sóng điện từ. Có một số thiên hà bức xạ rất mạnh sóng vô tuyến, mạnh nhất là sóng 21 centimet (bước sóng bức xạ của Hidrô trung hòa và ion Hidrô).

Bằng các kính Thiên văn vô tuyến đặt trên các vệ tinh nhân tạo và tàu vũ trụ, người ta đã phát hiện một số nguồn bức xạ vô tuyến có kích thước góc cỡ 1" và nhỏ hơn (ảnh chụp được tương tự như ảnh của các sao có độ sáng rất bé). Trong quang phổ của chúng có các vạch sáng dịch đáng kể về phía đỏ, trong một số trường hợp có cả các vạch tử ngoại dịch đến phần ánh sáng thấy được. Độ dịch về phía đỏ tương ứng với khoảng cách hàng tỉ năm ánh sáng. Như vậy các thiên thể này phải là những nguồn phát sóng vô tuyến cực mạnh, tức là những nguồn bức xạ năng lượng lớn chưa từng thấy. Chúng được gọi là *quaza*.

Chẳng hạn quaza 3C273 có công suất bức xạ 10^{46} ec/s trong vùng bức xạ quang học, cũng một năng lượng như thế trong vùng tia X, $2 \cdot 10^{46}$ ec/s trong vùng bức xạ vô tuyến, $2 \cdot 10^{48}$ ec/s trong vùng bức xạ hồng ngoại. Tính ra thì năng lượng bức xạ của quaza này lớn hơn năng lượng bức xạ của thiên hà chúng ta đến vạn lần.

Như vậy đặc điểm đáng kinh ngạc nhất của các quaza là : một lượng năng lượng cực kì lớn được phát ra từ một thể tích không lớn. Viện sĩ Viện hàn lâm khoa học Liên Xô cũ B. Zendôvit cho rằng nguồn năng lượng nhiệt hạt nhân không đủ để duy trì khả năng bức xạ ấy, năng lượng của các quaza có lẽ là năng lượng được giải phóng do sự nén ép đang diễn ra dưới tác dụng của lực hấp dẫn ngay trong bản thân chúng. Và với những vật có khối lượng đủ lớn thì sự nén ép như vậy có thể dẫn đến trạng thái được gọi là "sụp đổ" - một tai biến không thể nào kiểm chế được.

Song nếu như sự giải phóng năng lượng của quaza là do "sụp đổ" thì lí thuyết lại cho biết bức xạ quang học chỉ xảy ra trong

một khoảng thời gian cực ngắn. Lực hấp dẫn của vật chất bị nén trở nên mạnh đến mức ngăn cản cả bức xạ quang học phát ra. Do đó các quaza đã biết khó lòng mà thoát khỏi trạng thái truy biến, trạng thái này đang chờ chúng trong một tương lai không xa. Đã có nhiều giả thuyết khác nhau về quaza nhưng cho đến nay vấn đề quaza vẫn chưa được giải quyết. Chỉ có thể cho rằng quaza là một biến thể đặc biệt của thiên hà.

Việc nghiên cứu quaza và các thiên thể "kì dị" khác có thể giúp cho chúng ta phát hiện những quy luật mới về sự vận động và chuyển hóa của vật chất.

§114. SỰ PHÂN BỐ CÁC THIÊN HÀ VÀ ĐẶC TÍNH VẬT LÝ CỦA CHÚNG

Như đã biết, số thiên hà đã biết có đến hàng tỉ. Theo kết quả quan sát thì chúng phân bố không đồng đều trong không gian và có chuyển động riêng.

1. Sự quay của các thiên hà

Tất cả các thiên hà đều quay. Quả vậy nếu ta quan trắc một thiên hà theo phương mặt phẳng chính của nó (thẳng góc với trục quay) thì thấy vật chất ở một mép bờ của nó quay tiến đến gần ta và vật chất ở mép đối tâm quay ra xa. Hiện tượng này biểu hiện rõ lên độ dịch chuyển của các vạch quang phổ ($\Delta\lambda = \lambda \frac{v}{c}$)

2. Xác định khối lượng

Qua đặc tính quay của các thiên hà người ta có thể tính được khối lượng của chúng.

Với giả thiết khối lượng của thiên hà (M) tập trung tại tâm của nó thì một khối lượng vật chất m (của một ngôi sao chẳng hạn) quay ở khoảng cách R đến tâm phải có một lực hướng tâm đúng bằng lực hấp dẫn

568.6

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$$

Từ đó : $M = \frac{Rv^2}{G}$.

Sự thực thì khối lượng M không tập trung ở tâm. Người ta phải sử dụng mô hình thiên hà (một đĩa phẳng hay một khối cầu phân bố không đồng nhất) và tính lực hấp dẫn theo phương pháp của lý thuyết thế năng.

Ngoài ra, người ta cũng có thể xác định khối lượng của các thiên hà qua độ trung của chúng (tương tự như đối với các sao).

Những kết quả thu được cho biết đa số các thiên hà có khối lượng vào khoảng 10^{11} khối lượng của Mặt Trời (nếu lấy khối lượng trung bình của các sao bằng khối lượng của Mặt Trời thì trung bình mỗi thiên hà có đến một trăm tỉ ngôi sao).

3. Xác định khoảng cách

Có nhiều phương pháp khác nhau để xác định khoảng cách đến các thiên hà. Một trong những phương pháp được gọi là phương pháp sao biến quang. Bằng khảo sát các đặc trưng của sao biến quang loại Thiên Vương (tức sao biến quang có độ trung phụ thuộc vào chu kì) để xác định cấp sao tuyệt đối M của sao và sử dụng công thức (12.4) sẽ tính được khoảng cách. Phương pháp được sử dụng nhiều nhất là dựa vào hiệu ứng lệch về phía đỏ.

4. Sự lệch về phía đỏ của quang phổ của các thiên hà

Trong vài chục năm đầu của thế kỉ này, người ta đã chụp ảnh được quang phổ của 41 thiên hà. Trong số này có 36 trường hợp các vạch quang phổ lệch về phía đỏ. Người ta đã giải thích hiện tượng này là do sự chuyển động của các thiên hà ra xa người quan sát (theo hiệu ứng Dopple). Đến cuối năm 1923 nhà thiên văn Mĩ Hôpbon đã xác định khoảng cách đến thiên hà M31

và sau đó đến một loạt các thiên hà khác. Ông nhận thấy có sự liên hệ hàm số giữa vận tốc tiến ra xa (v) của các thiên hà với khoảng cách (r) đến chúng, cụ thể là :

$$v = Hr \quad (13.1)$$

Trong đó H là hằng số được gọi là hằng số Hôpbon.

Ngày nay người ta thừa nhận H có trị số :

$$H = \frac{v}{r} = 60 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mps}}$$

nghĩa là đối với thiên hà ở khoảng cách 1 Megapasec (1000000 pasc) thì có vận tốc chuyển động ra xa thiên hà của chúng ta 60 km/s.

Như vậy từ công thức $v = Hr$, ta có thể xác định được khoảng cách r đến thiên hà nếu biết được vận tốc của chúng. Các thiên hà ở càng xa có vận tốc chuyển động ra xa càng lớn. Nếu quá như vậy thì phần vũ trụ mà ta đã quan sát được đang mở rộng. Trước đây nhiều người hoài nghi về kết luận này và tìm cách giải thích hiện tượng lệch về đỏ theo nguyên nhân khác, chẳng hạn như lệch về đỏ do hấp dẫn (theo thuyết tương đối), sự giảm năng lượng của các lượng tử ánh sáng khi truyền qua không gian vô tận v.v... song tất cả những lập luận đã nêu đều chưa có đủ sức thuyết phục.

Hiện nay "vũ trụ đang nở rộng" hay nói đúng hơn, phần vũ trụ mà con người biết được đang nở rộng coi như là một dấu hiệu logic của kết quả quan sát. Và đây là một tín hiệu mà các nhà vũ trụ học lấy làm cơ sở để xây dựng mô hình tiến hóa của vũ trụ.

Điều đáng chú ý là nếu phần vũ trụ mà ta quan sát đang thực sự ở trong pha nở rộng thì thiên hà của chúng ta không nhất thiết ở trung tâm của phần vũ trụ này. Hiện tượng nở rộng đều thể hiện đối với "người quan sát" ở bất cứ một thiên hà nào trong vũ trụ (do kết quả của chuyển động tương đối).

Chương XIV

MỘT SỐ GIẢ THUYẾT VỀ SỰ HÌNH THÀNH VÀ TIẾN HÓA CỦA CÁC THIÊN THỂ VÀ CỦA VŨ TRỤ

Vũ trụ được hình thành và tiến hóa như thế nào là câu hỏi được nêu ra từ xa xưa.

Theo lịch sử thì con người đã nối tiếp nhau suy nghĩ tiến công vào tìm hiểu thế giới, bắt đầu bằng những câu chuyện huyền thoại, đến các thuyết sáng thế mang màu sắc tôn giáo và gần đây là những luận thuyết khoa học.

Có thể nhận xét rằng, tuy các thuyết có nội dung hoàn toàn khác nhau nhưng đều có một ý niệm chung là vũ trụ được hình thành từ những nguyên tố vật chất ban đầu hay nói cách khác vũ trụ có tiến hóa.

Chương này giới thiệu một số luận thuyết khoa học về sự hình thành và tiến hóa của vật chất trong vũ trụ nhằm nêu lên những hướng tư duy trong việc nghiên cứu vũ trụ của các nhà khoa học có tên tuổi ngày nay.

§115. VỀ SỰ TIẾN HÓA CỦA CÁC SAO

Như đã trình bày biểu đồ quang phổ - độ trung có thể là tư liệu quý cho các nhà nghiên cứu thế giới các sao. Theo biểu đồ thì các sao tập trung trong mỗi dải có đặc tính vật lí giống

nhau, nối cách khác đang ở trong một giai đoạn phát triển nhất định.

Đa số các nhà nghiên cứu cho rằng các sao được hình thành từ những đám mây bụi khí do tích tụ hấp dẫn. Trong quá trình tích tụ này, một phần năng lượng hấp dẫn được tỏa ra xung quanh và một phần làm nóng nhân của phôi sao (sao mới hình thành). Nhiệt độ mặt ngoài của phôi sao còn rất thấp (khoảng 100K) và sao bức xạ tia hồng ngoại (vị trí của phôi sao nằm ở phần góc phải - dưới của biểu đồ).

Phôi sao tiếp tục co cho đến nhiệt độ ở trong nhân có thể lên đến chục triệu độ. Từ đó các hạt nhân hiđrô chuyển động cực nhanh và do hiệu ứng đường ngầm tạo thành đơteri rồi thành hêli. Năng lượng hạt nhân được giải phóng, áp suất bức xạ tăng mạnh làm ngừng sự co của phôi sao, chuyển sang giai đoạn ổn định (dải chính trên biểu đồ).

Năm 1942 M.Stebec cho rằng các sao tồn tại trên dải chính cho đến lúc nhân (bằng hêli) của chúng đạt khối lượng vào khoảng 10 - 12% khối lượng của Mặt Trời. Thời gian này được tính theo :

$$t = \frac{10^{10}}{M^3} \text{ năm}$$

Trong đó M tính theo đơn vị khối lượng của Mặt Trời. Như vậy Mặt Trời có thời gian tồn tại trên dải chính (ổn định) vào khoảng 10 tỉ năm. Các sao có khối lượng bé hơn của Mặt Trời thì giai đoạn ổn định kéo dài trên 10 tỉ năm. Ngược lại các sao có khối lượng lớn hơn của Mặt Trời thì các giai đoạn tiến hóa xảy ra nhanh hơn. Phép tính cho thấy đối với các sao có khối lượng từ 1 - 1,5M_☉ thì khi nhân bằng hiđrô co đến khoảng 0,01R_☉ (với mật độ vào cỡ 10⁶ g/cm³) thì lớp vỏ nở rộng ra và chuyển sang giai đoạn sao kền. Sau đó khoảng mấy chục ngàn năm thì vỏ tạo thành tinh vân và nhân trở thành sao trát. Còn đối với các sao có khối lượng lớn hơn 1,5M_☉ thì nhiệt độ ở nhân có

thể lên tới hàng tỉ độ. Ở nhiệt độ này, các cặp nơtrôn-phản nơtrôn hình thành phóng ra khỏi nhân và mang theo một lượng năng lượng cực lớn. Hiện tượng này gia tốc sự co của sao và từ đó có thể dẫn tới sự nổ của sao siêu mới hay sự hình thành các sao nơtron hoặc các lỗ đen.

§116. NHỮNG GIẢ THUYẾT VỀ HÌNH THÀNH HỆ MẶT TRỜI

Kể từ thế kỉ XVII cho tới nay đã có hàng chục giả thuyết về sự hình thành hệ Mặt Trời.

Trước hết cần nói rằng giả thuyết được coi là hợp lí phải thỏa mãn các đặc điểm cấu trúc của hệ Mặt Trời, cụ thể là :

- Quỹ đạo của các hành tinh nằm gần như trong mặt phẳng xích đạo của Mặt Trời.

- Chiều tự quay của Mặt Trời và của các hành tinh cũng như chiều chuyển động của hầu hết các hành tinh và vệ tinh đều như nhau.

- Khối lượng của Mặt Trời chiếm 99,8% của hệ (các hành tinh chỉ có 0,2%) trong khi mômen động lượng của các hành tinh lại chiếm đến 98%.

Các hành tinh chia thành 2 nhóm có kích thước và khối lượng riêng khác nhau.

Dưới đây là một số giả thuyết được xây dựng trên quan điểm : Vật chất trong vũ trụ là thống nhất, mọi dạng tồn tại của vật chất đều là hậu quả của quá trình vận động của vật chất. Quan điểm này đã được Kant, nhà triết học tiến bộ Đức đề cập tới đầu tiên.

1. Giả thuyết của Kant

Năm 1755, Kant cho ra đời cuốn sách "Lịch sử tự nhiên và thuyết về bầu trời" đã nêu giả thuyết : Đầu tiên không gian vũ

trụ chứa vật chất ở trạng thái chuyển động hỗn loạn. Dưới tác dụng của lực hút và lực đẩy, vật chất dần dần hình thành những vật có hình dạng giới hạn. Mặt Trời và các hành tinh đã được tạo thành do hậu quả của sự kết dính của các hạt bụi vật chất nguyên thủy.

2. Giả thuyết của Laplace

Năm 1796, Laplace nhà khoa học Pháp trong cuốn "Luận về hệ thống thế giới" đã viết : Hệ Mặt Trời được hình thành từ một tinh vân nóng bóng khổng lồ quay chậm. Dưới tác dụng của lực hấp dẫn phôi sao, co nén lại dần, quay nhanh lên dần và có dạng một quả bóng dẹt. Khi trọng lực ở xích đạo cân bằng với lực li tâm thì một vành vật chất tách ra khỏi phôi (Mặt Trời). Vành này nguội dần, bị đứt ra và cuối cùng tích tụ lại thành hành tinh. Hiện tượng này được lặp lại và tạo nên các hành tinh khác. Các vệ tinh cũng được hình thành một cách tương tự (từ các phôi hành tinh).

3. Giả thuyết của Ottô-Smit

Ottô-Smit (Đức) cho rằng Mặt Trời trong khi chuyển động quanh tâm thiên hà đã bắt gặp một đám bụi vật chất. Trong điều kiện thích hợp đám bụi này chuyển động quanh Mặt Trời (đám mây vệ tinh của Mặt Trời). Ngoài sự chuyển động theo quy luật (định luật Képle) các hạt vật chất này còn có chuyển động nhiệt riêng. Chúng va chạm nhau, tỏa nhiệt và tốc độ giảm dần. Kết quả là những hạt lớn hấp dẫn về mình những hạt nhỏ tạo thành các tâm tích tụ - phôi thai của các hành tinh.

Dựa vào các định luật bảo toàn ông đã chứng minh được các trường hợp quay theo chiều nghịch của một số hành tinh.

Rõ ràng tất cả các giả thuyết trên đều không toàn diện, chưa cho phép giải thích đầy đủ các đặc điểm cấu trúc và chuyển động của hệ Mặt Trời. Ngay như giả thuyết Laplace, một giả thuyết đã được chú ý nhiều nhất cũng không thể giải thích được đặc điểm về phân bố mômen động lượng.

Rõ ràng các giả thuyết trên đây chỉ là những thuyết cơ học (chỉ vận dụng các quy luật vận động cơ học). Theo quan điểm hiện đại thì những giả thuyết về sự hình thành hệ Mặt Trời cũng như các hệ hành tinh của các ngôi sao trong vũ trụ có tính chất thuần túy cơ học là không thể đứng vững được. Ngoài vận động cơ học người ta rất quan tâm đến các loại vận động khác như điện từ, hạt nhân. Chẳng hạn như để xóa bỏ mâu thuẫn về quy luật phân bố mômen động lượng trong giả thuyết Laplace, nhà thiên văn vật lý Hall đã lập luận như sau : Khi phôi sao (phôi Mặt Trời) đạt tới một khối lượng riêng đủ lớn nào đó thì sự trao đổi mômen động lượng với vành phôi hành tinh diễn ra rất chậm. Do tiếp tục co, phôi sao tăng nhanh vận tốc quay và dẫn đến tình trạng bất ổn định xoắn. Đối với phôi Mặt Trời thì tình trạng này diễn ra khi bán kính của nó có giá trị vào khoảng bán kính của quỹ đạo Thủy Tinh. Lúc này, từ xích đạo của phôi Mặt Trời một dòng vật chất được phun ra dần dần tạo thành một đám mây vật chất bao quanh dưới dạng đĩa (phôi hành tinh). Với giả thuyết phôi Mặt Trời có từ trường như từ trường của một lưỡng cực và một phần vật chất của phôi hành tinh ở trạng thái iôn thì sự chuyển động quay của dòng vật chất iôn hóa này cắt các đường cảm ứng từ, làm uốn cong các đường cảm ứng từ. Do vận tốc góc của phôi Mặt Trời, lớn hơn vận tốc góc của phôi hành tinh mà các đường cảm ứng từ bị xoắn dần. Kết quả là phôi hành tinh được tăng tốc còn phôi Mặt Trời thì quay chậm lại. Phôi Mặt Trời giảm vận tốc quay đến một mức nào đó thì sự bất ổn định xoắn kết thúc, dòng vật chất ngừng hoạt động và đĩa phôi hành tinh tách ra hẳn khỏi phôi Mặt Trời.

§117. GIỚI THIỆU VŨ TRỤ HỌC

Vũ trụ học nghiên cứu tính chất vận động chung của vật chất trong vũ trụ. Một mục tiêu của nó là tìm kiếm mô hình vật chất trong không gian mà con người đã nhìn được (bán kính khoảng một chục tỉ năm ánh sáng và được gọi là Đại thiên hà).

Cho đến nay đa số mô hình vũ trụ đều được xây dựng trên cơ sở của thuyết tương đối rộng và những hiện tượng thiên văn đã biết, đặc biệt là hiện tượng lệch về phía đỏ của các vạch phổ bức xạ của các thiên hà.

1. Mô hình vũ trụ đồng nhất và đẳng hướng

Theo thuyết tương đối rộng của Anhtan thì sự có mặt của một khối lượng lớn của một vật nào đó ảnh hưởng đến tính chất của không gian và thời gian. Những tính chất của không gian thông thường (không gian Oclit) bao quanh một khối lượng lớn bị thay đổi, cụ thể là không gian bị "cong". Độ cong này của không gian bao quanh từng thiên thể riêng lẻ (như quanh các sao) rất nhỏ. Song dưới tác dụng hấp dẫn của tất cả các thiên thể trong Đại thiên hà thì rất lớn và do đó có ảnh hưởng tới sự tiến hóa của vũ trụ.

Việc xác định tính chất của không gian và thời gian (trên cơ sở của thuyết tương đối) trong trường hợp sự phân bố khối lượng vật chất tùy ý là rất phức tạp. Để đơn giản người ta xây dựng mô hình vũ trụ với giả thiết là vật chất trong vũ trụ được phân bố đều tức là không gian đồng nhất và đẳng hướng. Các mô hình này được gọi là mô hình vũ trụ đồng nhất và đẳng hướng.

Theo các mô hình vũ trụ đồng nhất và đẳng hướng thì vũ trụ có thể tồn tại trong trạng thái co hoặc trong trạng thái giãn. Như vậy khoảng cách giữa hai thiên hà bất kì nào cũng là một hàm của thời gian. Dạng của hàm này phụ thuộc vào độ cong của không gian. Nếu độ cong là âm thì vũ trụ giãn nở, độ cong là dương thì vũ trụ ở trạng thái co. Độ cong của không gian phụ thuộc vào giá trị trung bình của mật độ vật chất. Nếu mật độ bé hơn một giá trị tới hạn nào đó thì độ cong là âm, bằng

giá trị tới hạn thì độ cong bằng không, lớn hơn giá trị tới hạn thì có độ cong dương.

Giá trị trung bình tới hạn của mật độ vật chất trong vũ trụ được biểu diễn qua hằng số Hubble H và hằng số vạn vật hấp dẫn G theo biểu thức :

$$\rho_{t.h} = \frac{3H^2}{8\pi G}$$

Với $H = 100 \text{ km/s.Mpc}$ thì $\rho_{th} = 2.10^{-29} \text{ g/cm}^3$.

Mật độ vật chất trung bình đã tính được qua các số liệu quan trắc có trị số khoảng $5.10^{-32} \text{ g/cm}^3$ nghĩa là nhỏ hơn giá trị tới hạn (ρ_{th}), tức là có độ cong âm và như vậy vũ trụ đang ở trong pha giãn nở. Đến đây ta thấy lí thuyết và thực hành quan sát đã phù hợp nhau và từ đó mô hình vũ trụ đồng nhất và đẳng hướng tưởng chừng như đã được khẳng định !

Tuy nhiên vẫn có những nhà khoa học hoài nghi mô hình vũ trụ loại này. Trước hết họ nghi ngờ về giá trị trung bình của mật độ vật chất đã tính (bằng cách nào mà biết được toàn bộ vật chất chứa trong vũ trụ, khả năng tính được giá trị bé hơn sự thực là dễ xảy ra). Hơn nữa, nếu đúng là bây giờ đang giãn nở thì ở thời kì trước đây mật độ vật chất phải lớn hơn, lúc đó độ cong là dương, vũ trụ đã ở trạng thái co. Từ trạng thái co chuyển sang trạng thái giãn như thế nào ?

2. Mô hình vũ trụ nóng - bigbang

Từ những năm 60 của thế kỉ 20 này, nhiều nhà khoa học trong số đó có A. Penzias và R. Wilson (được giải thưởng Nobel năm 1976) đã phát hiện loại bức xạ cường độ yếu tràn ngập trong vũ trụ có nhiệt độ 3K và được lí giải là dấu vết của một hiện tượng vũ trụ đã diễn ra từ 15 tỉ năm về trước. Loại bức xạ tràn ngập vũ trụ này (hiệu là cường độ bức xạ thu được theo mọi hướng trong vũ trụ đều như nhau) không thể do một thiên

thiên thể riêng lẻ nào - gây ra mà phải là hiện tượng thuộc toàn bộ vũ trụ, do đó nó được gọi là *bức xạ nền vũ trụ* hay *bức xạ tàn dư vũ trụ*.

Trong những năm gần đây, những nhà nghiên cứu như J.Nackilla (Ấn Độ), J. Hacton (U.S.A), Gamop (Nga)... và đáng lưu ý nhất là S.Hawking (Anh) đã nêu ra thuyết vũ trụ nóng - vũ trụ được "khai sinh" từ một vụ nổ lớn có tên gọi là bigbang.

Trong quá trình nghiên cứu các lỗ đen, Hawking nhận thấy có mối liên quan sâu sắc giữa sự miêu tả một lỗ đen theo thuyết tương đối tổng quát và sự miêu tả theo thuyết nhiệt động lực học lượng tử. Từ đó ông thiết lập sợi dây gắn những thành tựu vĩ đại nhất của vật lí học thế kỉ 20 với thành tựu ở thế kỉ 19. Hệ thức bất định Haizenbec được áp dụng cho cả năng lượng và thời gian và dẫn đến kết luận là vũ trụ của chúng ta (có nghĩa là phần vũ trụ mà ta đã biết được) có thể sinh ra từ sự nổ của một "bọt nhỏ xíu không-thời gian" chứa đựng trong đó toàn bộ khối lượng của vũ trụ.

Lí thuyết vô cùng phức tạp của các nhà vũ trụ học này có thể diễn tả theo bức tranh như sau :

Nếu ta hình dung theo ngược chiều thời gian quá trình giãn nở của vũ trụ thì càng ngược thời gian bao nhiêu, các thiên hà càng ở gần nhau bấy nhiêu. Và ngược đến tận cùng của thời gian thì toàn bộ vật chất trong vũ trụ phải tập trung tại một điểm, nghĩa là có một khối vật chất vô cùng đậm đặc và vô cùng nóng đã nổ tung. Vật chất giãn ra xung quanh. Ở giai đoạn đầu vì nhiệt độ rất cao, vật chất chỉ tồn tại ở trạng thái iôn. Các êlectrôn tự do tương tác không ngừng với photon tạo ra trạng thái cân bằng giữa vật chất và bức xạ, cản trở sự tích tụ của vật chất. Do giãn nở, nhiệt độ giảm dần đến khoảng 3000 K thì bức xạ cân bằng kết thúc, các êlectrôn liên kết với các prôtôn tạo ra Hidrô và các nguyên tố khác. Do có sự thăng giáng về mật độ mà các tâm tích tụ xuất hiện hình thành các thiên hà.

Ngày nay thuyết vụ nổ lớn - bigbang được coi là luận thuyết hàng đầu về vũ trụ học do có lí thuyết được xây dựng chặt chẽ và nhất là do một số hệ quả của thuyết lại có khả năng kiểm tra được.

- Theo lí thuyết thì vụ nổ ấy xảy ra cách đây 15 tỉ năm và từ đó tuổi của các thiên thể (thiên hà, các sao) phải thấp hơn trị số ấy.

- Cũng theo lí thuyết thì có bức xạ nền vũ trụ. Thành tựu đáng chú ý nhất cho việc khẳng định bức xạ nền vũ trụ này thuộc về cơ quan nghiên cứu vũ trụ NASA trong chương trình nghiên cứu mang tên FIRAS (Far Infra Red Absolute Spectrometer) từ vệ tinh nhân tạo COBE phóng tháng 11-1989. Nhiệt độ của bức xạ nền vũ trụ đã thu được với độ chính xác lí tưởng : $(2,735 \pm 0,06)$ K. Thành tựu này rất quan trọng không chỉ do có độ chính xác rất cao của nhiệt độ đã được xác định mà còn ở chỗ khẳng định được bức xạ nền của vũ trụ (các trị số nhiệt độ xác định theo các phương quan trắc khác nhau trong vũ trụ đều như nhau) phù hợp với thuyết bigbang.

Như vậy theo quan niệm hiện nay thì vũ trụ có "khai sinh", đang giãn nở. Câu hỏi được đặt ra là vũ trụ giãn nở đến bao giờ, có chuyển sang trạng thái co lại đến phá ban đầu không, hay nói cách khác, số phận của vũ trụ sẽ như thế nào ? Rõ ràng con đường nhận thức vũ trụ còn đang mở rộng.

Điều cần biết và cần khẳng định là các mô hình vũ trụ đã xây dựng cũng chỉ là những mô hình của phần vũ trụ mà con người đã biết được mà thôi. Sẽ là sai lầm nếu như ai đó nghĩ rằng vũ trụ chỉ có thế, nghĩa là vũ trụ là giới nội và có sinh có tử !

BÀI TẬP TỔNG QUÁT

1. Giải thích những đặc điểm về chuyển động nhìn thấy của các thiên thể trong bầu trời (các sao, các hành tinh, Mặt Trời, Mặt Trăng, Sao băng, Sao chổi...)

2. Hãy nêu nguyên nhân diễn ra 4 mùa trên Trái Đất và từ đó xem xét hiện tượng 4 mùa trên các hành tinh của hệ Mặt Trời.

3. Hãy nêu ưu điểm của Dương lịch và lí do nên dùng Dương lịch kể cả trong chỉ đạo sản xuất nông nghiệp và chăn nuôi.

4. Hãy trình bày nguyên tắc để có thể biết được độ chính xác của đồng hồ thường dùng thông qua các tri thức về thiên văn.

5. Hãy trình bày nguyên tắc nhận biết giờ ngày tháng trong năm Dương lịch thông qua quan sát Mặt Trời và các sao.

6. Hãy trình bày phương pháp và các phương tiện cần để xác định được độ vĩ và độ kinh địa lí một cách đơn giản nhất.

7. Hãy trình bày nguyên tắc và thiết kế một đồng hồ Mặt Trời đặt tại địa phương công tác.

8. Hãy sử dụng lịch thiên văn hàng năm để làm các thông báo sau :

a) Các nhật nguyệt thực quan sát được ở nước ta trong năm đó (ngày giờ xảy ra và quá trình diễn biến).

b) Các hành tinh có thể nhìn thấy trên bầu trời (hành tinh nào, thấy vào thời kì nào và ở khu vực nào của bầu trời).

c) Các hiện tượng thiên văn đặc biệt xảy ra trong năm.

9. Hãy chuẩn bị nội dung nói chuyện ngoại khóa theo các chủ đề sau :

a) Thiên văn học và đời sống.

b) Thiên văn học với việc xây dựng thế giới quan duy vật.

c) Hiện tượng nhật nguyệt thực.

d) Du hành vũ trụ.

e) Vũ trụ - phòng thí nghiệm thiên nhiên vô tận.

PHẦN PHỤ LỤC

Phụ lục 1

KÌ NGUYÊN DU HÀNH VŨ TRỤ

Một trong những vốn quý của con người là ham hiểu biết. Từ ngàn xưa con người đã mơ ước lên cung Trăng, bay vào vũ trụ.

Thiên văn học phát triển, Còpecnic, Galilê đã cho biết Mặt Trăng cũng là một "Trái Đất" và ước mơ du hành vũ trụ đã trở thành sự thực.

Cơ học Niuton, đã giúp ta tính được các loại vận tốc cần tạo cho các con tàu để thoát li khỏi Trái Đất.

Đầu thế kỉ XX này, Xiôncôpxki đã đề ra lí thuyết và kĩ thuật chế tạo các tên lửa (khả năng duy nhất để tạo được các vận tốc lớn được gọi là vận tốc vũ trụ). Công thức để tính vận tốc thu được của một tên lửa là :

$$v = 2,3 U \lg \left(\frac{\text{Trọng lượng ban đầu}}{\text{Trọng lượng cuối cùng}} \right),$$

trong đó v là vận tốc đạt được, U là tốc độ phun của nhiên liệu. Muốn có vận tốc vũ trụ cấp I của Trái Đất ($v_1 \approx 8\text{km/s}$) và nếu tốc độ của nhiên liệu phun $U = 3 \text{ km/s}$ thì tỉ số trong dấu ngoặc phải bằng 15 nghĩa là lượng nhiên liệu phải chiếm 14/15 của khối lượng toàn bộ. Người ta đã nghĩ tới tên lửa nhiều tầng để giảm tới đa mức nhiên liệu tiêu thụ.

Dưới đây là những mốc quan trọng của khoa học du hành vũ trụ.

4-10-1957. Liên Xô (cũ) đã phóng thành công vệ tinh nhân tạo đầu tiên của Trái Đất, mở đầu kỉ nguyên du hành vũ trụ.

4-10-1959. Liên Xô (cũ) đã thực hiện được tên lửa cực mạnh, tạo vận tốc vũ trụ cấp II, phóng "Trạm Mặt Trăng 3" bay vòng phía sau của Mặt Trăng, chụp và truyền ảnh mặt này về Trái Đất. (Con người lần đầu tiên nhìn được "gáy" của chị Hằng).

12-4-1961. Liên Xô đã phóng tàu vũ trụ "Phương Đông", I. Gagarin là người đầu tiên bay vào vũ trụ.

1-11-1962. Liên Xô đã phóng trạm tự động lên Hỏa Tinh.

18-3-1965. Liên Xô đã phóng tàu vũ trụ "Rạng Đông 2", lần đầu tiên có phi công vũ trụ bước ra khỏi tàu, tiếp xúc trực tiếp với không gian vũ trụ.

3-2-1966. Liên Xô phóng "Trạm Mặt Trăng 9" đổ bộ nhẹ nhàng lên Mặt Trăng.

15-9-1968. Liên Xô phóng trạm "Thăm Dò 5" bay vòng quanh Mặt Trăng và trở về Trái Đất.

12-9-1970. Liên Xô phóng "Trạm Mặt Trăng 10" đổ bộ nhẹ nhàng lên "Mặt Trăng", tự động lấy đất đá của Mặt Trăng đưa về Trái Đất.

16-7-1969. Mỹ đã thành công đưa người lên thám hiểm Mặt Trăng.

16-1-1973. Liên Xô phóng "Trạm Mặt Trăng 20" đưa 1 xe tự hành (Lunakhót) lên Mặt Trăng. Đây là một phòng thí nghiệm tự động, đặt trên 1 chiếc xe đặc biệt chạy trên Mặt Trăng, nghiên cứu lâu ngày một khoảng rộng trên Mặt Trăng.

1975. Liên Xô phóng thành công vệ tinh địa tĩnh mang tên "Cầu vồng số 1" phục vụ cho thông tin quốc tế bằng điện thoại, truyền thanh, truyền hình... (Vệ tinh được phóng trong mặt phẳng xích đạo Trái Đất bay ở độ cao 36000 km, có chu kì bằng chu kì quay của Trái Đất).

Những năm 70 và 80 đã hình thành nhiều tổ chức hợp tác quốc tế hướng khoa học du hành vũ trụ vào phục vụ đời sống và thám hiểm các thiên thể khác trong hệ Mặt Trời. Chẳng hạn như :

686

- Tổ chức INMARSAT (1976) phục vụ cho việc liên lạc quốc tế đối với các tàu thủy.

- Tổ chức COSPAS-SARSAT 1982 phục vụ cho việc tìm kiếm các tai nạn về tàu thủy, máy bay.

- Chương trình "Sao Kim" (1984-1986) nghiên cứu Kim Tinh và sao chổi Halley.

Chương trình "Phobos" (1988) nghiên cứu Hỏa Tinh.

Từ đó đến nay con người đã có thêm các chương trình thám hiểm các hành tinh ; đặc biệt chương trình nghiên cứu của NASA với kính Hubble đặt trong trạm vũ trụ.

Cần biết rằng Du hành vũ trụ là một khoa học phản ánh sự tiến bộ vượt bậc của nhiều ngành khoa học, kĩ thuật. Khoa học này đòi hỏi sự đầu tư cao về sức người và sức của. Hiện nay ngành du hành vũ trụ ngoài việc tìm hiểu vũ trụ, nghiên cứu Trái Đất (khảo sát tài nguyên trong vỏ Trái Đất, theo dõi các hiện tượng diễn ra trong khí quyển và trên mặt đất để góp phần thực hiện những dự báo phục vụ cho cuộc sống) còn tiến hành những nghiên cứu, những thử nghiệm về các quá trình vật lí, sinh học, y học và một số công nghệ trong trạng thái không trọng lượng.

Phụ lục 2

CÁC YẾU TỐ QUỹ ĐẠO VÀ CÁC BÀI TOÁN CƠ BẢN CỦA THIÊN VĂN LÍ THUYẾT

Một vấn đề quan trọng trong việc nghiên cứu chuyển động của các thiên thể là xác định được quỹ đạo của chúng.

Sự chuyển động của các hành tinh quanh Mặt Trời... sẽ hoàn toàn được xác định nếu biết :

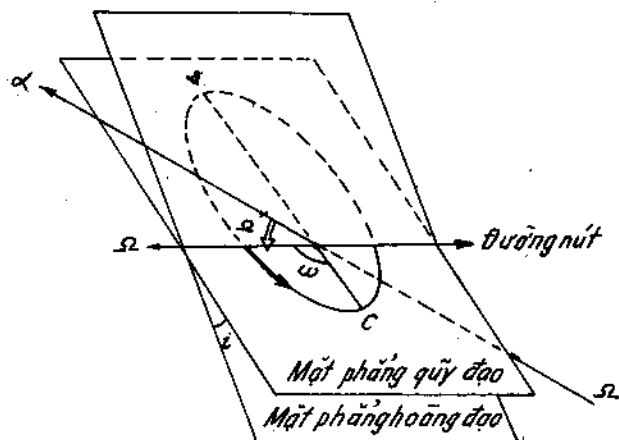
- Mặt phẳng chứa quỹ đạo và vị trí của quỹ đạo trong mặt phẳng ấy.

- Hình dạng và kích thước của quỹ đạo.

- Thời điểm hành tinh đi qua một điểm được chọn làm mốc trên quỹ đạo.

Tất cả những thông số trên được xác định qua các yếu tố được gọi là các yếu tố quỹ đạo.

Đối với các hành tinh thì mặt phẳng được chọn làm gốc là mặt phẳng Hoàng đạo. Quỹ đạo hành tinh cắt mặt phẳng Hoàng đạo tại hai điểm... gọi là nút lên và nút xuống. Nút lên là điểm hành tinh cắt mặt phẳng hoàng đạo khi đi từ phía cực nam lên phía cực bắc. Quỹ đạo của hành tinh được xác định bằng 6 yếu tố (H.113).



Hình 113

1. Góc nghiêng i của mặt phẳng quỹ đạo đối với mặt phẳng hoàng đạo. Góc nghiêng này có thể có giá trị từ 0 đến 180° . Nếu $0 \leq i < 90^\circ$ hành tinh sẽ chuyển động quanh Mặt Trời cùng chiều với Trái Đất (chuyển động thuận) nếu $90^\circ < i < 180^\circ$ thì hành tinh chuyển động theo chiều nghịch.

2. Hoàng kinh của nút lên 0 (tọa độ nhật tâm) nghĩa là góc giữa hướng từ tâm Mặt Trời đến nút lên và đến điểm xuân phân. Hoàng kinh của nút lên có giá trị từ 0° đến 360° .

Hoàng kinh của nút lên và góc nghiêng i xác định vị trí mặt phẳng quỹ đạo trong không gian.

3. Góc cận điểm ω là góc giữa các hướng từ tâm Mặt Trời đến nút lên và đến cận điểm. Nó được tính trong mặt phẳng quỹ đạo hành tinh và theo chiều hành tinh chuyển động, có giá trị từ 0° đến 360° .

Góc cận điểm ω xác định vị trí của quỹ đạo trong mặt phẳng của nó.

4. Bán trục lớn a của quỹ đạo elip. Bán trục này xác định đơn vị chu kì quay T của hành tinh, thường được biết qua chuyển động trung bình hàng ngày nghĩa là qua vận tốc góc trung bình hàng ngày của hành tinh

$$\left(n = \frac{360^\circ}{T} = \frac{2\pi}{T} \right)$$

5. Tâm sai quỹ đạo $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$, trong đó a và b là các bán trục của quỹ đạo elip.

Bán trục lớn a và tâm sai quỹ đạo e xác định kích thước và hình dạng quỹ đạo.

6. Thời điểm hành tinh đi qua cận điểm (t_0) hay vị trí của hành tinh trên quỹ đạo vào thời điểm xác định

1 - CÁC CÔNG THỨC XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ HÀNH TINH TRÊN QUỸ ĐẠO

Vị trí của hành tinh trên quỹ đạo tại thời điểm t được xác định bằng góc cận điểm thực φ và bán kính vectơ r .

Trên hình 114, H là vị trí của hành tinh ở thời điểm t góc $CSH = \varphi$ là góc cận điểm thực. Đường vuông góc kẻ từ H xuống đường thẳng nối cận điểm và viễn điểm cắt vòng tròn tâm O bán kính bằng a tại điểm N , góc $CON = E$ là góc cận điểm tâm

sai. Tưởng tượng một điểm m chuyển động đều trên đường tròn tâm O bán kính bằng a , có chu kì bằng chu kì T của hành tinh H . Rõ ràng cả m và H đều đi qua cận điểm C ở cùng một thời điểm. Góc COM được gọi là góc cận điểm trung bình của hành tinh H và kí hiệu là M :

$$M = n(t - t_0) \quad (1)$$

với $n = \frac{360^\circ}{T}$ là vận tốc góc

trung bình hàng ngày. Dựa vào tính chất chuyển động tròn đều của m và định luật hai Képle ta có :

$$\frac{\text{Diện tích COM}}{\pi a^2} = \frac{\text{Diện tích CSH}}{\pi ab}$$

hay $\frac{\text{Diện tích CSH}}{\text{Diện tích COM}} = \frac{b}{a} \quad (2)$

Khi chiếu các điểm của vòng tròn lên cung CH của elip thì tung độ của các điểm trên đường tròn sẽ được giảm đi theo tỉ lệ $\frac{b}{a}$ và ta có thể viết :

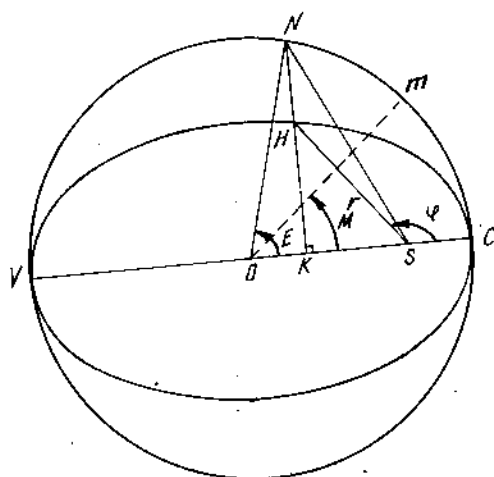
$$\frac{\text{Diện tích CSH}}{\text{Diện tích CSN}} = \frac{b}{a} \quad (3)$$

So sánh (2) với (3) ta có :

$$\text{Diện tích CSN} = \text{Diện tích COM} = \frac{1}{2} a^2 M \quad (4)$$

Từ hình vẽ ta thấy :

$$\text{Diện tích CSN} = \text{Diện tích CON} - \text{Diện tích } \Delta SON \quad (5)$$



Hình 114

$$\text{Diện tích CON} = \frac{1}{2} a^2 E \quad (6)$$

$$\text{Diện tích } \triangle SON = \frac{1}{2} NK.OS = \frac{1}{2} a \sin E . ae \quad (7)$$

Thay (4), (6) và (7) vào (5)

$$\text{Ta có } M = E - e \sin E \quad (8)$$

$$\text{hay } E = M + e \sin E$$

Phương trình (8) được gọi là phương trình Képle.

$$\text{Từ hình 114 ta có : } OK = OS - KS \quad (9)$$

$$OK = a \cos E$$

$$OS = ae.$$

Trong tam giác vuông HKS, góc S bằng $180^\circ - \varphi$ nên $KS = -r \cos \varphi$.
 Vậy (9) có thể viết

$$a \cos E = ae + r \cos \varphi \quad (10)$$

$$\text{Nhưng theo phương trình elip } r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \varphi}$$

$$\text{Ta có } \cos E = \frac{e + \cos \varphi}{1 + e \cos \varphi}$$

Vậy có thể viết :

$$1 - \cos E = \frac{1 + e \cos \varphi - e - \cos \varphi}{1 + e \cos \varphi}$$

$$\text{hay } 2 \sin^2 \frac{E}{2} = \frac{(1 - e)(1 - \cos \varphi)}{1 + e \cos \varphi} \quad (11)$$

$$\text{Tương tự } 1 + \cos E = 2 \cos^2 \frac{E}{2} \frac{(1 + e)(1 + \cos \varphi)}{1 + e \cos \varphi} \quad (12)$$

Chia (10) cho (11) ta có :

$$\text{tg}^2 \frac{E}{2} = \frac{1 - e}{1 + e} \times \frac{1 - \cos \varphi}{1 + \cos \varphi} = \frac{1 - e}{1 + e} \cdot \text{tg}^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$\text{hay } \text{tg} \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1 + e}{1 - e}} \text{tg} \frac{E}{2} \quad (13)$$

Nhân cả hai vế của (10) với e ta có :

$$ae \cos E = ae^2 + re \cos \varphi$$

và từ phương trình elip ta có :

$$\begin{aligned} re \cos \varphi &= a(1 - e^2) - r \\ r &= a(1 - e \cos E) \end{aligned} \quad (14)$$

Giải phương trình Kêple ta sẽ có giá trị của E . Sử dụng các phương trình (13) và (14) ta sẽ tính được φ và r nghĩa là xác định được vị trí của hành tinh trên quỹ đạo ở thời điểm t trong hệ nhật tâm. Nếu biết được các yếu tố quỹ đạo Trái Đất ta sẽ xác định được tọa độ địa tâm của hành tinh và tìm được khoảng cách từ hành tinh đến Trái Đất.

II - CÁC BÀI TOÁN CƠ BẢN CỦA THIÊN VĂN LÝ THUYẾT

Có hai bài toán cơ bản :

1. Từ các yếu tố quỹ đạo của hành tinh (hay vệ tinh) xác định các tọa độ nhìn thấy của chúng. Phần việc này thuộc về cơ quan tính lịch, tức là lập những bảng số cho biết vị trí của thiên thể ở các thời điểm tùy ý (có khi tính trước hàng chục năm).

2. Bài toán ngược là bài toán xác định quỹ đạo cụ thể là dựa vào các tọa độ quan sát (ít nhất là ba tọa độ) để xác định các yếu tố quỹ đạo. Đây là bài toán đặc biệt cần cho việc nghiên cứu và theo dõi các thiên thể mới phát hiện như hành tinh, vệ tinh, sao chổi hay theo dõi, điều khiển chuyển động của các con tàu, các trạm vũ trụ.

Phụ lục 3

MỘT PHƯƠNG ÁN CẢI TIẾN DƯƠNG LỊCH

Để tham khảo, dưới đây trình bày tóm tắt một phương án cải tiến Dương lịch của một tác giả cuốn Giáo trình này.

Như đã biết D.L hiện dùng có 2 nhược điểm. Sự phân bố các ngày trong các tháng không theo một quy tắc nào và bình quân năm lịch còn sai với chu kì 4 mùa.

Phương án cải tiến sẽ loại bỏ được 2 nhược điểm đó bằng cách nêu lên luật tính năm nhuận và phân bố ngày trong tháng.

1. Luật nhuận

Từ yêu cầu bình quân năm lịch phải dài đúng bằng chu kì 4 mùa tức là :

$$\begin{aligned}\text{Năm lịch} &= 365, 2422 \text{ ngày} \\ \text{hay} &= 365 \frac{2422}{10000} \text{ ngày.}\end{aligned}$$

Ta thấy nếu trong mỗi khoảng thời gian 10000 năm có được 2422 năm nhuận thì yêu cầu trên sẽ hoàn toàn đáp ứng. Điều đó sẽ thỏa mãn qua luật nhuận như sau :

Năm nhuận là năm mà con số của năm đó chia tròn cho 4, trừ những năm chứa số nguyên thế kỉ nếu con số thế kỉ đó hoặc không chia tròn cho 4, hoặc chia tròn cho 40 hoặc chia tròn cho 100.

Thật vậy trong 10000 năm có 100 thế kỉ, theo luật trên số năm nhuận sẽ là :

Số năm chia tròn cho 4 : 2500

Số thế kỉ không chia tròn cho 4 : 75

Số thế kỉ chia tròn cho 40 : 2

Số thế kỉ chia tròn cho 100 : 1

Từ đó số năm nhuận trong 10 000 năm là :

$$2500 - (75 + 2 + 1) = 2422$$

2. Phân bố số ngày trong các tháng

• Một năm vẫn có 4 quý, mỗi quý có 3 tháng gồm 91 ngày cụ thể tháng đầu quý và giữa quý đều có 30 ngày, tháng cuối quý có 31 ngày.

• Năm 4 quý có $91 \times 4 = 364$ ngày. Năm thường có 365 ngày, ngày cuối năm được đánh số 365. Năm nhuận có 366 ngày, ngày cuối năm được đánh số 366.

• Tuần lễ có 6 ngày. Các ngày cuối quý, cuối năm không xếp vào tuần lễ.

Phương án cải tiến được thể hiện qua bảng sau :

Tháng Thứ	Quý		
	Đầu	Giữa	Cuối
Nhất	1 7 13 19 25	1 7 13 19 25	1 7 13 19 25
Hai	2 8 14 20 26	2 8 14 20 26	2 8 14 20 26
Ba	3 9 15 21 27	3 9 15 21 27	3 9 15 21 27
Tư	4 10 16 22 28	4 10 16 22 28	4 10 16 22 28
Năm	5 11 17 23 29	5 11 17 23 29	5 11 17 23 29
Chủ nhật	6 12 18 24 30	6 12 18 24 30	6 12 18 24 30
Ngày cuối quý			31
Ngày cuối năm thường			365
Ngày cuối năm nhuận			366

Phương án Lịch đề nghị này là một lịch vĩnh cửu tức là bảng lịch trên sử dụng cho mọi năm. Hơn nữa phương án còn có mấy ưu điểm khác như sau :

- Tháng có 5 tuần lễ
- Các ngày nhất định trong tháng rơi vào các thứ nhất định trong tuần
- Cuối mỗi quý có 2 ngày nghỉ
- Cuối mỗi năm thường có 3 ngày nghỉ
- Cuối mỗi năm nhuận có 4 ngày nghỉ :

Phụ lục 4

CÁC LOẠI LỊCH KHÁC ĐANG CÒN LƯU HÀNH Ở NƯỚC TA

1. Lịch 24 tiết

Như đã biết Dương lịch là loại lịch ưu việt vì từng năm Dương lịch khá phù hợp với chu kì 4 mùa và do đó từng ngày tháng

Dương lịch phản ánh được đặc điểm của thời tiết trong mỗi chu kì. Nó được sử dụng tốt cho việc lập kế hoạch của các nhà nước, kể cả việc chỉ đạo sản xuất nông nghiệp và chăn nuôi.

Trước khi có Dương lịch người ta cũng đã xác định được độ dài của chu kì 4 mùa và nhiều nước đã xây dựng những loại lịch đáp ứng được yêu cầu của sản xuất nông nghiệp. Chẳng hạn như Ấn Độ có lịch 6 tiết (mỗi chu kì 4 mùa được chia ra làm 6 tiết), các nước Á Đông chia chu kì 4 mùa ra làm 24 tiết và được gọi là lịch 24 tiết.

Với mục đích phục vụ sát cho sản xuất nông nghiệp, các tiết không đánh số theo số thứ tự 1, 2... 24 mà có tên gọi riêng - từng tên gọi phản ánh đặc điểm của thời tiết trong mỗi tiết. Cũng như các nước phương Tây người ta đã chia Hoàng đạo ra 12 cung bằng nhau và chúng được gọi là : Tí, Sửu, Dần, Mão, Thìn, Tị, Ngọ, Mùi, Thân, Dậu, Tuất, Hợi. Mặt trời di chuyển trên Hoàng đạo theo thứ tự từ cung Hợi đến cung Tuất v.v... Ngày Mặt Trời vượt qua ranh giới giữa 2 cung được gọi là Trung khí, ngày nó đi qua điểm chính giữa mỗi cung được gọi là Tiết khí. Như vậy có 12 Trung khí và 12 tiết khí ứng với 24 vị trí xác định của Mặt Trời trên Hoàng đạo tức là ứng với những đặc điểm nhất định của thời tiết trong mỗi chu kì 4 mùa. Tóm lại có tất cả 24 ngày khí, đặc trưng cho 24 dạng thời tiết trong chu kì 1 năm.

Dưới đây là các ngày khí và tên gọi của chúng :

Tiết khí	Trung khí
5-II. Lập xuân (đầu xuân)	20-II. Vũ Thủy (ấm ướt)
6-III. Kinh trập (sầu nở)	21-III. Xuân phân (giữa xuân)
5-IV. Thanh minh (trong sáng)	22-IV. Cốc vũ (mưa thuận)
6-V. Lập hạ (đầu hạ)	22-V. Tiểu mãn (lúa xanh)
6-VI. Mang chủng (lúa trở)	22-VI. Hạ chí (giữa hè)
8-VII. Tiểu thử (nắng nhẹ)	23-VII. Xử thử (nắng nhạt)
8-VIII. Lập thu (đầu thu)	24-VIII. Đại thử (nắng gắt)
8-IX. Bạch lộ (mưa ngâu)	23-IX. Thu phân (giữa thu)

8-X. Hàn lộ (mát mẻ)
 8-XI. Lập đông (đầu đông)
 8-XII. Đại tuyết (tuyết nhiều)
 6-I. Tiểu hàn (rét vừa)

24-X. Sương giáng (sương sa)
 23-XI. Tiểu tuyết (tuyết nhẹ)
 22-XII. Đông chí (giữa đông)
 21-I. Đại hàn (rét giá)

Cần lưu ý rằng khi đặt tên cho 24 tiết người ta đã cố gắng chọn từ sao cho phản ánh được đặc điểm thời tiết của mỗi tiết. Rõ ràng thời tiết của các nơi khác nhau trên Trái Đất không giống nhau. Bảng trên chỉ áp dụng tốt cho một số khu vực nhất định : Dù sao thì ta có thể coi nó như một bản mẫu để nếu cần, sẽ đặt tên khác cho phù hợp với khí hậu thời tiết từng địa phương.

Dưới đây là bảng các ngày khí ghi theo vị trí của Mặt Trời (qua xích kinh của Mặt Trời) trên 12 cung Hoàng đạo (cũng là vào những ngày tháng nhất định của Dương lịch) và sự quy ước 4 mùa của phương Đông và phương Tây.

Bảng 24

TIẾT KHÍ

Mùa ở Phương Tây	Mùa ở Á Đông	Ngày DL	Xích kinh của Mặt Trời	Tên cung Hoàng đạo	Tên Trung khí	Tên Tiết khí		
21-III	Đông	6-III	345°	Hợi	Xuân phân	Kinh trập		
Đông		20-II	315	Tị	Vũ thủy	Lập Xuân		
		5-II			Đại hàn	Tiểu hàn		
		21-I			6-I	285	Sửu	Đông chí
22-XII	Đông	8-XII	255	Dần	Tiểu tuyết	Đại tuyết		
Thu	-	23-XI	225	Mão	Sương giáng	Lập đông		
		8-XI			8-X	195	Thìn	Hàn lộ
		24-X			23-IX	Thu	8-IX	165
23-IX	Thu	24-VIII			Xử thử			

Hạ	-	8-VIII	135	Ngo		Lập thu
		24-VII			Dại thủ	
		8-VII	105	Mùi		Tiểu thủ
22-VI	Hạ				Hạ chí	
		6-VI	75	Thân		Mang chủng
		22-V			Tiểu mãn	
Xuân	-	6-V	45	Dậu		Lập hạ
		22-IV			Cốc vũ	
		5-IV	15	Tuất		Thanh Minh
21-III	Xuân				Xuân phân	

2. Âm Dương lịch (hay Âm lịch)

Khoảng 600 năm trước Công nguyên, người ta đã cải tiến Âm lịch để cho phù hợp với chu kì thời tiết. Muốn vậy người ta dựa vào năm nhuận (mỗi năm nhuận có 13 tháng) để sao cho bình quân độ dài của năm lịch bằng chu kì 4 mùa. Dễ dàng thấy rằng cứ 19 năm phải có 7 năm nhuận là đạt được yêu cầu trên.

Quả vậy 19 chu kì bốn mùa (cũng là 19 năm Dương lịch) dài:

$$365,2422 \cdot 19 = 6\,939,60 \text{ ngày}$$

và 19 năm Âm lịch trong đó có 7 năm nhuận dài :

$$29,53[(12 \cdot 12) + (7 \cdot 13)] = 6\,939,55 \text{ ngày}$$

Như vậy khi đưa luật nhuận vào thì bình quân năm Âm lịch đã phù hợp với chu kì 4 mùa.

Âm lịch được đưa nhuận vào này được gọi là Âm Dương lịch mà hiện nay nhân dân ta còn dùng bên cạnh Dương lịch và thường quen gọi là Âm lịch.

+ Quy ước về năm nhuận

Như đã biết cứ 19 năm thì có 7 năm nhuận. Những năm nào là năm nhuận ? Người ta quy ước Mặt Trời phải tiến từ cung Tí sang cung Hợi vào một ngày nào đó của tháng giêng. Theo bảng Tiết khí thì rõ ràng, ngày mồng một Tết (Tết Nguyên Đán) phải là ngày mà Mặt Trời ở trong cung Tí. Vì vậy ngày Tết này chỉ có thể diễn ra vào những ngày trong khoảng từ ngày 21 tháng I đến ngày 20 tháng II Dương lịch. Mặt khác, Mặt Trời đi qua mỗi cung Hoàng đạo với thời gian trung bình trên 30

ngày, nhưng trung bình tháng Âm lịch chỉ có 29,5 ngày (ít hơn 30 ngày). Vì lẽ ấy mà từng tháng Âm lịch có thể chứa cả ngày Tiết khí và Trung khí, nhưng cũng có tháng chỉ chứa có một trong hai ngày đó mà thôi. Do quy ước và lập luận trên, người ta đi đến luật về năm nhuận, tháng nhuận như sau :

Năm nhuận là năm trong đó có một tháng không có Trung khí và tháng nhuận là tháng không có Trung khí đó.

Ví dụ trong năm Bính Ngọ (1966) tháng tiếp sau tháng Ba chỉ có Tiết khí (Thanh minh) không có Trung khí (Xuân phân), nên năm Bính Ngọ là năm nhuận (nhuận hai tháng ba).

Với luật nhuận đã quy ước trên, người ta có thể tính trước những năm nhuận cho nhiều năm sau (xem bảng trang sau).

+ Cách gọi tên năm

Tên gọi mỗi năm là một từ ghép tên một can với tên một chi. Có tất cả 10 can và 12 chi, cụ thể là :

10 can : Giáp, Ất, Bính, Đinh, Mậu, Kì, Canh, Tân, Nhâm, Quý.

12 chi : Tí, Sửu, Dần, Mão, Thìn, Tị, Ngọ, Mùi, Thân, Dậu, Tuất, Hợi.

Vì 10 và 12 có bội số chung nhỏ nhất là 60, nên các tên gọi được lặp lại với chu kì 60 năm.

can Chi	Giáp	Ất	Bính	Đinh	Mậu	Kì	Canh	Tân	Nhâm	Quý
Tí	1		13		25		37		49	
Sửu		2		14		26		38		50
Dần	51		3		15		27		39	
Mão		52		4		16		28		40
Thìn	41		53		5		17		29	
Tị		42		54		6		18		30
Ngọ	31		43		55		7		19	
Mùi		32		44		56		8		20
Thân	21		33		45		57		9	
Dậu		22		34		46		58		10
Tuất	11		23		35		47		59	
Hợi		12		24		36		48		60

Trong mỗi chu kì thì năm đầu là năm Giáp Tý (1), năm thứ hai là năm Ất Sửu (2)... năm thứ mười là năm Quý Dậu (10), năm thứ mười một là năm Giáp Tuất (11), năm thứ mười hai là năm Ất Hợi (12)... năm cuối của chu kì là năm thứ sáu mươi (Quý Hợi) và năm Giáp Tý (1) lại là năm đầu của chu kì tiếp theo.

Tóm lại Âm Dương lịch là loại vừa lấy cơ sở của tuần Trăng để xây dựng tháng, vừa lấy chu kì 4 mùa để xây dựng năm.

So với Dương lịch thì Âm Dương lịch bộc lộ nhiều nhược điểm, đặc biệt là 2 nhược điểm sau :

- Từng ngày tháng nhất định, của Âm Dương lịch không phản ánh được đặc điểm khí hậu thời tiết, nghĩa là không thích hợp cho việc chỉ đạo sản xuất nông nghiệp chăn nuôi...

- Năm thường có 12 tháng, năm nhuận có 13 tháng. Rõ ràng độ dài khác nhau của năm thường và năm nhuận này gây phức tạp cho việc lập kế hoạch hàng năm của các Nhà nước.

Chính vì lẽ trên mà Dương lịch đã được tất cả các nước trên thế giới (kể cả nước ta) quyết định làm lịch chính thức cho Nhà nước mình.

Đã có Dương lịch ưu việt rồi thì sự duy trì Âm lịch ở nước ta chỉ có tính chất tạm thời nhằm thỏa mãn tâm lí nhân dân về những ngày tết lễ cổ truyền mà thôi.

+ Các năm nhuận của Âm lịch từ năm 1981 đến năm 2000

TT	Năm nhuận	Tháng nhuận
1	Nhâm Tuất (1982)	Tháng 4
2	Ất Sửu (1985)	Tháng 2
3	Đinh Mão (1987)	Tháng 7
4	Canh Ngọ (1990)	Tháng 5
5	Quý Dậu (1993)	Tháng 3
6	Ất Hợi (1995)	Tháng 8
7	Mậu dần (1998)	Tháng 5

Phụ lục 5

**CÁC NHẬT THỰC VÀ NGUYỆT THỰC THẤY ĐƯỢC
Ở VIỆT NAM TỪ NĂM 1985 ĐẾN NĂM 2000.**

TT	Tên	Ngày tháng	Giờ cực đại
1	Nguyệt thực toàn phần	6-5-1985	2 ^h 22
2	Nguyệt thực toàn phần	20-10-1985	0 ^h 22
3	Nguyệt thực toàn phần	24-1-1986	19 ^h 10
4	Nguyệt thực toàn phần	18-10-1986	1 ^h 42
5	Nhật thực hình khuyên	23-9-1987	(1) Xem cụ thể
6	Nhật thực toàn phần	18-3-1988	(2) ở phần
7	Nguyệt thực một phần	27-8-1988	18 ^h 06 dưới bảng
8	Nhật thực hình khuyên	11-9-1988	(3)
9	Nguyệt thực toàn phần	20-2-1989	21 ^h 59
10	Nguyệt thực toàn phần	10-2-1990	1 ^h 49
11	Nguyệt thực một phần	6-8-1990	21 ^h 07
12	Nguyệt thực một phần	21-12-1991	17 ^h 34
13	Nguyệt thực một phần	10-12-1992	6 ^h 06
14	Nguyệt thực toàn phần	4-6-1993	19 ^h 11
15	Nguyệt thực một phần	18-4-1995	19 ^h 17
16	Nhật thực toàn phần	24-10-1995	(4)
17	Nguyệt thực toàn phần	4-4-1996	6 ^h 27
18	Nhật thực toàn phần	9-3-1997	(5)
19	Nguyệt thực toàn phần	17-9-1997	1 ^h 14
20	Nhật thực hình khuyên	22-8-1998	(6)
21	Nguyệt thực một phần	28-7-1999	18 ^h 36
22	Nguyệt thực toàn phần	26-7-2000	10 ^h 04

Số liệu cụ thể về các kì nhật thực tính cho 3 thành phố : Hà Nội, Vinh và thành phố Hồ Chí Minh.

(1) Ở nước ta chỉ thấy một phần hình khuyên

Hà Nội	47%	8h48
Vinh	40%	8h50
Thành phố Hồ Chí Minh	20%	9h

(2) Ở nước ta chỉ thấy được một phần

Hà Nội	45%	7h59
Vinh	50%	7h56
Thành phố		
Hồ Chí Minh	67%	7h44

(3) Chỉ ở cực Nam nước ta mới thấy và thấy rất bé.

(4) Ở nước ta thấy một phần nhưng khá to

Hà Nội	77%	11h
Vinh	84%	11h
Thành phố		
Hồ Chí Minh	97%	11h09

Thấy toàn phần trên một giải chạy qua Lâm Đồng, Sông Bé, Thuận Hải, T.P Hồ Chí Minh.

(5) Ở nước ta chỉ thấy được một phần

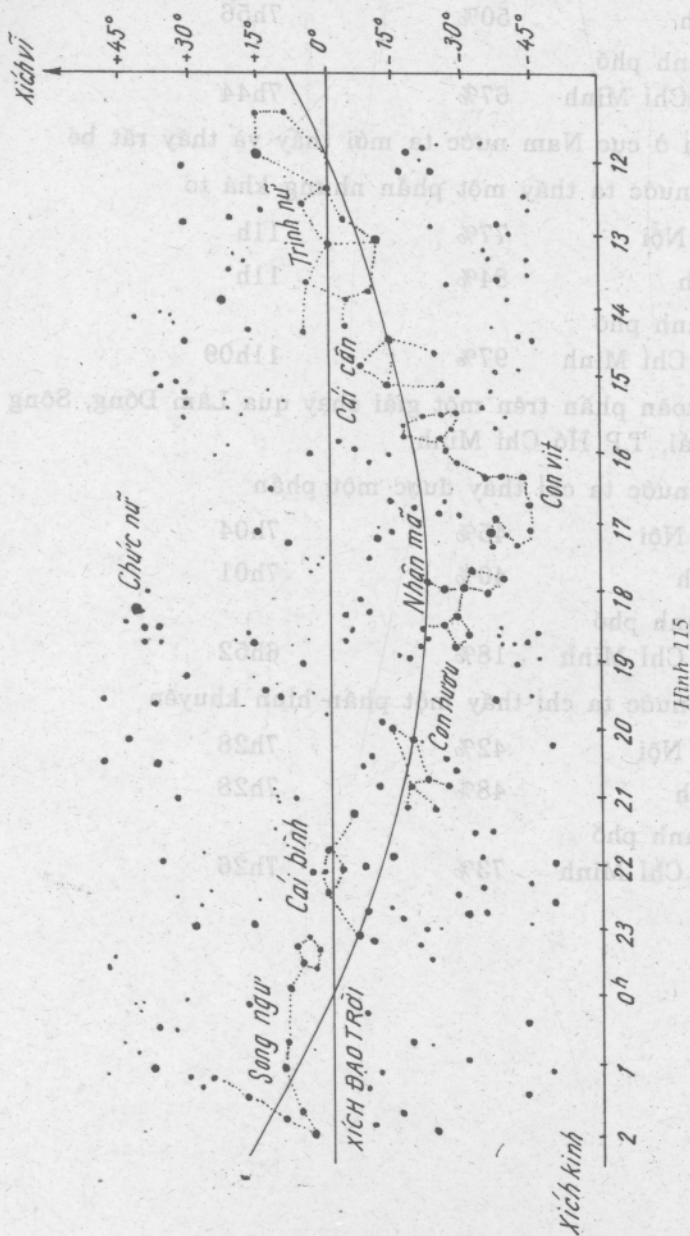
Hà Nội	45%	7h04
Vinh	40%	7h01
Thành phố		
Hồ Chí Minh	18%	6h52

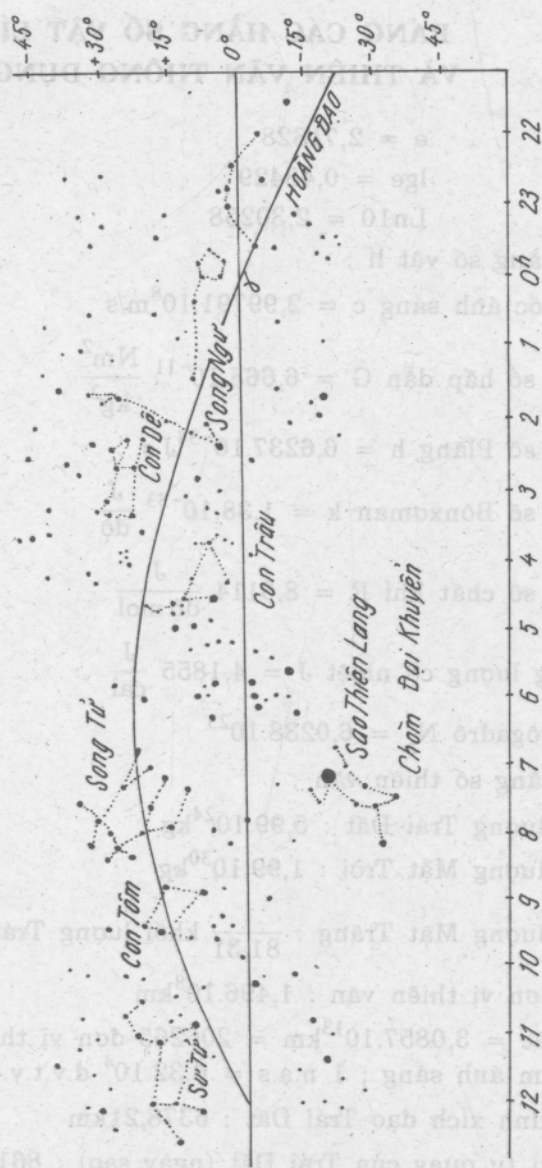
(6) Ở nước ta chỉ thấy một phần hình khuyên

Hà Nội	42%	7h28
Vinh	48%	7h28
Thành phố		
Hồ Chí Minh	73%	7h26

Phụ lục 6

BẢN ĐỒ CÁC CHÒM SAO CHÍNH TRÊN HOÀNG ĐỐI





Đinh 116

Phụ lục 7

BẢNG CÁC HẰNG SỐ VẬT LÝ VÀ THIÊN VĂN THÔNG DỤNG

$$e = 2,71828$$

$$\lg e = 0,43429$$

$$\ln 10 = 2,30258$$

Các hằng số vật lý :

$$\text{Vận tốc ánh sáng } c = 2,99791 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{Hằng số hấp dẫn } G = 6,668 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

$$\text{Hằng số Plăng } h = 6,6237 \cdot 10^{-34} \text{ J.s.}$$

$$\text{Hằng số Bônxơman } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{độ}}$$

$$\text{Hằng số chất khí } R = 8,3114 \frac{\text{J}}{\text{độ mol}}$$

$$\text{Đơn vị nhiệt } J = 4,1855 \frac{\text{J}}{\text{cal}}$$

$$\text{Số Avôgadrô } N_a = 6,0238 \cdot 10^{23}$$

Các hằng số thiên văn :

$$\text{Khối lượng Trái Đất : } 5,99 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\text{Khối lượng Mặt Trời : } 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$\text{Khối lượng Mặt Trăng : } \frac{1}{81,31} \text{ khối lượng Trái Đất}$$

$$\text{Một đơn vị thiên văn : } 1,496 \cdot 10^8 \text{ km}$$

$$1 \text{ paséc} = 3,0857 \cdot 10^{13} \text{ km} = 206265 \text{ đơn vị thiên văn} = 3,262 \text{ năm ánh sáng ; } 1 \text{ n.a.s} = 6,32 \cdot 10^4 \text{ đ.v.t.v.}$$

$$\text{Bán kính xích đạo Trái Đất : } 6378,21 \text{ km}$$

$$\text{Chu kì tự quay của Trái Đất (ngày sao) : } 86164,09 \text{ s}$$

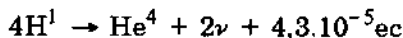
$$\text{Năm Xuân phân (1990): } 365,242199 \text{ ngày hay } 31556925,9747 \text{ s.}$$

Phụ lục 8

KÍNH THIÊN VĂN NOTRINÔ

Sóng vô tuyến, sóng ánh sáng... thu được chỉ cho phép hiểu biết lí tính của lớp vỏ của các thiên thể mà thôi. Sự cấu tạo ở trong lòng các thiên thể cũng như sự tiến hóa của chúng chỉ có thể khảo sát mỗi khi ta có khả năng "nhìn" sâu vào trong lòng của chúng. Điều này cũng đã bắt đầu được thực hiện qua phát minh mới - kính thiên văn notrinô.

Lí thuyết cho biết rằng trong lòng các sao xảy ra phản ứng nhiệt hạt nhân, chủ yếu là phản ứng :



Trong sự chuyển hóa các hạt sơ cấp thì có sự bảo toàn điện tích, bảo toàn số hạt nặng (bariôn) và hạt nhẹ (lepton). Do đó sự chuyển hóa prôtôn p sang notrôn n được xảy ra theo :



trong đó e^+ là pôzitron và ν là notrinô.

Phản ứng ngược lại sẽ là :



trong đó e^- là êlectrôn và $\bar{\nu}$ là phản notrinô. Từ công thức

$$E = mc^2$$

ta thu được năng lượng giải phóng ứng với sự tạo thành một hạt nhân hêli là :

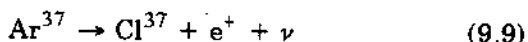
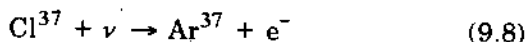
$$\Delta E = 4,3.10^{-5}\text{ec}.$$

Cứ mỗi giây Mặt Trời bức xạ năng lượng $W = 3,86.10^{33}$ ec/s.

Chia W cho ΔE thu được 10^{38} hạt nhân hêli tạo thành trong một giây tức là phải có 2.10^{38} hạt notrinô tạo thành. Lí thuyết còn cho biết notrinô được tạo ra trong lòng các sao (Mặt Trời) thì bức xạ ngay ra xung quanh. Nếu Mặt Trời cứ mỗi giây bức xạ 2.10^{38} notrinô thì cứ mỗi m^2 trên mặt đất của chúng ta (cách Mặt Trời 150 triệu km) có đến 65 tỉ notrinô phóng tới.

Vấn đề đặt ra là bằng cách nào để phát hiện (thu) được notrinô ?

B.M. Môntecôvô (Liên Xô) đã đề nghị dùng đồng vị Cl^{37} để bắt nơtrino.



Ar^{37} có chu kỳ bán rã là 34 ngày. Sự hủy cặp pôzitron - êlectrôn tạo thành photon là loại hạt được phát hiện bằng máy đếm.

- Năm 1967 P. Dêvitx (Mĩ) đã sáng chế ra loại dụng cụ bắt nơtrino. Bộ phận chính là một thùng hình trụ dài khoảng 14m, đường kính 6m, chứa khoảng 400000 lít C_2Cl_4 (Cl_4 là đồng vị Cl^{37} có khả năng hấp thụ nơtrino theo (9.8)) đặt ở độ sâu 1490m.

Quan sát bằng kính này được tiến hành theo trình tự sau :

Cứ sau 100 ngày, người ta cho chảy vào thùng 20000 lít khí hêli để tạo thành đồng vị Ar^{37} . Hỗn hợp này cho chảy qua bộ phận "bẫy" làm lạnh đến 77K, ở đây Ar^{37} bị hấp thụ và sự phân rã Ar^{37} này diễn ra theo (9.9) và được phát hiện qua máy đếm.

Các phép đo đã thu được kết quả như sau : Tốc độ tạo thành Ar^{37} trong thùng là $0,38 \pm 0,07$ nguyên tử trong một ngày, tức là tạo thành 1 nguyên tử trong vòng 3 ngày.

Ngày nay người ta còn tiếp tục đề xuất ra kính thiên văn nơtrino theo những nguyên tắc khác để có khả năng phát hiện nơtrino hiệu quả hơn.

Nơtrino có thể bức xạ từ mọi Thiên thể tức là từ mọi phương của bầu trời truyền đến Trái Đất. Một tín hiệu chứng tỏ lượng nơtrino thu được nhiều nhất là bức xạ từ Mặt Trời. Tín hiệu đó là : Lượng nơtrino thu được biến thiên theo chu kỳ một năm, tức là chu kỳ chuyển động biểu kiến của Mặt Trời trên Hoàng đạo. Ở cận điểm (gần Mặt Trời nhất) lượng nơtrino thu được nhiều hơn ở viễn điểm 7%.

Thiên văn nơtrino chỉ mới được hình thành, song triển vọng của ngành này là đầy hứa hẹn. Nó cho phép con người "nhìn" sâu vào vật chất, vào lòng các thiên thể, những hiểu biết quan trọng cho việc nghiên cứu sự tiến hóa của vũ trụ.

PHẦN ĐÁP SỐ CÁC BÀI TẬP

Chương II

1. Peru - 6321,0km
Pháp - 6371,2km
Lapôni - 6414,2km
2. 11,3km
3. 24,8cm
4. 0,0167

Chương III

1. a)
$$v_c = \frac{2\pi a}{T} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \quad v_v = \frac{2\pi a}{T} \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$$
$$\frac{v_c}{v_v} = \frac{1+e}{1-e}$$

b) 1630km ; 5630km
2. 36400km ; 3 km/s
3. $1,9 \cdot 10^{27}$ kg ;
4. 1,85 km/s.
5. 7,76 km/s ; 3,31 km/s ; 1,57 km/s
6. $a_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} d.v.t.v \quad T_1 = \frac{\sqrt{\sqrt{2}}}{2} \text{ năm}$
$$t = \frac{2\sqrt{2}}{3\pi} T_1 \approx 0,18 \text{ năm}$$

$$7. v_o = \sqrt{2g_o R_o \left(1 - \frac{R_o}{r}\right)} \text{ với } r = R_o + h.$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{g_o}{p}} R_o (1 - e) \text{ nếu điểm lên quỹ đạo là viễn điểm.}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{g_o}{p}} R_o (1 + e) \text{ nếu điểm lên quỹ đạo là cận điểm.}$$

$$8. \Delta v = R_o (1 - e) \sqrt{\frac{g_o}{P}} \left(1 - \sqrt{\frac{2R_o}{P + R_o(1 - e)}}\right)$$

Chương IV

6. $52^{\circ}18'$; 0°

7. Ở phía Tây Bắc bầu trời với góc giờ $t = 5^h26$.

Chương V

2. Xuân phân : $h = 69^{\circ}$; $A = 0$

Hạ chí : $h = 87^{\circ}33'$; $A = 180^{\circ}$.

Thu phân : $h = 69^{\circ}$; $A = 0$

Đông chí : $h = 45^{\circ}33'$; $A = 0$

3. Đường xoắn ốc ; 4. a) 12^h03^m ; b) nhánh 4 phút 40s ;
c) 5^h0^m 20s ; d) $48^{\circ}13'$; 0° ; 5. $5^h46^m24^s$; 6. Ngày 2-1.

7. 18^h35^m ; 8. Đồng hồ của B chạy đúng.

9. $\varphi \approx 21^{\circ}33'$; ngày đông chí (22-XII)

Chương VI

1. $6,2 \cdot 10^3 \text{ km}$; 2. $5^{\circ}23'$

3. Xét tam giác cầu có 3 đỉnh là hoàng cực, thiên cực và thiên thể.

4. $z = 67^{\circ}28'$, $A = 276^{\circ}$

5. $z = 70^{\circ}$, $A = 55^{\circ}50'$

6. $\alpha = 13^{\text{h}} 58^{\text{ph}}, \delta = -5^{\circ}55'$

7. $17^{\circ}11'$; 8. 33^{ph}

9. Hạ chí : Mộc A = 245° , Lận A = 115°

Đông chí : Mộc A = 295° , Lận A = 65°

10. $\alpha = 5^{\text{h}} 14^{\text{ph}} 54^{\text{s}}, \delta = -9^{\circ}22'7''$

11. 21° ; $10^{\circ}30'$;

$$\frac{\pi R}{180} \arccos(\sin 21^{\circ} \sin 10^{\circ}30' + \cos 21^{\circ} \cos 10^{\circ}30' \cos t^{\circ})$$

Chương VII

1. $7^{\text{h}}2^{\text{ph}}40^{\text{s}}$; 2. $20^{\circ}30'$

3. $\varphi = 34^{\circ}47'$; $\varepsilon = 23^{\circ}54'$

4. $\varphi = 21^{\circ}33'$; $\lambda = 125^{\circ}45'$

5. $\varphi = 21^{\circ}3'5''$; $\delta = 89^{\circ}9'13''$. Sao Bắc Cực

6. $\varphi = 20^{\circ}$

7. $\frac{\sin \rho'}{\sin \varphi} = \frac{\sin P'}{\sin P}$ do đó $\rho = 15'45''$

Chương VIII

1. a) 9,4 ngày ; b) 152000km ; 3. 1959 ; 1977.

4. 3940km^2 ; 5. $\frac{17}{64} = 0,266$

6. Không thấy Mộc Tinh. Trăng bán nguyệt thấy từ đầu hôm. Thấy Hỏa Tinh từ 20h. Khi qua kinh tuyến trên Mặt Trăng ở đỉnh đầu. Hỏa Tinh ở cách đỉnh 10° Nam.

Chương XII

1. Sau 94800 năm ; 2. $R = 7,6R_{\odot}$

3. $4,3M_{\odot}$; 4. $34,6\text{ km/s}$; 5. 1640°

SÁCH THAM KHẢO

1. Phạm Viết Trinh. Bài giảng Thiên văn.
Nhà XBGD Hà Nội 1969.
2. Phạm Viết Trinh. Vũ trụ và đời sống.
Nhà XBTN Hà Nội 1978.
3. Nguyễn Xiển. Vì sao nên dùng Dương lịch.
Nhà XBPT Hà Nội 1968
4. Lịch thế kỉ 20.
Nhà XBKT Hà Nội 1968
5. O. Xtruvie. Thiên văn cơ sở.
Nhà XBKH Matxcova 1977
6. L. Anle. Thiên văn vật lí
(Sách tiếng Nga dịch từ tiếng Anh)
Nhà XB Ngoại văn Matxcova 1957
7. V.A. Ambaxumian. Thiên văn vật lí lí thuyết.
Nhà XBKT KH. Matxcova 1952.
8. G. Ghipxon. Mặt Trời yên tĩnh
(Sách tiếng Nga dịch từ tiếng Anh)
Nhà XB Hòa Bình Matxcova 1977
9. L.A. Klimisin. Thiên văn ngày nay
Nhà XBKH, Matxcova 1980
10. P.G. Kulicôpxki, Thiên văn sao
Nhà XB KH Matxcova 1978.
11. D.L.A. Mactunôp. Giáo trình Thiên văn Vật lí thực hành
Nhà XB KH Matxcova 1977
12. LUA. Reabôp. Chuyển động của các thiên thể
Nhà XBKH. Matxcova 1977.
13. B.A. Vólunxki. Lượng giác cầu
Nhà XB KH Matxcova 1977
14. L.D. Nôvicôp. Sự tiến hóa của vũ trụ
Nhà XB KH Matxcova 1979
15. M. Ventxen. Giáo trình thiên văn lí thuyết Matxcova 1965
16. Zeilik. Gregory. Smith
Thiên văn và thiên văn vật lí. In tại U.S.A 678 069 98765.

BẢNG PHIÊN ÂM CÁC TÊN RIÊNG

Anven Hanno (Alfven Hanes) Thụy Điển
Betven Phridrich (Bessel Friedrich) Đức
Brêdikhin Phêđo (Bredikhin Fedor) Nga
Bônxơman (Bontzman) Áo
Côpecnic Nicôla (Kopernic Nicolas) Ba Lan
Diman (Zeeman) Đức
Đêvixơn Clinton Giôđep (Davisson Clinton Joseph) Mĩ
Drâyê Jôhan (Dreyer Johan) Đan Mạch
Doplo Crixchian (Dopoler Christian) Mĩ
Galê Giôhan (Galle Johann) Đức
Gauxơ (Gauss) Đức
Gucôpxki Nicôlai (Jukovsky) Liên Xô
Hessen Uyliam (Herschel William) Đức
Hexprung Eina (Herzsprung Ejnar) Đan Mạch
Hoilơ Phret (Hoyle Fred) Anh
Hôpơn Etuyn (Hubble Edwin) Mĩ
Fecmi (Fermi) Italia
Laplaxơ (Laplace) Pháp
Loveriê Uyêcbanh (Le Verrier Urbain) Pháp
Niutơn (Newton) Anh
Ottô Nicôlauxơ (Otto Nikolaus) Đức
Phucô (Foucault) Pháp

Plăng (Planck) Đức

Rotxen (Russell) Mĩ

Sômêcơ - Lơvi (C. Shocmaker và D. Levy)

Smit Bechat (Schmidt Bernhar) Đức

Xtêphan (Stéfan) Đức

Xtruvê Ôttô (Struve Ottô) Mĩ gốc Nga

Tikhô Brahê (Tycho Brahe) Đan Mạch

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Phần mở đầu	5

Chương I :

HỆ MẶT TRỜI TRONG VŨ TRỤ

§1. Tổng quan về cấu trúc vũ trụ	8
§2. Từ Trái Đất quan sát bầu trời	9
§3. Nhịp động của bầu trời. Xác định phương hướng	11
§4. Đặc điểm chuyển động nhìn thấy của Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh trên nền trời sao	13
§5. Mô hình địa tâm Ptolémé	15
§6. Mô hình Nhật tâm Copernic	16
§7. Ba định luật Kepler	19
§8. Định luật vạn vật hấp dẫn	21
§9. Biểu thức toán học của định luật vạn vật hấp dẫn	22
§10. Xác định khối lượng của Trái Đất	25
Bài tập Chương I	26

Chương II :

TRÁI ĐẤT

§11. Hệ tọa độ địa lí	28
§12. Xác định bán kính Trái Đất. Tam giác đặc	30
§13. Dạng thực của Trái Đất	31
§14. Sự biến thiên của gia tốc trọng trường trên mặt đất	32
§15. Chứng minh Trái Đất tự quay	33
§16. Tiến động và chương động của trục quay của Trái Đất	36
§17. Sự di chuyển của cực Trái Đất trên mặt của nó	38

§18. Chứng minh Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời	39
<i>Bài tập Chương II</i>	42

Chương III :

QUY LUẬT CHUYỂN ĐỘNG CỦA CÁC THIÊN THỂ

§19. Bài toán hai vật	43
§20. Bài toán nhiều vật. Lực nhiễu loạn	52
§21. Quá trình phát hiện thêm các hành tinh	55
§22. Xác định khối lượng của các thiên thể	56
§23. Chuyển động của vệ tinh nhân tạo của Trái Đất	59
§24. Chuyển động của các trạm vũ trụ	61
<i>Bài tập Chương III</i>	64

Chương IV

THIÊN CẦU. NHẬT ĐỘNG

§25. Thiên cầu	67
§26. Hệ tọa độ chân trời	69
§27. Các hệ tọa độ xích đạo	70
§28. Hệ tọa độ hoàng đạo	72
§29. Sự liên hệ giữa độ cao của thiên cực và độ vĩ địa lí nơi quan sát	73
§30. Hiện tượng mọc và lặn của các thiên thể do nhật động	74
§31. Quan sát bầu trời tại những nơi có độ vĩ khác nhau	75
§32. Sự biến thiên tọa độ của các thiên thể do nhật động	76
<i>Bài tập chương IV</i>	78

Chương V

BỐN MÙA. THỜI GIAN, LỊCH

§33. Hoàng đạo. Hoàng đới	79
§34. Độ nghiêng giữa hoàng đạo và xích đạo trời	81
§35. Biến đổi mùa trên Trái Đất	82
§36. Ngày và đêm ở những nơi có độ vĩ địa lí khác nhau	84
§37. Các đới khí hậu	85
§38. Cơ sở xác định thời gian	86
§39. Ngày sao	87

§40. Ngày Mặt Trời thực, ngày Mặt Trời trung bình	88
§41. Phương trình thời gian	90
§42. So sánh thời gian Mặt Trời trung bình với thời gian sao	91
§43. Các hệ tính thời gian	93
§44. Đường đôi ngày	96
§45. Lịch	96
<i>Bài tập Chương V</i>	100

Chương VI

LƯƠNG GIÁC CẦU VÀ ỨNG DỤNG

\$46. Tam giác cầu và những công thức cơ bản	102
\$47. Ứng dụng lượng giác cầu để lập công thức chuyển hệ tọa độ	105
\$48. Tính thời điểm mọc (lặn) và vị trí mọc (lặn) của các thiên thể	106
\$49. Hiện tượng khúc xạ của các tia sáng truyền qua khí quyển	108
\$50. Hoàng hôn và bình minh	111
<i>Bài tập Chương VI</i>	112

Chương VII

MỘT SỐ PHÉP DO THIÊN VĂN CƠ BẢN

§51. Xác định thời gian và kính độ	114
§52. Xác định vĩ độ địa lí và số hiệu chính U của đồng hồ	116
§53. Xác định đồng thời kính độ và vĩ độ	118
§54. Xác định độ phương của một vật trên mặt đất	119
§55. Xác định khoảng cách đến các thiên thể	120
§56. Xác định thị sai chân trời	122
§57. Các đơn vị đo khoảng cách trong thiên văn học	123
§58. Xác định đơn vị thiên văn (thị sai của Mặt Trời)	124
§59. Xác định kích thước của các thiên thể	125
§60. Kính đo góc	126
§61. Kính lục phân	127
§62. Đồng hồ thiên văn	128
§63. Đồng hồ Mặt Trời	129
<i>Bài tập chương VII</i>	131

Chương VIII

TUẦN TRĂNG. NHẬT NGUYỆT THỰC. THỦY TRIỀU

§64. Quỹ đạo của Mặt Trăng	133
§65. Chuyển động biểu kiến của Mặt Trăng	134
§66. Chu kì của tuần Trăng	135
§67. Chu kì tự quay của Mặt Trăng	136
§68. Nhật thực	137
§69. Nguyệt thực	138
§70. Điều kiện tổng quát xảy ra nhật nguyệt thực	138
§71. Điều kiện cụ thể xảy ra nhật nguyệt thực	139
§72. Chu kì nhật, nguyệt thực	142
§73. Hiện tượng thủy triều	143
Bài tập Chương VIII	145

Chương IX

PHƯƠNG PHÁP THIÊN VĂN VẬT LÍ

§74. Nhiệm vụ của thiên văn vật lí	147
§75. Đặc tính của bức xạ và cơ sở của phép phân tích quang phổ	148
§76. Quang phổ vạch và ứng dụng của nó trong thiên văn vật lí	151
§77. Xác định từ trường	152
§78. Sự dịch chuyển Dopple của các vạch quang phổ	153
§79. Kính thiên văn và đặc tính của nó	154
§80. Kính thiên văn quang phổ	158
§81. Kính thiên văn vô tuyến	161
§82. Phương pháp vô tuyến định vị (Rada)	164
§83. Phương pháp chụp ảnh các thiên thể	164

Chương X

VẬT LÍ CÁC THIÊN THỂ TRONG HỆ MẶT TRỜI

§84. Tổng quan về các hành tinh lớn	166
§85. Trái Đất	169
§86. Mặt Trăng	176
§87. Các hành tinh nhóm Trái Đất	178
§88. Các hành tinh nhóm Mộc Tinh	182

§89. Các tiểu hành tinh	184
§90. Sao Chổi	185
§91. Sao Băng, Thiên Thạch	188

Chương XI MẶT TRỜI

§92. Các số liệu về Mặt Trời	189
§93. Hằng số Mặt Trời	190
§94. Xác định nhiệt độ của Mặt Trời	190
§95. Nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời	191
§96. Cấu tạo của Mặt Trời	196
§97. Sự hoạt động của Mặt Trời	199
§98. Chu kì hoạt động của Mặt Trời	203
§99. Liên quan giữa hoạt động của Mặt Trời và một số hiện tượng vật lí địa cầu	204

Chương XII CÁC SAO

§100. Cấp sao	206
§101. Xác định các đại lượng đặc trưng của các sao	209
§102. Phân loại các sao theo quang phổ	213
§103. Họa đồ quang phổ - độ trung	214
§104. Sao biến quang do che khuất	217
§105. Sao biến quang cơ giãn	218
§106. Sao biến quang đột biến - Sao mới	222
§107. Purnea	223
§108. Lỗ đen	226
Bài tập Chương XII	228

Chương XIII THIÊN HÀ

§109. Thiên hà của chúng ta. Dải Ngân hà	229
§110. Vật chất khuếch tán giữa các sao	231
§111. Sự chuyển động của các sao trong thiên hà	234

§112. Các thiên hà	235
§113. Các thiên hà vô tuyến và quaza	237
§114. Sự phân bố các thiên hà và đặc tính vật lí của chúng	238

Chương XIV

MỘT SỐ GIẢ THUYẾT VỀ SỰ HÌNH THÀNH VÀ TIẾN HÓA CỦA CÁC THIÊN THỂ VÀ CỦA VŨ TRỤ

§115. Về sự tiến hóa của các sao	241
§116. Những giả thuyết về hình thành hệ Mặt Trời	243
§117. Giới thiệu vũ trụ học	245
<i>Bài tập Tổng quát</i>	249

PHẦN PHỤ LỤC

<i>Phụ lục 1 - Kỉ nguyên du hành vũ trụ</i>	251
<i>Phụ lục 2 - Các yếu tố quỹ đạo và các bài toán cơ bản của thiên văn lí thuyết</i>	253
<i>Phụ lục 3 - Một phương án cải tiến dương lịch</i>	258
<i>Phụ lục 4 - Các loại lịch khác đang còn lưu hành ở nước ta</i>	260
<i>Phụ lục 5 - Các nhật thực và nguyệt thực thấy được ở Việt Nam từ năm 1985 đến năm 2000</i>	266
<i>Phụ lục 6 - Bản đồ các chòm sao chính trên hoàng đới</i>	268
<i>Phụ lục 7 - Bảng các hằng số vật lí và thiên văn thông dụng</i>	270
<i>Phụ lục 8 - Kinh thiên văn nơtrino</i>	271
PHẦN ĐÁP SỐ CÁC BÀI TẬP	273
SÁCH THAM KHẢO	276
BẢNG PHIÊN ÂM CÁC TÊN RIÊNG	277

GIÁO TRÌNH THIÊN VĂN

Mã số : 7K106T6-DAI

In 1000 cuốn, khổ 14.5 x 20.5 cm, tại Công ty Cổ phần in Anh Việt
Giấy phép xuất bản số: 19 – 2006/ CXB/ 268 – 2056/GD
In xong nộp lưu chiểu quý III năm 2006.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO

Địa chỉ : 25 HànThuyên, Hà Nội

**TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO ĐẠI HỌC - BỘ MÔN VẬT LÝ
CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC**

1. Vật lí đại cương (3 tập)

LUONG DUYÊN BÌNH (*chủ biên*)

2. Bài tập Vật lí đại cương (3 tập)

LUONG DUYÊN BÌNH (*chủ biên*)

3. Cơ sở Vật lí (6 tập)

ĐÀM TRUNG ĐỒN, NGÔ QUỐC QUỲNH... (*dịch*)

4. Giải bài tập và bài toán Cơ sở Vật lí (4 tập)

LUONG DUYÊN BÌNH, NGUYỄN QUANG HẬU

5. Bài tập Vật lí lí thuyết (2 tập)

NGUYỄN HỮU MINH, LÊ TRỌNG TƯỜNG

6. Giáo trình thiên văn

PHẠM VIỆT TRINH

*Bạn đọc có thể mua tại các Công ti Sách - Thiết bị trường học
ở địa phương hoặc các Cửa hàng của Nhà xuất bản Giáo dục :
25 Hàn Thuyên, 187 Giảng Võ - Hà Nội; 15 Nguyễn Chí Thanh- TP
Đà Nẵng; 240 Trần Bình Trọng Quận 5 TP Hồ Chí Minh.*



8 934980 632628



Giá: 20.500Đ