

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao i tr c tuy n t i:

www.mientayvn.com/chat_box_li.html



TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM TP. HỒ CHÍ MINH

GIÁO TRÌNH



THIÊN VĂN HỌC

ĐẠI CƯƠNG

TRẦN QUỐC HÀ

TÀI LIỆU LƯU HÀNH NỘI BỘ - 2003

“The most incomprehensible thing about the Universe is that it is comprehensible”

Albert Einstein

Dịch :

“Điều bí ẩn nhất của tự nhiên là ở chỗ chúng ta có thể nhận thức được nó”

Anbe - Anhxtanh

“Ai không biết tí gì về thiên văn học hiện đại, người đó không thể được coi là đã học hành đầy đủ”

*“Mười vạn câu hỏi vì sao”
NXB Khoa học & kỹ thuật*

LỜI MỞ ĐẦU

Thế giới tự nhiên, xét về mặt vật lý, là một bức tranh gồm ba phần: Vi mô, vĩ mô và siêu vĩ mô. Siêu vĩ mô có nghĩa là vô cùng to lớn theo không gian và thời gian. Thiên văn là một môn học về thế giới siêu vĩ mô đó. Cùng với các phân học khác của vật lý, thiên văn giúp chúng ta có được một bức tranh toàn diện về thế giới tự nhiên. Thiên văn là một môn học rất cổ điển, nhưng đồng thời cũng rất hiện đại. Lượng kiến thức của nó rất đồ sộ. Thiên văn từ lâu đã bước ra khỏi khuôn khổ của vật lý. Nó là một trong những môn cơ sở của nhận thức luận và hiện nay đang là một ngành khoa học mũi nhọn. Tuy nhiên ở nước ta ngành thiên văn còn chưa được phát triển. Thiên văn chỉ được dạy ở bậc đại học của các trường sư phạm ở mức độ bắt đầu với thời lượng rất ít ỏi, tài liệu sách vở nghèo nàn. Điều đáng mừng là gần đây tình hình giảng dạy có được cải thiện đáng kể, vị trí môn học được nâng cao, tài liệu mới có nhiều hơn, các quan hệ quốc tế được mở rộng. Chính vì vậy việc biên soạn giáo trình cho môn học là một việc rất cần thiết và có nhiều thuận lợi.

Mục đích của cuốn giáo trình này là:

- Chắt lọc những vấn đề cơ bản nhất của thiên văn và cấu trúc lại cho phù hợp với thời lượng được giao, nhưng đồng thời có thêm phần mở rộng, cập nhật những thông tin mới nhất để mở rộng tầm nhìn của sinh viên và đề ra những hướng suy nghĩ thêm về vấn đề được nghiên cứu.

- Nhấn mạnh các nội dung vật lý của các vấn đề thiên văn, theo sát chương trình vật lý phổ thông để phù hợp với đối tượng học là các thầy giáo vật lý tương lai.

Cùng với cuốn giáo trình thiên văn của GS. Phạm Viêt Trinh - Nguyễn Đình Noãn vốn đã rất chuẩn mực, cuốn giáo trình này ra đời nhằm giúp cho sinh viên có thêm tài liệu tham khảo để nắm bài học được dễ dàng hơn.

Tuy nhiên, việc biên soạn giáo trình cho một môn học đồ sộ và phức tạp như thiên văn là một vấn đề hết sức khó khăn do đó không tránh khỏi sai sót. Tác giả rất mong nhận được ý kiến nhận xét của các em sinh viên và các đồng nghiệp xa gần để giúp giáo trình ngày càng hoàn thiện hơn.

ThS. Trần Quốc Hà

PHÂN NHẬP MÔN

I. THIÊN VĂN HỌC LÀ GÌ.

1. Đối tượng, nội dung nghiên cứu.

Thiên văn học là môn khoa học về các thiên thể - những vật thể tồn tại trên trời. Đó là cách nói nôm na.

Thực ra, định nghĩa một cách chính xác hơn là: Thiên văn là môn khoa học về cấu tạo, chuyển động và tiến hóa của các thiên thể (kể cả Trái đất), về hệ thống của chúng và về vũ trụ nói chung.

Nội dung nghiên cứu có thể chia làm 3 phần chính :

* Về qui luật chuyển động của các thiên thể trong môi quan hệ giữa Trái đất và bầu trời.

* Về cấu trúc và bản chất vật lý của các thiên thể và các quá trình xảy ra trong vũ trụ.

* Về nguồn gốc hình thành và phát triển của các thiên thể, của hệ thống của chúng và của vũ trụ.

Việc phân chia các nội dung này rất trùng khớp với lịch sử phát triển của môn thiên văn học. Sự phức tạp của nội dung tăng dần cùng với sự phát triển của môn học.

Đối tượng nghiên cứu của thiên văn cũng được xác định ngày càng rộng ra và phức tạp hơn. Từ “thiên thể” chung chung, chỉ các vật trên bầu trời, được mở rộng ra, cụ thể hơn, đa dạng hơn. Từ mặt trời, mặt trăng, các hành tinh, các thiên thạch... đến các vệ tinh nhân tạo, các sao, bụi sao (Tinh vân) các quần sao, các thiên hà. Ngày nay người ta càng phát hiện ra nhiều vật thể lạ (có những vật được tiên đoán trước bằng lý thuyết) như sao neutron (pulsar), các quasar, các lỗ đen v.v...

Như vậy ta thấy thiên văn không phải thuần túy là môn khí tượng học hay môn chiêm tinh như người ta thường nhầm.

2. Phương pháp nghiên cứu.

Do đối tượng nghiên cứu là những vật thể rất to lớn và ở trong vũ trụ xa xôi (trừ Trái đất) nên phương pháp nghiên cứu của thiên văn cũng rất đặc biệt, thậm chí không giống bất kỳ một môn khoa học nào.

Phương pháp chủ yếu của thiên văn cổ điển là quan sát và quan trắc. Người ta không thể làm thí nghiệm với các thiên thể (tức không thể bắt chúng tuân theo những điều kiện mà ta tạo ra), cũng không thể trực tiếp “sờ mó” được chúng. Nguồn thông tin chủ yếu là ánh sáng từ các thiên thể. Do ảnh hưởng của khí quyển, do chuyển động của Trái đất và do chính tính chủ quan của việc quan sát làm cho kết quả nghiên cứu có thể bị hạn chế, thậm chí dẫn đến những kết luận sai lầm. (Ví dụ: Việc quan sát chuyển động biểu kiến của Mặt trời và các hành tinh dẫn đến kết luận về hệ địa tâm của Ptolemy). Một khó khăn nữa phải kể đến của việc quan sát là các hiện tượng thiên văn xảy ra trong một thời gian rất dài so với đời sống ngắn ngủi của con người và đôi khi không lặp lại. Tuy vậy, khi khoa học càng phát triển thì việc nghiên cứu thiên văn càng trở nên dễ dàng hơn. Nguồn thông tin chính gửi đến trái đất là bức xạ điện từ được khai thác triệt để ở cả hai vùng khả kiến và vô tuyến đã giúp cho sự hiểu biết về vũ trụ được phong phú hơn. Đồng thời, cùng với sự phát triển của ngành du hành vũ trụ (cũng là một thành tựu của thiên văn) con người đã bước ra khỏi sự ràng buộc, hạn chế của Trái đất để có được những thông tin khách quan hơn về vũ trụ. Việc xử lý thông tin bằng kỹ thuật tin học đã giúp thiên văn phát triển vượt bậc. Khác hẳn với thiên văn cổ điển là kiên trì thu thập số liệu quan trắc và suy luận để tìm ra qui luật, thiên văn hiện đại sử dụng phương pháp mô hình hóa, đề ra những thuyết có tính chất dẫn đường và việc quan sát thiên văn là tìm kiếm những bằng chứng để kiểm định sự đúng đắn của lý thuyết.

Nhìn chung phương pháp nghiên cứu khoa học của thiên văn cũng nằm trong khuôn khổ những phương pháp luận khoa học nói chung, nó luôn phát triển và sẽ còn được hoàn thiện mãi.

3. Các nội dung vật lý chính của thiên văn.

Các giáo viên vật lý không thể biết hết các phương pháp nghiên cứu thiên văn, các phương tiện, dụng cụ v.v... Nhưng họ cần phải biết những nguyên tắc cơ bản và các kết quả nghiên cứu thiên văn để có được cái nhìn đầy đủ, tổng quát về thế giới tự nhiên.

Những nội dung vật lý chính mà thiên văn có liên quan là:

- Cơ học cổ điển
- Điện từ
- Quang
- Vật lý chất rắn
- Vật lý thống kê và nhiệt động học
- Vật lý Plasma
- Cơ học lượng tử
- Vật lý nguyên tử hạt nhân, hạt cơ bản, vật lý năng lượng cao
- Thuyết tương đối (hẹp, rộng)
- Thuyết thống nhất lớn v.v...

Trong khuôn khổ giáo trình này ta sẽ đặc biệt chú ý đến các phần:

- Cơ học
- Điện từ
- Quang
- Nhiệt
- Nguyên tử hạt nhân, hạt cơ bản
- Cơ học lượng tử
- Thuyết tương đối

4. Đặc điểm của việc dạy và học thiên văn.

Thế giới tự nhiên tồn tại một cách khách quan. Nhưng nhận thức của con người về tự nhiên lại mang tính chủ quan. Do đó, sự phản ánh tự nhiên qua nhận thức của con người và được đúc kết thành các môn khoa học dù sao cũng chỉ là những đường tiệm cận với chân lý. Thiên văn học cũng vậy. Nó cũng luôn phát triển như tất cả những nỗ lực của con người trong việc tìm hiểu tự nhiên. Vì vậy, không phải tất cả những số liệu, những kết luận trong thiên văn hiện nay đều là đúng đắn và bất biến. Còn rất nhiều vấn đề của tự nhiên mà thiên văn chưa biết hoặc chưa giải thích được. Mặt khác, tự nhiên là vô tận nên môn thiên văn cũng rất phong phú. Không một cuốn sách giáo khoa nào có thể đề cập được một cách chi tiết và đầy đủ mọi vấn đề trong thiên văn. Do vậy, việc dạy và học thiên văn thực ra là rất lâu dài và phải luôn cập nhật. Ta cũng cần nhiều thời gian để nghiên cứu, giảng dạy, học tập thiên văn vì hầu hết các đối tượng của môn học đều rất xa lạ với đời thường, rất trừu tượng (con người mất cả ngàn năm mới hiểu đúng về Hệ Mặt trời). Cũng cần phải có nhiều thời gian suy ngẫm để thắng được các định kiến sai lầm về tự nhiên mà mỗi người tự tích lũy trong mình. Thế nhưng chúng ta lại chỉ có rất ít thời gian cho việc giảng dạy. Điều này đòi hỏi sự nỗ lực rất lớn của người dạy và học. Chúng ta nên biết điều đó.

Ngoài ra, thiên văn là môn học đòi hỏi sự quan sát. Trong điều kiện hiện nay ta chưa làm tốt được. Đây cũng là một vấn đề ta cần tìm cách khắc phục trong việc dạy và học môn này.

5. Mối liên hệ của thiên văn với các môn khoa học khác và ý nghĩa của việc nghiên cứu, giảng dạy thiên văn.

Thiên văn có liên hệ với rất nhiều ngành khoa học. Vốn là một môn khoa học xuất hiện rất sớm, ngay từ trong các nền văn minh cổ, thiên văn là nội dung chính của các cuộc đàm đạo của các nhà thông thái. Dần dần, khi khoa học đã có sự phân hóa rõ rệt, thiên văn là

môn khoa học góp phần đắc lực nhất vào việc trả lời những câu hỏi lớn của triết học như: Thế giới được tạo ra như thế nào? Vật chất có trước hay tinh thần có trước? Thế giới là “khả tri” hay “bất khả tri?” Cuộc đấu tranh tư tưởng giữa hai trường phái triết học xoay quanh những câu hỏi đó là cuộc đấu tranh gay go, khốc liệt và còn chưa ngã ngũ. Thiên văn luôn đứng trong hàng đầu của cuộc đấu tranh đó. Trong phần lịch sử phát triển thiên văn ta sẽ thấy rõ điều này.

Mối quan hệ của thiên văn với vật lý là quá rõ ràng. Trong quá trình học thiên văn ta sẽ thấy rõ điều này. Các định luật vật lý được ứng dụng trong thiên văn, đem lại phương tiện để giải quyết những vấn đề của thiên văn. Nhưng đồng thời chính thiên văn thường dẫn đường và nêu ra những ý tưởng mới cho vật lý.

Công cụ tính toán của thiên văn là toán học, nhất là phần thiên văn tính toán. Rất nhiều nhà thiên văn đồng thời là các nhà toán học. Trước kia môn thiên văn cũng thường được dạy trong khoa toán. Trong quá trình tìm hiểu cấu tạo của các thiên thể ta không thể không biết đến hóa học. Ngày nay trong thiên văn có riêng ngành hóa học thiên văn. Sinh vật học cũng tìm được cách lý giải rất nhiều vấn đề của mình nhờ thiên văn. Đặc biệt trong sinh học, mối quan hệ Thiên - Địa - Nhân ngày càng được chú ý. Để hiểu rõ bản chất nguồn gốc và sự tiến hóa của sự sống không thể không biết gì về thiên văn.

Đối với địa lý môn thiên văn chính là người anh em. Đối tượng nghiên cứu của địa lý tự nhiên là Trái đất, một thành viên của hệ Mặt trời. Không thể hiểu rõ được Trái đất nếu không nắm được mối quan hệ của nó với các thành viên trong hệ nói riêng và trong toàn vũ trụ nói chung.

Ngay cả lịch sử, vốn là môn khoa học xã hội tưởng như xa lạ với thiên văn, nhưng để xác định chính xác các sự kiện trong lịch sử phải biết cách tính thời gian trong thiên văn. Nhiều công trình cổ của các nền văn minh lớn của loài người đều ghi lại các kiến thức thiên văn thời đó. Làm sao có thể hiểu được nếu không có kiến thức thiên văn?

Vũ trụ là một phòng thí nghiệm thiên nhiên vô cùng vĩ đại cho tất cả các ngành khoa học. Chính thiên văn kích thích các ngành kỹ thuật khác phát triển theo. Tầm quan trọng của việc nghiên cứu và giảng dạy thiên văn là rất rõ ràng. Đó không chỉ là vấn đề học thuật, mà còn là vấn đề xây dựng nhân sinh quan, thế giới quan đúng đắn cho con người. Hy vọng thiên văn sẽ có một chỗ đứng xứng đáng trong nền giáo dục - đào tạo của nước nhà. Tuy nhiên, thiên văn là môn học dựa trên cơ sở vật lý và toán cao cấp, nên việc đưa thiên văn vào dạy ở các bậc học phổ thông là vấn đề còn rất khó khăn, cần phải nghiên cứu nhiều.

II. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA NGÀNH THIÊN VĂN HỌC.

Thiên văn xuất hiện từ rất lâu. Ở đây ta chỉ có thể kể sơ lược một số mốc chính trong sự phát triển của nó. Từ thời hồng hoang, khi con người còn sống trong cảnh màn trời chiếu đất họ đã có những nhận xét về vũ trụ, lý giải nó một cách ngây thơ trong các câu chuyện thần thoại. Hầu như không có một dân tộc nào lại không có những thần thoại như vậy (thần thoại Hy Lạp, chuyện thần trụ trời ở Việt Nam, các chuyện thần thoại Ai Cập, Ấn Độ, Trung Quốc...). Dần dần các quan trắc về bầu trời trở nên rất cần thiết cho việc canh tác nông nghiệp và đi biển (qui luật mùa màng, con nước, xác định vị trí trên biển bằng các sao). Engels đã từng nói về sự xuất hiện của khoa học: “Trước tiên là thiên văn học... Những người dân du mục và nông dân làm nông nghiệp rất cần thiên văn học để xác định thời vụ” *. Trong các công trình kiến trúc của các nền văn minh cổ như : Ai Cập, Maya... đều lưu lại những kiến thức thiên văn rất sâu sắc của người cổ đại.

Lịch sử phát triển của thiên văn như một môn khoa học có thể chia làm ba giai đoạn chính: Cổ đại, cổ điển và hiện đại.

Thiên văn cổ đại (Ancient Astronomy): Từ những năm 2000 trước công nguyên con người đã có những ghi nhận rất chính xác về thiên văn như vị trí các chòm sao, đường đi của các hành tinh, đường hoàng đạo, chu kỳ Saros. Những nước có nền văn minh cổ đáng

lưu ý là: Ai Cập, Ấn Độ, Trung Quốc, các nước Ả Rập, nhưng đặc biệt là Hy Lạp. Người đáng chú ý nhất là Aristotle (khoảng năm 350 trước công nguyên) với các ý tưởng đáng lưu ý như: Ý tưởng về hệ Địa tâm, về 4 nguyên tố cấu thành vũ trụ: đất, không khí, lửa, nước, về sự bất biến của vũ trụ, sự phân chia thế giới phía dưới Mặt trăng và bên trên Mặt trăng v.v...

Cùng với sự ra đời của Thiên chúa giáo với ý tưởng Chúa (Thượng đế) sáng tạo ra thế giới và con người là trung tâm ưu ái, hệ địa tâm Ptolemy ra đời (năm 150 trước công nguyên). Nó đã thống trị trong thiên văn trong suốt một thời gian rất dài. Chỉ bằng những cuộc đấu tranh kiên trì của biết bao nhiêu nhà thiên văn dũng cảm mới làm thay đổi được cái nhìn sai lầm về Hệ Mặt trời mà nó đưa ra.

Thiên văn cổ điển (Classical Astronomy): Từ thế kỷ 16, mặc dù bị giám sát chặt chẽ của nhà thờ, các nhà thiên văn vẫn không chịu công nhận hệ địa tâm Ptolemy và kiên trì đấu tranh cho những tư tưởng mới. Hệ nhật tâm do nhà thiên văn Ba Lan Nicolaus Copernicus (1473 - 1543) đưa ra trong tác phẩm “Về sự quay của thiên cầu” đã mở ra cho thiên văn học một kỷ nguyên mới. Sau đó, nhà thiên văn Đức Iohan Kepler (1571 - 1630) đã tìm ra 3 định luật về sự chuyển động của các hành tinh trong Hệ mặt trời. Đây là thời kỳ đấu tranh khốc liệt cho sự thắng lợi của thuyết nhật tâm. Tầm gương chiến đấu tiêu biểu là cái chết trên dàn hỏa thiêu của nhà khoa học Ý G. Bruno tại Roma và sự kiên định của nhà thiên văn Ý G. Galileo (1564 - 1642). Galileo còn là cha đẻ của kính thiên văn, một công cụ không thể thiếu được trong việc quan sát bầu trời. Nhưng đặc biệt nhất trong giai đoạn này là các công trình nghiên cứu về cơ học của nhà bác học Anh I. Newton với tác phẩm “Principia (Các nguyên lý)” (1643(1727)). Ông đã đặt nền móng vững chắc cho môn cơ học thiên thể cũng như thiên văn quang học. Các phương pháp tính toán của Newton đã đóng góp rất nhiều cho toán học. Sau ông, các nhà toán học như: Lagranges, Laplace, Le Verrier (Pháp) đã tính toán tìm được thêm một số hành tinh mới của Hệ Mặt trời, đánh dấu sự toàn thắng của thiên văn cổ điển.

Thiên văn hiện đại (Modern Astronomy). Vào cuối thế kỷ XVIII bằng những nỗ lực hoàn thiện công cụ quan sát (kính thiên văn) F.W. Herschel người Anh (1738(1822) đã khai sinh thiên văn học hằng tinh (sao). Ông đã nhận thấy Mặt trời không đứng yên một chỗ mà tham gia chuyển động trong một hệ thống sao gọi là Ngân hà (Our Galaxy). Ông là người đầu tiên thu được mô hình kết cấu của Ngân hà. Sau đó, nhà thiên văn Mỹ Shapley đã chứng minh được Mặt trời không nằm tại tâm Ngân hà, nó không phải là tâm của vũ trụ. Một lần nữa con người nhận thức chính xác hơn về chỗ đứng của mình trong vũ trụ. Đồng thời trong quãng thời gian này những nghiên cứu về quang học cũng phát triển vượt bậc, với sự phát hiện quang phổ vạch Mặt trời của Fraunhofer, các lý thuyết về bức xạ của vật đen tuyệt đối của Kirchhoff... Cuối thế kỷ XIX cuộc tranh luận về bản chất của ánh sáng đã chấm dứt và đã đóng góp rất nhiều cho việc hiểu các quá trình thu nhận thông tin (ánh sáng) từ các thiên thể. Các định luật về bức xạ của Boltzmann, Plank, Einstein... làm cơ sở cho môn thiên văn vật lý. Các phép trắc quang (Photometry) và quang phổ nghiệm (Spectroscopy) cho phép ta hiểu sâu về bản chất của các quá trình vật lý trong các thiên thể. Đầu thế kỷ XX E.P. Hubble (1889 - 1953), nhà thiên văn Mỹ, người sáng lập ra thiên văn học tinh hệ, đã nhận thấy qua hiệu ứng Doppler là các tinh hệ (thiên hà) là đang rời xa chúng ta: vũ trụ không có tâm, tất cả đang dãn nở. Và ông đã tìm ra định luật về sự dãn nở đó. Cùng với các thuyết tương đối rộng và hẹp của A. Einstein vĩ đại (1879 - 1955) về bản chất của không thời gian, những phát kiến của Hubble đã làm cho môn vũ trụ luận (Cosmology) tiến thêm một bước, với thuyết vụ nổ lớn (Big - Bang) nổi tiếng hiện nay.

Từ năm 1945 thiên văn vô tuyến ra đời, góp phần đắc lực cho việc tìm hiểu vũ trụ.

Trong thế kỷ XX ta thấy có sự kết hợp hài hòa giữa hai lĩnh vực nghiên cứu khác nhau của vật lý: vi mô và siêu vĩ mô. Các vật thể vũ trụ dù to lớn đến mấy cũng được cấu tạo từ những thành phần rất nhỏ là nguyên tử và hạt nhân. Vật lý hạt nhân - nguyên tử cho phép giải thích nguồn gốc năng lượng của các thiên thể. Các định luật của thế giới vi mô trong

cơ học lượng tử làm cho người ta hiểu rõ cơ chế của các quá trình hình thành, tiến hóa của các vật thể trong vũ trụ (Nguyên lý Pauli, Giới hạn Chandrasekhar, Nguyên lý bất định Heisenberg, Những kỳ dị toán học (Singularity) của S. Hawking...). Thiên văn đã đặt ra nhiều vấn đề cho vật lý học hiện đại và vật lý cũng góp phần giải quyết nhiều vấn đề của thiên văn. Đặc biệt trong việc giải thích nguồn gốc của vũ trụ rất cần sự kết hợp giữa các lý thuyết vật lý hiện đại thành một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh mà hiện nay vật lý chưa tìm ra được. Do đó thiên văn vật lý đang là một ngành mũi nhọn trong khoa học.

Không thể không kể đến việc từ những năm 60 của thế kỷ này con người đã thành công trong việc bước ra khỏi chiếc nôi Trái đất bé bỏng của mình, đã đặt những bước chân đầu tiên vào vũ trụ. Đó chính là những bước sỏi dài trong lịch sử thiên văn. Nhờ có ngành hàng không vũ trụ thiên văn của thế kỷ XX đã thu được nhiều thành tựu rất lớn.

Tuy nhiên, vũ trụ là mệnh mông vô tận, so với sự tồn tại của nó thì lịch sử phát triển của môn thiên văn chỉ chưa đầy một tích tắc. Thiên văn vẫn còn chưa viết đoạn kết cho rất nhiều vấn đề của mình.

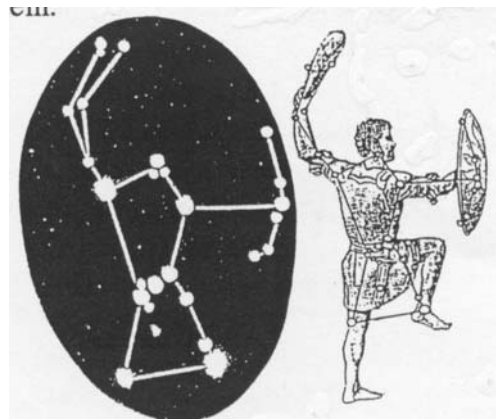
III. TỔNG QUAN VỀ VŨ TRỤ.

1. Những quan sát đầu tiên từ Trái đất.

Từ Trái đất ngược mắt nhìn lên bầu trời ta sẽ thấy một vòm cầu trong suốt úp xuống mặt đất bằng phẳng, nơi ta đứng sẽ là trung tâm. Vì vậy ta có cảm giác trời tròn, đất vuông và ta là trung tâm của vũ trụ (!).

Thực ra, vòm cầu mà ta nhìn thấy chỉ là ảo giác. Vũ trụ là vô tận, không có đường biên là vòm cầu, không có nơi tiếp giáp giữa trời và đất như đường chân trời mà ta nhìn thấy. Ta gọi vòm cầu tưởng tượng đó là thiên cầu.

Ban ngày, Mặt trời xuất hiện rực rỡ từ đường chân trời phía đông, lên cao trên nền trời trong xanh và lặn xuống chân trời tây. Đêm bắt đầu, bầu trời tối đen thăm thẳm, rải rác trên vòm cầu là các sao, vị trí giữa chúng dường như không đổi mà nếu như kết nối chúng lại ta sẽ có được vô số hình ảnh lý thú. Người xưa đã đặt tên cho chúng theo những nhân vật thần thoại như chòm sao Hercules (Vũ tiên); Orion (Lạp hộ) hoặc các con vật như Ursa (Gấu), Canis (chó), Leo (sư tử). Mắt thường ta có thể thấy rõ 88 chòm sao trên bầu trời. Mặt trăng xuất hiện trên bầu trời đêm với hình dạng và thời điểm luôn thay đổi như một cô gái đồng đánh, nhưng là một thiên thể sáng nhất, đẹp nhất và đáng chú ý nhất của bầu trời đêm.



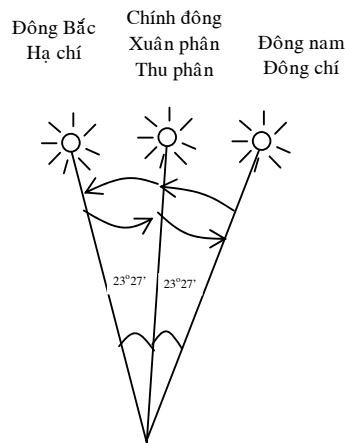
Hình 1. Bằng những đường nối tưởng tượng giữa các ngôi sao sáng trong một chòm sao, người ta có được hình tượng nhân vật Tráng sĩ trong thần thoại Hy Lạp để đặt tên cho chòm sao là chòm sao Tráng sĩ (Lạp hộ) - Orion

Quan sát kỹ ta có cảm giác như Mặt trời, Mặt trăng, sao đều quay quanh một trục xuyên qua nơi ta đứng, nối với một ngôi sao gần như nằm yên gọi là sao Bắc cực. Ta gọi trục quay này là thiên cực và hiện tượng quay quanh trục của các thiên thể trong một ngày

đêm là nhật động. Người ta qui ước thiên cực bắc là thiên cực mà nhìn về đó thì thấy các thiên thể nhật động (quay) ngược với chiều kim đồng hồ (nếu đứng ở bán cầu bắc của Trái đất). Theo qui định này thì nếu ta đứng như vậy tay phải là phương đông, trái là tây, trước mặt là bắc, sau lưng là nam. Bầu trời nhật động theo chiều từ đông sang tây (các thiên thể mọc ở phía đông, lặn ở phía tây).

Quan sát kỹ cả năm ta sẽ thấy đặc điểm chuyển động của các thiên thể như sau:

a) Mặt trời (☉) một năm Mặt trời chỉ mọc đúng hướng đông và lặn đúng hướng tây vào 2 ngày: xuân phân (20 hoặc 21 tháng ba); thu phân (23 hoặc 24 tháng chín). Sau xuân phân điểm mọc của Mặt trời lệch dần về phía đông bắc, ngày lệch cực đại là hạ chí (22 tháng 6) $23^{\circ}27'$ so với chính đông. Điểm lặn cũng lệch về phía tây bắc theo qui luật ấy. Sau đó, điểm mọc dịch dần về phía nam và đạt đúng chính đông vào thu phân. Qua thu phân điểm mọc dịch dần về phía đông nam (điểm lặn tây nam), đạt độ lệch cao nhất vào ngày đông chí (22 tháng 12) khoảng $23^{\circ}27'$ rồi lại dịch dần về phía bắc cho tới ngày xuân phân. Như vậy điểm mọc của Mặt trời có thể lệch nhau tới $46^{\circ}54'$ trong một năm (minh họa h.2).



Hình 2 : Sự thay đổi điểm mọc của Mặt trời trong năm

Ngoài ra, trong năm vị trí Mặt trời trên nền trời sao cũng thay đổi. Mặt trời từ từ dịch chuyển đối với các sao theo ngược chiều nhật động (tây qua đông), trọn một vòng hết khoảng 365 ngày. Mặt trời dịch chuyển in hình lên các chòm sao và mỗi tháng gần như ở vào một chòm. Đường đi này gọi là Hoàng đạo và đới cầu bao gồm 12 chòm sao gọi là hoàng đới. Ban ngày ta không nhìn thấy sao, song ban đêm ta có thể xác định định được chòm sao mà Mặt trời đang in vào nhờ sự xuất hiện của chòm sao đối diện. Ví dụ : Tháng ba đối diện tháng chín, đêm ta thấy Mặt trời lặn, chòm Trinh nữ xuất hiện (nhật động đối diện với Mặt trời trên thiên cầu). Vậy Mặt trời đang in lên chòm Song ngư. (xem bảng 1)

Bảng 1 : Các chòm sao trên hoàng đới

Tháng	Tên chòm sao Mặt trời in lên		Tháng	Tên chòm sao Mặt trời in lên	
1	Con hươu	Capricornus	7	Con tôm	Cancer
2	Cái bình	Aquarius	8	Sư tử	Leo
3	Song ngư	Pisces	9	Trinh nữ	Virgo
4	Con dê	Aries	10	Cái cân	Libra
5	Con trâu	Taurus	11	Thần nông	Scorpius
6	Song tử	Gemini	12	Nhân mã	Sagittarius

b) Mặt trăng (☾) cũng từ từ dịch chuyển đối với các sao ngược chiều nhật động, trọn 1 vòng gần 27 ngày. Đồng thời hình dáng của Mặt trăng cũng thay đổi (lúc tròn, lúc khuyết, lúc không xuất hiện).

c) Các sao dường như chỉ tham gia nhật động, vị trí tương đối giữa chúng không đổi trong một năm, tạo nên các chòm cố định.

d) Tuy vậy có một số sao đi lang thang giữa các sao khác (hành tinh). Người xưa tìm thấy 5 hành tinh là Thủy, Kim, Hỏa, Mộc, Thổ. Các hành tinh nói chung dịch chuyển đối với các sao ngược với chiều nhật động, nhưng có thời gian chúng dịch chuyển ngược lại tạo nên quỹ đạo hình nút. Đường đi của chúng gần với Hoàng đạo. Đặc biệt Thủy tinh, Kim tinh thường ở gần Mặt trời (Thủy tinh: 280, Kim tinh : 480).

Người xưa đã dựa trên những quan sát về qui luật chuyển động của Mặt trời, Mặt trăng... để xác định thời gian, làm lịch và xác định phương hướng. Họ đã nhận thấy Mặt trời, Mặt trăng, Trái đất và các hành tinh kết hợp thành một hệ mà ta gọi là Hệ Mặt trời sau này.

2. Bức tranh toàn cảnh về vũ trụ.

Từ những quan sát ban đầu, người xưa đã có kết luận về vũ trụ gồm một hệ chứa Trái đất, Mặt trời, Mặt trăng, các hành tinh. Giới hạn của vũ trụ là một vòm cầu trong suốt có gắn các sao. Ngày nay, con người đã nhận thức được vũ trụ là vô tận. Phần vũ trụ mà con người tìm hiểu được cũng đã vô cùng lớn (cỡ 3.1026m) trong đó có hàng tỉ tỉ các ngôi sao. Các ngôi sao thường tập hợp lại thành hệ gọi là thiên hà, hay tinh hệ (galaxy), ta thường nhìn thấy dưới dạng những vết sáng nhòe yếu ớt nên còn gọi là tinh vân. Thiên hà của chúng ta (là chữ Galaxy viết hoa) gọi là Ngân hà, là một dải sáng vắt ngang bầu trời đêm, có khoảng 6000 sao nhìn được bằng mắt thường và hàng trăm tỉ ngôi sao khác.

Mặt trời là một ngôi sao trung bình nằm ngoài rìa của Ngân hà. Mặt trời kéo theo một “bầu đoàn thể tử” gồm các hành tinh, tiểu hành tinh, sao chổi quay xung quanh, tập hợp thành Hệ Mặt trời.

Kích thước của các thiên thể rất lớn, nhưng khoảng không vũ trụ giữa chúng còn lớn hơn nhiều. Trong khoảng không đó còn có vật chất tồn tại dưới dạng bụi, khí, hạt cơ bản, trường... làm cản trở tầm quan sát. Chúng ta thật ngạc nhiên trước khả năng tìm hiểu vũ trụ của con người. Ta thử làm một phép so sánh để tưởng tượng ra mức độ vĩ đại đó.

Trước hết là Trái đất, có đường kính cỡ hàng ngàn km. Để đi được vòng quanh Trái đất con người mất hết hàng nửa năm, nếu đi bộ và Trái đất hoàn toàn bằng phẳng. Trong thực tế, cách đây 500 năm Magellan đã phải mất 3 năm trên biển mới đi hết được một vòng Trái đất và kết luận Trái đất hình cầu. Ngày nay bằng máy bay ta cũng mất cỡ 30 giờ để bay vòng quanh Trái đất. Trái đất vĩ đại thật nhưng chẳng thấm vào đâu so với vũ trụ. Mặt trời, một ngôi sao trung bình ở gần Trái đất nhất, có đường kính gấp trăm lần đường kính Trái đất. Mặt trời có thể chứa hàng triệu Trái đất [(100)3 lần]. Khoảng cách từ Trái đất đến Mặt trời cỡ hàng trăm triệu km. Nếu con người có thể đi bộ được đến Mặt trời thì cũng mất hàng ngàn năm. Ánh sáng, vật thể có vận tốc nhanh nhất (cỡ 300.000 km/s), đi từ Mặt trời xuống Trái đất hết 8 phút. Nhưng ánh sáng đi từ Mặt trời ra đến rìa Hệ Mặt trời (vị trí của Diêm vương tinh) hết 5,2 giờ. Có nghĩa là gấp 40 lần quãng đường từ Trái đất lên Mặt trời. Ấy vậy mà đến ngôi sao gần ta nhất, sao Cận tinh, ánh sáng phải đi hết 4,3 năm. Kích thước phần vũ trụ ta có thể quan sát được là cỡ 1010 năm ánh sáng. Có nghĩa là những sự kiện ta quan sát được từ rìa vũ trụ đã xảy ra cách đây hàng chục tỷ năm! Thật khó kiếm được một tỷ lệ thích hợp để mô tả vũ trụ. Ngay đối với Hệ Mặt trời nhỏ bé nếu ta lấy đúng tỷ lệ (nghĩa là thu nhỏ kích thước và khoảng cách theo cùng một tỷ lệ) thì: Nếu Mặt trời là một khối cầu đường kính 1,4m đặt tại tượng Phù đổng Thiên vương trên giao lộ Cách mạng tháng Tám - Nguyễn Trãi - Lý Tự Trọng, Trái đất sẽ là một hòn bi đường kính 1,3 cm đặt cách đó 150m. Khi đó Diêm vương tinh (giới hạn của Hệ Mặt trời) nằm tại ngã tư Bảy Hiền (cách cỡ 6km) là một hạt đậu cỡ 2mm. Thật là khó có tỷ lệ nhỏ hơn để thu vào

một trang giấy, thậm chí vào một phòng thí nghiệm hay một công viên ! Mặc dù vậy, với tỷ lệ thấp nhất này ngôi sao gần nhất cũng nằm tuốt tận... sao hỏa! Những khoảng cách thật kinh khủng. Vậy mà con người vẫn hiểu biết và chinh phục được vũ trụ. Thật vĩ đại!

Bây giờ ta thử so sánh sự tiến triển của vũ trụ theo thời gian. Giả sử vũ trụ được hình thành từ một Big - Bang lúc nửa đêm (0 giờ) và đã tồn tại đến nay được 1 ngày (24 giờ) . Trong thực tế là cỡ 15 tỷ năm. Ở đây ta đã làm phép thu nhỏ thời gian để dễ tưởng tượng. Ta không biết được tường tận những khoảng khắc đầu của vũ trụ (trong thực tế ta chỉ biết đến 10- 43 sau Big - Bang). Nhưng theo thang thời gian này ngay lập tức vật chất trong vũ trụ trở thành H và He. Các thiên hà đầu tiên hình thành lúc 2 giờ sáng. Quasar là một trong số các thiên hà đó. Vào khoảng 6 giờ sáng các sao trong thiên hà của chúng ta được hình thành. Trong quá trình tiến hóa, nhiều ngôi sao nổ tung, bắn ra các nguyên tố C, N, O, Fe. Sau đó chúng lại hợp thành các ngôi sao mới. Mặt trời thuộc loại ngôi sao thế hệ sau, hình thành lúc 5 giờ chiều. Đồng thời với Mặt trời là Trái đất và các hành tinh. Khoảng 6 giờ tối Trái đất bị va chạm dữ dội bởi các tiểu hành tinh và có lẽ Mặt trăng bị văng ra từ đây. Chậm hơn một tí đã có sự sống nguyên thủy. Nhưng cứ sau 1/4 giờ lại có những vụ va chạm với tiểu hành tinh, hủy diệt tất cả. Đến 9 giờ tối sự sống đã tiến triển và để lại hóa thạch đến nay. Khoảng 6 phút trước 12 giờ đêm động vật có vú xuất hiện. Sự tiến hóa đưa đến sự xuất hiện con người vào lúc 18 giây trước 12 giờ đêm. Đức Phật, Chúa Giêsu, Mohammed sống trước nửa đêm được 0,01 giây! Vậy thì đời sống của con người (cỡ 100 năm trong thực tế) chả là gì so với thang thời gian này. Một giờ học về thiên văn ở trên lớp để hiểu về những việc xảy ra trong cả tỷ năm, quả thật là quá ít ỏi!

PHẦN A

THIÊN VĂN
(Astronomy)

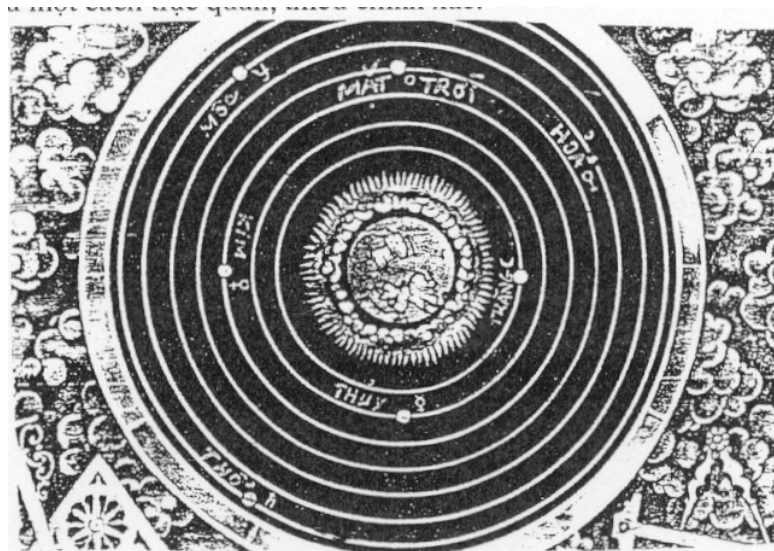
Chương I: HỆ MẶT TRỜI (CẤU TRÚC VÀ CHUYỂN ĐỘNG)

I. QUAN NIỆM CŨ VỀ HỆ MẶT TRỜI: HỆ ĐỊA TÂM.

1. Quan niệm của Aristotle về vũ trụ (384(322 TCN)).

Aristotle là một nhà triết học vĩ đại thời cổ. Những tư tưởng của ông có ảnh hưởng sâu sắc đến nhiều thế hệ. Mặc dù ở thời ông người ta không sử dụng toán học và tiến hành thí nghiệm nhưng ông vẫn được coi là cha đẻ của vật lý với tác phẩm “Vật lý học”. Theo ông vũ trụ được cấu thành bởi 4 yếu tố cơ bản là: đất, nước, không khí và lửa. Mỗi nguyên tố đều có vị trí tự nhiên trong vũ trụ. Vị trí tự nhiên của đất là địa cầu, trung tâm bất động của vũ trụ (Qua quan sát nguyệt thực thời này người ta đã biết Trái đất không phải là đĩa bẹt mà có hình cầu). Vị trí tự nhiên của nước là phần khối cầu bao bọc ngoài địa cầu. Vị trí tự nhiên của không khí và lửa là hai phần khối cầu bọc ngoài. Mặt cầu ngoài cùng là giới hạn vị trí của lửa, có gắn các sao bất động, đó là giới hạn của vũ trụ. Mỗi nguyên tố khi bị cưỡng bức rời khỏi vị trí tự nhiên đều có xu hướng trở về vị trí tự nhiên cũ. Thế giới từ Mặt trăng trở lên là của trời, là thế giới linh thiêng. Chuyển động tự nhiên của các thiên thể ở đây là chuyển động tròn, vì đường tròn là hoàn thiện nhất. Thế giới dưới Mặt trăng là thế giới trần tục nên chuyển động là đường thẳng, một đường không hoàn thiện. Tất cả các thiên thể đều có dạng hình cầu (một hình dạng hoàn thiện. Vũ trụ đã tồn tại và sẽ tồn tại mãi, vĩnh hằng, bất biến. Theo ông thì không có chân không và vật nặng rơi tự do nhanh hơn vật nhẹ.

Như vậy từ các truyền thuyết sơ khai về vũ trụ đến Aristotle vũ trụ đã có tâm là Trái đất với các định luật cơ học được hiểu một cách trực quan, thiếu chính xác.



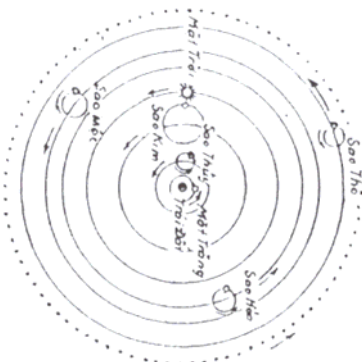
Hình 3: Hệ địa tâm Aristotle

2. Hệ địa tâm của Ptolemy.

Tới thế kỷ III TCN Thiên văn bắt đầu tách thành một khoa học riêng biệt. Các nhà Thiên văn đã thực hiện các quan sát về chuyển động của các hành tinh (Xem lại phần nhập môn). Họ đưa ra lý thuyết về nội luận, ngoại luận và tâm sai. Ptolemy (87(165) đã hoàn chỉnh các lý thuyết đó và xây dựng một mô hình vũ trụ gồm Mặt trời, Mặt trăng, các hành tinh: Thủy, Kim, Hỏa, Mộc, Thổ và Trái đất theo trật tự sau (trong tác phẩm “Almagest”):

- Trái đất nằm yên ở trung tâm vũ trụ.
- Giới hạn của vũ trụ là một vòm cầu trên có gắn các sao. Vòm cầu này quay đều quanh một trục xuyên qua Trái đất.
- Mặt trăng, Mặt trời chuyển động đều quanh Trái đất cùng chiều với chiều quay của vòm cầu nhưng với chu kỳ khác nhau nên chúng dịch chuyển đối với các sao.
- Các hành tinh chuyển động đều theo những vòng tròn nhỏ (Epicycle: Nội luận); tâm của vòng tròn nhỏ này chuyển động theo các vòng tròn lớn (deferent: ngoại luận) quanh Trái đất. Có thể tâm của vòng tròn lớn lệch khỏi Trái đất (nó có tâm sai (eccentric).
- Trái đất, Mặt trời, tâm vòng tròn nhỏ của Kim tinh, Thủy tinh luôn nằm trên một đường thẳng.

Như vậy mô hình vũ trụ địa tâm của Ptolemy thỏa mãn cho việc giải thích chuyển động nhìn thấy của thiên thể trên thiên cầu. Đồng thời nó phù hợp với kinh thánh về sự sáng tạo ra thế giới của Chúa trong 6 ngày, với Trái đất là trung tâm. Vì vậy thuyết địa tâm Ptolemy được giáo hội tán đồng và tồn tại cả ngàn năm.



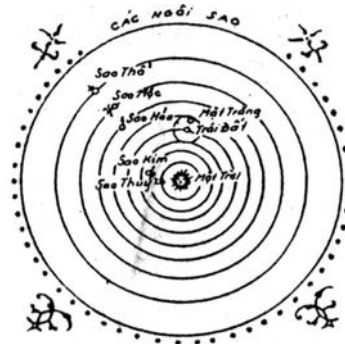
Hình 4 : Hệ địa tâm Ptolemy

Theo quan điểm cơ học về sự tương đối của chuyển động ta có thể chọn vật bất kỳ làm mốc tọa độ, cho nó đứng yên và so sánh sự chuyển động của vật khác đối với nó. Nếu ta chọn đúng thì việc tính toán, quan sát được dễ dàng. Ở đây Ptolemy đã gắn tâm của hệ với Trái đất. Đó là một việc làm không khôn ngoan nếu không nói là sai lầm, vì nó đưa đến những tính toán phức tạp, rối rắm. Các tu sĩ đã từng phải thốt lên khi học nó: “Tại sao Chúa lại sáng tạo ra một mô hình phiến toái đến thế”.

II. HỆ NHẬT TÂM COPERNICUS (CUỘC CÁCH MẠNG LỚN TRONG THIÊN VĂN).

Mặc dù có nhiều phiên toái nhưng do được Giáo hội ủng hộ, mô hình Hệ địa tâm Ptolemy vẫn tồn tại nhiều thế kỷ. Nó đã khiến khoa học dậm chân tại chỗ. Nhiều nhà khoa học đã nghi ngờ về tính xác thực của nó. Nhưng trước thế lực Nhà thờ chưa ai dám nêu ra một giả thuyết khác. Mãi đến thời đại Phục hưng, vào thế kỷ 16 Nicolaus Copernicus, một nhà khoa học Ba Lan, mới dũng cảm vạch ra chân lý. Tuy vậy, trong những năm dài của cuộc đời, ông vẫn phục vụ nhà thờ với cương vị thư ký và bác sĩ, trong sự che chở của ông bác là giáo chủ. Ông đã tham gia nhiều hoạt động xã hội, đã đi xuất dương du lịch học hỏi nhiều. Nhưng vốn yêu thích thiên văn và toán học, ông đã miệt mài nghiên cứu bầu trời trong những điều kiện hết sức khó khăn và bằng những dụng cụ thô sơ ông vẫn thu được những kết quả khá chính xác. Chỉ đến những ngày cuối đời ông mới dám công bố kết quả nghiên cứu của mình trong cuốn sách “De Revolutionibus orbis um coelestium” (Về sự quay của Thiên cầu) để tránh sự trả thù của giáo hội. Hệ Nhật tâm Copernicus ra đời mở đầu cho cuộc cách mạng trong nhận thức của con người về vũ trụ. Mặc dù vẫn phải dùng các khái niệm nội luận, ngoại luận, tâm sai như Ptolemy nhưng Copernicus đã có khái niệm về tính tương đối của chuyển động. Ông đã nhận thấy việc Trái đất quay quanh Mặt trời là cái có thật, việc Trái đất đứng yên chỉ là ảo ảnh. Ông chỉ rõ:

- Mặt trời là trung tâm của vũ trụ.
 - Các hành tinh (Thủy, Kim, Trái đất, Hỏa, Mộc, Thổ) chuyển động đều quanh Mặt trời theo quỹ đạo tròn, cùng chiều và gần như ở trong cùng một mặt phẳng. Càng ở xa Mặt trời chu kỳ chuyển động của hành tinh càng lớn.
 - Trái đất cũng là một hành tinh chuyển động quanh Mặt trời, đồng thời tự quay quanh một trục xuyên tâm.
 - Mặt trăng chuyển động tròn quanh Trái đất (Vệ tinh của Trái đất).
 - Thủy tinh, Kim tinh ở gần Mặt trời hơn Trái đất (có quỹ đạo chuyển động bé hơn) Hỏa tinh, Mộc tinh, Thổ tinh có quỹ đạo lớn hơn (ở xa Mặt trời hơn).
- Vậy cấu trúc của hệ là gồm Mặt trời ở tâm và các hành tinh theo thứ tự xa dần là: Thủy, Kim, Trái đất, Hỏa, Mộc, Thổ.
- Ở một khoảng rất xa là mặt cầu có chứa các sao bất động.



Hình 5 : Hệ Nhật tâm Copernicus

- Mặc dù còn nhiều điểm thiếu chính xác cần phải hoàn thiện Copernicus đã đưa ra một mô hình đúng đắn về hệ Mặt trời. Cho đến nay người ta đã hoàn toàn công nhận nó. Nhưng cuộc đấu tranh để khẳng định chân lý này đã phải kéo dài hàng chục năm với sự dũng cảm hy sinh của nhiều nhà khoa học thời bấy giờ.

III. KEPLER VÀ SỰ HOÀN THIÊN HỆ NHẬT TÂM.

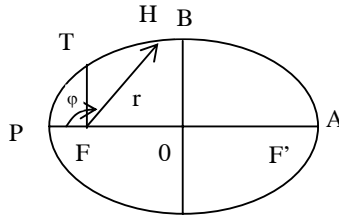
Sau Copernicus là thời kỳ tranh luận dữ dội về vị trí của Trái đất và Mặt trời. Tycho Brahe, một nhà Thiên văn giàu có xứ Đan mạch đã bỏ gần 30 năm trời quan sát và ghi chép rất kỹ về chuyển động của các hành tinh, hy vọng đó sẽ là cơ sở kiểm tra lý thuyết. Ông chết đi để lại toàn bộ số liệu cho cộng sự của mình là Kepler, một nhà thiên văn và toán học Đức xứ lý. Qua nhiều lần tính toán, thử đi thử lại, Kepler thấy nếu coi hành tinh chuyển động đều trên quỹ đạo tròn thì sẽ không khớp với số liệu. Ông cho là số liệu không thể sai được, mà hệ nhật tâm Copernicus là chưa chính xác. Ông đã bổ sung bằng 3 định luật sau:

* **Định luật 1: Định luật về quỹ đạo:** Các hành tinh chuyển động trên quỹ đạo hình elip với Mặt trời ở tại một tiêu điểm.

- Khi hành tinh chuyển động theo đường tròn thì nó luôn cách đều tâm (Mặt trời). Nhưng nếu nó chuyển động theo hình elip với Mặt trời ở tại một tiêu điểm thì có lúc nó ở gần Mặt trời, có lúc nó ở xa. Điểm gần nhất gọi là điểm cận nhật (Perihelion: P), điểm xa nhất gọi là viễn nhật (Aphelion: A). Khoảng cách trung bình từ Trái đất đến Mặt trời được gọi là một đơn vị thiên văn (1AU ≈ 150.000.000km).

Độ sai khác giữa đường tròn và elip được xác định bởi tâm sai e. Quỹ đạo chuyển động của các hành tinh có tâm sai tương đối nhỏ nên có thể coi là tròn.

Xét biểu thức toán học của định luật này:



Hình 6: Elip

O : tâm elip

F, F' : tiêu điểm, Mặt trời tại F

H : hành tinh

r : bán kính vectơ của hành tinh trong hệ tọa độ cực tâm F

ϕ : góc xác định vị trí H trong hệ tọa độ cực tâm F

OA = a = bán trục lớn

OB = b = bán trục nhỏ

A : điểm viễn nhật; P : điểm cận nhật

$$\text{Tâm sai } e = \frac{FO}{a} = \frac{F'O}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

$$rc = \text{khoảng gần nhất} = a(1 - e)$$

$$rv = \text{khoảng xa nhất} = a(1 + e)$$

$$p = \text{thông số tiêu} = FT = \frac{b^2}{a} = a(1 - e^2); (FT \perp AP)$$

+ **Cách vẽ Elip trên giấy:**

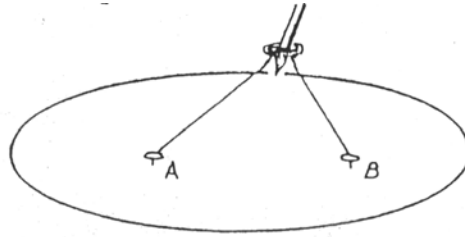
Tại tâm O vẽ 2 đường tròn bán kính a và b

$$\left. \begin{array}{l} OA = \text{Bán trục lớn} = a \\ OB = \text{Bán trục nhỏ} = b \end{array} \right\} OA \perp OB$$

kẻ xyô bất kỳ cắt đường tròn nhỏ tại R, lớn tại Q, từ R kẻ $rr' \parallel OA$, từ Q kẻ $qq' \parallel OB$

2 đường này cắt nhau tại một điểm. Đó là một điểm của lip. Cứ thế xác định các điểm khác.

Từ B quay một cung bán kính bằng OA cắt OA tại F và F' là hai tiêu điểm của elip.



Hình 6'

+ Cách vẽ trên bảng: Elip có tính chất là tổng khoảng cách từ một điểm bất kỳ trên elip đến 2 tiêu là không đổi nên có thể áp dụng để vẽ hình: Tại 2 tiêu đóng 2 đinh. Cột một sợi dây cố định vào 2 điểm đó. Luôn phần theo dây và quay sẽ tạo thành elip (hình 6')

Biểu thức toàn học của định luật 1 là phương trình đường elip trong hệ tọa độ cực:

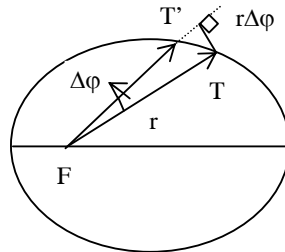
$$r = \frac{p}{1 + e \cos \varphi}$$

*** Định luật 2: Định luật về tốc độ diện tích**

Đường nối giữa một hành tinh với Mặt trời (bán kính vectơ của hành tinh) quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau. Hay : Tốc độ diện tích mà bán kính vectơ của hành tinh quét được là một hằng số.

Diện tích mà bán kính vectơ r quét trong khoảng thời gian (t rất gần với diện tích của tam giác FTT' có đáy là TT', đường cao FT'. Diện tích đó là bằng :

$$= \frac{1}{2} r^2 \Delta \varphi$$



Hình 7

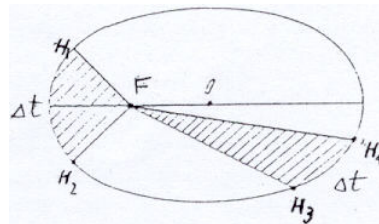
$\Delta \varphi$: Góc mà bán kính vectơ quét được trong quãng thời gian Δt . Khi Δt càng nhỏ thì diện tích tam giác càng gần với diện tích mà bán kính vectơ quét. Ta có : $ds = \frac{1}{2} r^2 d\varphi$

Tốc độ diện tích là :

$$\frac{dS}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \frac{d\varphi}{dt}$$

Biểu thức toán học của định luật 2 là:

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



Hình 8

- Theo định luật này thì hành tinh sẽ không chuyển động đều trên quỹ đạo. Trên hình ta thấy diện tích $FH_1H_2 = FH_3H_4$. Do đó cung $H_1H_2 > H_3H_4$, hay vận tốc của hành tinh ở cận điểm lớn hơn ở viễn điểm (với cùng Δt). Nếu gọi v là vận tốc chuyển động tròn của hành tinh, v_c : vận tốc tại cận điểm; v_v : vận tốc tại viễn điểm thì:

$$v_c = v \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

$$v_v = v \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$$

Với Trái đất $v \approx 29,8 \text{ km/s}$

- Sau một chu kỳ chuyển động T hành tinh sẽ quét được toàn bộ elip, tức diện tích elip là πab . Vậy hằng số C sẽ là $\frac{2\pi ab}{T}$.

*** Định luật 3 : Định luật về chu kỳ**

Bình phương chu kỳ chuyển động của hành tinh tỷ lệ với lập phương bán trục lớn quỹ đạo của nó.

Giả sử với hành tinh 1 ta có :

$$T_1^2 \sim a_1^3$$

Với hành tinh 2 là :

$$T_2^2 \sim a_2^3$$

Với hành tinh 3 thì

$$T_3^2 \sim a_3^3 \quad (\text{với } a : \text{ bán trục lớn; } T : \text{ chu kỳ})$$

thì ta có tỷ lệ sau :

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} = K = \text{const}$$

Trong đó K là hằng số, hay hệ số tỷ lệ.

Nếu lấy bán trục lớn qua đơn vị thiên văn (AU), lấy chu kỳ bằng chu kỳ chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời ($T = 1$ năm) thì $K = 1$

$$\text{Khi đó} \quad T^2 = a^3$$

- Như vậy hành tinh ở càng xa Mặt trời (a lớn) thì càng chuyển động chậm (T lớn).

- Trong công thức này không có tâm sai nên dù hành tinh có quỹ đạo dẹt thế nào đi nữa, chỉ cần bán trục lớn không đổi thì chu kỳ chuyển động của nó cũng không đổi.

Nhận xét: Như vậy Kepler đã hiệu chỉnh quỹ đạo chuyển động của các hành tinh quanh Mặt trời một cách khá đúng đắn. Tuy nhiên, cũng như Copernicus ông không giải thích được nguyên nhân của chuyển động. Điều này phải đợi đến Newton. Nhưng trước tiên phải đi qua công lao to lớn của Galileo đối với thiên văn và cơ học nói chung.

IV. GALILEO VÀ KỶ NGUYÊN MỚI TRONG THIÊN VĂN.

Không thể không nhắc tới Galileo trong giáo trình thiên văn được. Vì chính ông là người góp công đầu cho việc xây dựng nền thiên văn hiện đại. Ông là người đầu tiên trong lịch sử biết sử dụng các dụng cụ quang học vào việc quan sát bầu trời. Nhờ sự phóng đại của nó mà tầm nhìn của con người được nâng lên rất nhiều. Đó là ngày 7(01(1610, ngày mở đầu cho kỷ nguyên mới của Thiên văn, ngày Galileo dùng ống nhòm có độ phóng đại hơn 1000 lần để quan sát bầu trời. Ông đã thấy Mặt trăng có các vết lõm lõm (mỏm núi, miệng núi lửa) như dưới Trái đất chứ không hoàn hảo, linh thiêng như Aristotle quan niệm. Ông còn thấy được các vệ tinh của sao Mộc. Ông nhìn thấy Ngân hà không phải là một dải liên tục mà là tập hợp rất nhiều sao. Ông thấy sao Kim cũng thay đổi hình dạng (tuần sao) giống như Mặt trăng (tuần trăng). Tất cả những kết quả đó làm giàu thêm hiểu biết về hệ Mặt trời và vũ trụ.

Nhưng ngoài ra Galileo còn có những đóng góp rất quan trọng cho vật lý. Từ năm 25 tuổi ông đã làm thí nghiệm với vật rơi tự do có trọng lượng khác nhau. Từ đó ông bác bỏ ý kiến của Aristotle là vật nặng rơi nhanh hơn vật nhẹ. Những thí nghiệm đơn giản của Galileo có thể coi là là mở đầu cho khoa học *thực nghiệm*. Trong cuốn sách “*Đối thoại về hai hệ thống thế giới: hệ Ptolemy và hệ Copernicus*”, ông đã công khai ủng hộ tư tưởng Copernicus, mạnh mẽ đã phá nhưng sai lầm của Aristotle (tồn tại đã trên 2000 năm) và đề ra những nguyên lý cơ bản cho Cơ học. Phân tích chuyển động của hòn bi trên mặt phẳng Galileo đã chỉ ra nguyên lý quán tính (mà sau này Newton phát biểu thành định luật 1), chỉ ra nguyên nhân của việc duy trì quán tính là gia tốc bằng không hay “vật chịu tác dụng khử lẫn nhau của các vật khác”; tức ông đã nhìn thấy mối liên hệ giữa gia tốc và lực. (Aristotle cho rằng tác dụng lực làm thay đổi vị trí). Ông bác bỏ lập luận của phái Aristotle cho rằng nếu Trái đất quay thì những vật gắn không chặt với Trái đất sẽ bị trôi theo ngược chiều quay bằng nguyên lý quán tính. Tác phẩm của ông toát ra tinh thần của các nguyên lý cơ bản của cơ học mà những nhà bác học thế hệ sau đặt tên là nguyên lý tương đối Galileo, phép biến đổi Galileo. Đó là những *nguyên lý cơ bản của cơ học cổ điển* (xem *Lương Duyên Bình (Vật lý đại cương tập 1)*). Ông là người nhiệt tình khẳng định thuyết Nhật tâm Copernicus dù bị Nhà thờ xét xử, giám sát chặt chẽ. Ông là biểu tượng cho sức mạnh không thể bị khuất phục của khoa học.

V. NEWTON VÀ CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA CƠ HỌC CỔ ĐIỂN.

Các vấn đề về chuyển động của các thiên thể chỉ được sáng tỏ sau Newton. Ông chính là người khai sinh môn cơ học thiên thể trong Thiên văn. Đồng thời, trong quá trình hoàn thiện các dụng cụ quang học để quan sát bầu trời ông đã khai sinh môn quang hình. Newton là nhân vật vĩ đại nhất trong khoa học. Tư tưởng của ông ảnh hưởng rất mạnh mẽ lên Thế giới quan của loài người trong suốt một chặng dài lịch sử. Ta sẽ đi sâu vào các định luật Newton để giải thích chuyển động của các thiên thể.

1. Ba định luật cơ học của Newton.

a) Định luật 1 : Về quán tính

Mọi vật sẽ đứng yên hay chuyển động thẳng đều nếu không có lực tác dụng vào nó.

Hay: Chất điểm cô lập bảo toàn trạng thái chuyển động của nó.

Trong định luật này ta cần chú ý đến vấn đề hệ qui chiếu. Hệ qui chiếu mà trong đó định luật 1 là đúng gọi là hệ qui chiếu *quán tính*.

Người ta cho rằng đó là hệ qui chiếu có gốc ở tâm Mặt trời và ba trục hướng tới ba ngôi sao cố định (Hệ qui chiếu Copernicus). Còn hệ qui chiếu gắn với Trái đất thì sao? Ta sẽ xét trong phần Trái đất. Trong các quan sát thiên văn vấn đề hệ qui chiếu và tính tương đối của chuyển động là rất quan trọng, ta cần chú ý.

b) Định luật 2 : Lực và gia tốc

Phát biểu cho chất điểm ở trạng thái chịu tác dụng của lực bên ngoài.

- Gia tốc mà vật hay chất điểm thu được dưới tác dụng của *tổng hợp lực bên ngoài tác dụng vào nó tỷ lệ thuận với lực tác dụng đó và tỷ lệ nghịch với khối lượng của nó.*

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Như vậy Newton đã chỉ ra được nguyên nhân của sự chuyển động hay ông đã khai sinh môn Động lực học.

- Định luật 2 còn được gọi là phương trình cơ bản của cơ học.

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (1)$$

- Hay có thể phát biểu như một định lý về động lượng.

$$\frac{d(m \vec{v})}{dt} = \vec{F} \quad (2)$$

Trong đó m khối lượng của chất điểm

\vec{v} : vận tốc của chất điểm

$m \vec{v}$: là một đại lượng vật lý đặc trưng cho chuyển động về mặt động lực học, chỉ khả năng truyền động, gọi là động lượng.

- Có thể đặt $m \vec{v} = \vec{K}$ là động lượng thì từ (2) có thể viết lại :

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F} \quad (3)$$

Phương trình này gọi là phương trình cơ bản của động lực học chất điểm và có thể phát triển như sau: Độ biến thiên động lượng của chất điểm trong một đơn vị thời gian bằng lực tác dụng lên nó.

Hay độ biến thiên của động lượng từ K1 đến K2 trong khoảng thời gian từ t1 đến t2 là :

$$\Delta K = K_2 - K_1 = \int_{t_1}^{t_2} F dt$$

Đại lượng $\vec{F} dt$ gọi là xung lượng của lực, đặc trưng cho tác dụng lực theo thời gian.

Định luật 2 sẽ phát biểu: *Độ biến thiên động lượng của chất điểm theo thời gian bằng xung lượng của lực tác dụng lên nó trong khoảng thời gian đó.*

- Hay có thể viết dưới dạng định lý về mômen động lượng: nếu từ (2) ta nhân hướng 2 vế của phương trình với vector $\vec{r} \vec{r} = \vec{OM}$ (O: gốc tọa độ, M : chất điểm)

$$\vec{r} \times \frac{d(m \vec{v})}{dt} = \vec{r} \times \vec{F}$$

biến đổi :

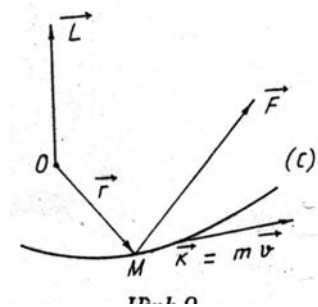
$$\frac{\vec{r} \times d(m \vec{v})}{dt} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\frac{d(\vec{r} \times m \vec{v})}{dt} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\frac{d(\vec{r} \times \vec{K})}{dt} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Trong đó $\vec{r} \times \vec{K}$ gọi là vector mômen động lượng - \vec{L}

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{K}$$



Và $\vec{r} \times \vec{F}$ gọi là mômen lực của lực \vec{F} ngoài vòli tâm 0 $-M_0(\vec{F})$

$$M_0(\vec{F}) = \vec{r} \times \vec{F}$$

Định luật có dạng :

$$\frac{dL}{dt} = M_0(F) \quad (4)$$

- **Định luật phát biểu:** Đạo hàm theo thời gian của momen động lượng đối với tâm 0 của một chất điểm bằng mômen lực theo tâm 0 tác dụng lên chất điểm đó.

Cách viết (2), (3), (4) không phải của Newton nhưng nó tiện lợi để xét trường hợp chất điểm chuyển động trong trường lực xuyên tâm (Giá lực đi qua gốc tọa độ) mà Hệ Mặt trời là một ví dụ.

c) Định luật 3 : Về phản lực

Mỗi lực tác dụng luôn luôn có phản lực, bằng và ngược hướng.

(Chú ý : Điểm đặt của 2 lực là khác nhau nên chúng không cân bằng nhau)

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Như vậy các vật trong tự nhiên cùng tương tác lẫn nhau. Trái đất hút mọi vật nằm trên nó, nhưng mọi vật cũng tác dụng ngược trở lại Trái đất. Kết quả là ta tồn tại, đi lại trên quả cầu tròn này mà không bị rơi vào không khí.

2. Định luật vạn vật hấp dẫn.

Trước Newton các nhà thiên văn không giải thích được nguyên nhân của chuyển động của các hành tinh quanh Mặt trời. Copernicus cho rằng Mặt trời đã được “phủ bẩm” cho một “khả năng hút”. Kepler cho rằng các vật có khả năng hút nhau như nam châm. Galileo cho rằng nếu không có gì tác dụng lên thì các hành tinh cứ chuyển động thẳng đều mãi (nguyên lý quán tính) và ông cho rằng đã có một lực “kéo theo” nào đó khiến hành tinh chuyển động theo quỹ đạo Elip. Đến thế kỷ XVII, hai nhà bác học là Borelli và Hooke đã đi đến những ý tưởng về lực hấp dẫn. Nhưng chỉ có Newton mới phát biểu được thành định luật hoàn chỉnh (1650).

- Newton suy luận như sau: Từ định luật I ông cho rằng nếu không có lực tác dụng thì các hành tinh sẽ đứng yên hoặc chuyển động với vận tốc không đổi trong hệ qui chiếu có tâm là Mặt trời.

Nhưng các hành tinh đã không chuyển động theo đường thẳng mà bị lệch, tức thay đổi vận tốc. Sự thay đổi này theo định luật 2 phải do một lực nào đó tác dụng. Lực đó hướng từ hành tinh về tâm Mặt trời (Lực hướng tâm).

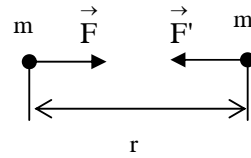


Hình 10

Theo ông lực đó có bản chất giống trọng lực trên Trái đất, tức tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách. Ông đã tính toán thử với Mặt trăng và thấy lực giữ cho Mặt trăng chuyển động quanh Trái đất có bản chất như trọng lực. Ông tiếp tục suy luận đối với các hành tinh trong hệ Mặt trời bằng cách từ 3 định luật Kepler và các định luật cơ học của mình rút ra biểu thức của lực chi phối chuyển động của các hành tinh. Và ông đã tìm ra định luật vạn vật hấp dẫn (Xem thêm giáo trình Thiên văn Phạm Viết Trinh).

a) Phát biểu định luật:

Hai chất điểm khối lượng m và m' đặt cách nhau một khoảng r sẽ hút nhau bằng một lực có phương là đường thẳng nối 2 chất điểm đó, có cường độ tỷ lệ thuận với hai khối lượng m và m' và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách r



Hình 11

$$F = F' = G \frac{mm'}{r^2}$$

(Chú ý : F và F' là cặp lực - phản lực theo định luật 3 Newton; F đặt vào m và F' đặt vào m').

G : hệ số tỷ lệ, phụ thuộc đơn vị, gọi là hằng số hấp dẫn vũ trụ. Trong hệ SI ta có:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$$

$$\text{Hay} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$$

Chú thích : Công thức trên chỉ phát biểu cho chất điểm

- Trường hợp vật m, m' có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách r giữa chúng thì vật có thể coi là chất điểm và có thể áp dụng định luật (trường hợp hệ Mặt trời).
- Trường hợp m, m' là hai quả cầu đồng chất, r là khoảng cách giữa 2 tâm cũng được Newton chứng minh là có thể áp dụng định luật.
- Newton cũng cho rằng một cái vỏ vật chất hình cầu, đồng tính thì hút một hạt ở ngoài vỏ tựa như khối lượng của vỏ tập trung vào tâm nó. Cái vỏ này không tác dụng lực hấp dẫn vào hạt ở bên trong nó (trường hợp Trái đất)
- Trong các trường hợp khác ta sẽ áp dụng phương pháp tích phân dựa vào tính chồng chập của lực hấp dẫn.

b) Tính chất của lực hấp dẫn:

- Lực hấp dẫn là phổ biến cho toàn thể mọi vật trong vũ trụ.
- Lực hấp dẫn là lực hút, nó phụ thuộc vào khoảng cách và khối lượng của vật. Về mặt vật lý, khối lượng hấp dẫn (Theo định luật này) và khối lượng quán tính (theo định luật 1 và 2) là hai đại lượng vật lý khác nhau. Nhưng người ta thấy chúng là đồng nhất và mãi đến Einstein mới giải thích được điều đó.
- Định luật vạn vật hấp dẫn còn thể hiện những quan điểm của cơ học cổ điển Newton về không gian, thời gian. Nó có những sai lầm mà sau này Einstein đã bác bỏ và đưa ra những quan niệm mới, đúng đắn hơn. Ta sẽ xét kỹ trong phần các thuyết tương đối của Einstein.
- Sau này, người ta nhận thấy hấp dẫn là một trong bốn loại tương tác cơ bản của tự nhiên (tương tác hấp dẫn, tương tác điện từ, tương tác mạnh, tương tác yếu). Tuy về cường độ nó là tương tác yếu nhất, nhưng lại là tương tác phổ biến nhất trong vũ trụ và đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành và phát triển của các thiên thể và của toàn vũ trụ (Sinh viên sẽ tự tìm hiểu thêm và có thể viết bài thu hoạch về đề tài này).
- Ở đây ta sẽ đưa ra một số điều cần thiết để hiểu thêm về cơ chế chuyển động của các hành tinh. Đó là khái niệm trường lực hấp dẫn. Xung quanh vật có khối lượng tồn tại trường hấp dẫn. Bất kỳ vật nào khác có khối lượng được đặt vào trong trường này đều chịu tác dụng của lực hấp dẫn. Trường hấp dẫn là trường thế (tức công chuyển dời một vật trong trường của lực không phụ thuộc vào đường đi mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối). Do đó cơ năng của trường được bảo toàn :

$$W = W_d + W_t = \frac{mv^2}{2} + \left(-G \frac{Mm}{r} \right) = \text{const}$$

trong đó : $\frac{mv^2}{2} = W_d$

$$- \frac{GMm}{r} = W_t = \text{Thế năng}$$

và vì đây là trường lực xuyên tâm nên mô men động lượng được bảo toàn :

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = M_o(\vec{F}) = 0$$

$$\vec{L} = \text{const}$$

(Xem Vật lý Đại cương (Lương Duyên Bình tập 1)

VI. BÀI TOÁN 2 VẬT (PHÁT BIỂU LẠI ĐỊNH LUẬT KEPLER).

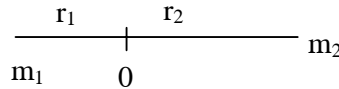
Trong vật lý ta thường gặp bài toán xét chuyển động của 2 vật dưới tác dụng của lực tương hỗ giữa chúng (Ta có thể tham khảo trong giáo trình cơ học hoặc cơ lý thuyết). Ở đây ta chỉ chú ý đến những kết luận có liên quan đến chuyển động của các thiên thể. Trong thực tế không thể có chỉ hai thiên thể tồn tại cô lập và tương tác lẫn nhau. Nhưng để đơn giản ta hãy xét trường hợp hệ hai vật đã. Ta biết chuyển động của hai vật m_1, m_2 có thể

qui lại thành chuyển động của một vật rút gọn có khối lượng $m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ quanh một khối

tâm 0

(là điểm chia khoảng nối

giữa 2 vật theo tỷ lệ $\frac{r_1}{r_2} = \frac{m_2}{m_1}$



Hình 12

Chuyển động của vật trong hệ qui chiếu gắn với khối tâm sẽ qui về bài toán chuyển động của vật rút gọn trong trường xuyên tâm, rồi từ đó suy ra chuyển động của m_1, m_2 .

Nhưng trong trường hợp $m_1 = M \gg m_2 = m$, tức một vật có khối lượng vô cùng lớn so với vật kia thì ta có thể coi khối tâm của hệ nằm ngay tại M hay M đứng yên, m chuyển động.

Trong trường hợp trường xuyên tâm là trường thế hấp dẫn $U(r) = \frac{-\alpha}{r}$ ($\alpha > 0$) thì quỹ

đạo chuyển động của m sẽ là một trong các đường Conic (tròn, elip, parabol, hyperbol) tùy thuộc vào cơ năng toàn phần của nó (Tức tùy thuộc vào vận tốc và khoảng cách đến tâm lực). Tóm lại, giải bài toán này đưa đến cách phát biểu lại 3 định luật Kepler tổng quát hơn như sau:

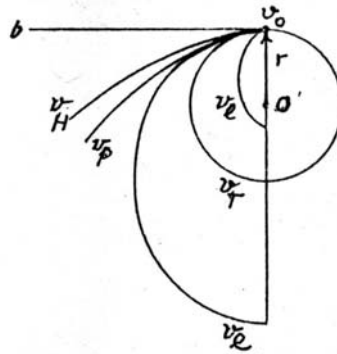
1. Định luật Kepler tổng quát.

a) Định luật 1:

Dưới tác dụng của lực hấp dẫn tương hỗ, một thiên thể m có thể chuyển động trong trường lực hấp dẫn của thiên thể kia ($M \gg m$) theo một trong các đường Conic, tùy thuộc vào vận tốc ban đầu của vật (v_0) tính từ cận điểm \tilde{I} lúc này có mô đun cực tiểu)

Bảng 2: Bảng tóm tắt dạng quỹ đạo

Cơ năng toàn phần	Dạng quỹ đạo	Vận tốc ban đầu	Tâm sai	Bán trục lớn
$E_0 < 0$	Tròn	$v_{\tau}^2 = \frac{G(M+m)}{r}$	$e=0$	$a = r$
$E_0 < 0$	Elip	$v_e^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$	$0 < e < 1$	Nếu G thì $a > r$ Nếu G thì $a < r$
$E_0 > 0$	Parabol	$v_p^2 = \frac{2G(M+m)}{r} = 2v_{\tau}^2$	$e=1$	
$E_0 > 0$	Hyperbol	$v_H^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} + \frac{1}{a} \right)$	$e > 1$	



Hình 13: Họ các quỹ đạo của vật ứng với v_0 khác nhau

b) Định luật 2 :

Định luật 2 của Kepler về tốc độ diện tích của bán kính vectơ là tương đương với định luật bảo toàn mô men động lượng.

Thật vậy, từ định luật 2 Kepler ta có :

$$\frac{dS}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \frac{d\varphi}{dt} = \text{const}$$

$$\text{vì } \frac{d\varphi}{dt} = \omega$$

từ đó ta có :

$$\frac{mr^2\omega}{2m} = \text{const}$$

$$\text{mà } mr^2\omega = |L|$$

Vậy biểu thức của định luật 2 là :

$$\frac{|L|}{2m} = \text{const}$$

có nghĩa là mô men động lượng L được bảo toàn. Trong phần V ta thấy đây chính là tính chất của trường thế hấp dẫn.

- Khi mô men động lượng được bảo toàn (vector $L = \text{const}$) thì vật chuyển động trên một mặt phẳng cố định đi qua tâm lực và vuông góc với vector L . Đây chính là mặt phẳng quỹ đạo chuyển động của các hành tinh quanh Mặt trời.

c) Định luật 3 : Khi xét bài toán 2 vật định luật 3 có thể phát biểu một cách chính xác hơn như sau :

Tỷ số giữa tích của bình phương chu kỳ chuyển động của một thiên thể quanh một thiên thể khác với tổng khối lượng của chúng và lập phương bán trục lớn là một đại lượng không đổi (bằng $\frac{4\pi^2}{G}$) và đối với mọi cặp vật đều có giá trị như nhau :

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

2. Một số ví dụ về áp dụng định luật Kepler trong thiên văn.

a) Xác định vận tốc vũ trụ của thiên thể:

- Từ định luật 1 của Kepler ta thấy một vật trên một thiên thể có thể chuyển động quanh thiên thể đó theo những quỹ đạo khác nhau, tùy thuộc vào vận tốc ban đầu của nó.

Vận tốc vũ trụ cấp 1 của vật là vận tốc để vật chuyển động theo quỹ đạo tròn sát thiên thể :

$$V_T^2 = \frac{GM}{r} \quad (M, r : \text{khối lượng và bán kính thiên thể})$$

trong đó ta coi khối lượng vật vô cùng nhỏ so với khối lượng thiên thể : $m \ll M$

hay có thể viết : $V_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

- Vận tốc vũ trụ cấp 2 : là vận tốc Parabol, giúp vật thoát khỏi thiên thể :

$$v_p^2 = 2 \frac{GM}{r} = 2v_T^2$$

hay $v_p = v_T \sqrt{2}$

- Việc tính các vận tốc vũ trụ làm cơ sở cho việc du hành vũ trụ và phóng vệ tinh. (Ta sẽ xét lại ở phần Trái đất). Trong thực tế có phức tạp hơn vì còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác.

- Dựa vào vận tốc vũ trụ ta có thể xác định được thiên thể có khí quyển hay không. Thiên thể muốn giữ được các phân tử khí để trở thành khí quyển của nó thì vận tốc chuyển động nhiệt trung bình vpt của phân tử khí phải thỏa mãn điều kiện :

$$v_{pt} < 0,2 v_{II}$$

Trong đó : $v_{pt}^2 = \frac{3KT}{m}$

K : hằng số Boltzmann

T : Nhiệt độ thiên thể

m : Khối lượng của phân tử khí

vII : Vận tốc vũ trụ cấp 2 của thiên thể

b) Xác định khối lượng của thiên thể:

* Giả sử :

- khối lượng của Mặt trời là M
- khối lượng của hành tinh là m
- khối lượng của vệ tinh là m1
- chu kỳ chuyển động của hành tinh quanh Mặt trời là T, chu kỳ chuyển động của vệ tinh quanh hành tinh là T1.

- a : bán trục lớn quỹ đạo hành tinh
- a_1 : Bán trục lớn quỹ đạo vệ tinh

Áp dụng định luật 3 ta có :

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

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

trong thực tế $M \gg m$

$$m \gg m_1$$

nên một cách gần đúng ta có :
$$\frac{M}{m} = \frac{a^3 T_1^2}{a_1^3 T^2}$$

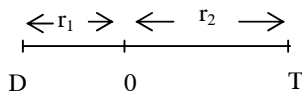
chu kỳ chuyển động T , T_1 và bán trục lớn a , a_1 có thể xác định bằng quan trắc. Từ đó ta có thể suy ra được tỷ số khối lượng giữa Mặt trời và hành tinh. Như vậy, dựa vào định luật 3 Kepler ta có thể xác định được tỷ số giữa khối lượng Mặt trời và khối lượng hành tinh, nếu hành tinh có vệ tinh.

- Trong trường hợp của Trái đất có vệ tinh là Mặt trăng thì ta phải tính khác, vì khối lượng Trái đất không quá lớn so với khối lượng Mặt trăng nên tỷ số $\frac{M}{m}$ sẽ mắc sai số lớn.

Và do chênh lệch khối lượng không quá lớn như vậy nên dưới tác dụng của lực tương hỗ Mặt trăng và Trái đất sẽ chuyển động quanh khối tâm 0.

Ta có :

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{m}{m_1}$$



Hình 14

Bằng quan trắc người ta có thể xác định được $r_1 = 4635\text{km}$

Người ta cũng xác định được khoảng cách từ Trái đất đến Mặt trăng 384.400km . Từ đó $r_2 = 384.400 - 4635 = 379.765\text{km}$.

Do đó :
$$\frac{m}{m_1} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{379.765}{4635} = 81.5 \text{ lần}$$

Vậy biết khối lượng của Trái đất (sẽ tính ở chương sau) sẽ tính được khối lượng của Mặt trăng :

$$m_1 = \frac{m}{81,5} = \frac{6.10^{24}}{81,5} = 7,36.10^{22} \text{ kg}$$

Biết chu kỳ chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời và bán trục lớn là : $T = 365,25$ ngày; $a = 149.106\text{km}$ và chu kỳ chuyển động của Mặt trăng quanh Trái đất, bán trục lớn là: $T_1 = 27,32$ ngày; $a_1 = 0,38.106\text{km}$, ta có thể tính M :

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

$$\frac{\frac{M}{m} + 1}{1 + \frac{m_1}{m}} = \left(\frac{a}{a_1}\right)^3 \left(\frac{T_1}{T}\right)^2$$

$$\begin{aligned}\frac{M}{m} &= \left(1 + \frac{m_1}{m}\right) \left(\frac{a}{a_1}\right)^3 \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 - 1 \\ &= \left(1 + \frac{1}{81,5}\right) \left(\frac{149 \cdot 10^6}{0,38 \cdot 10^6}\right) \left(\frac{27,32}{365,25}\right)^2 - 1 \\ &\approx 330000\end{aligned}$$

Hay = 330000m

Vậy biết khối lượng Trái đất, tính được khối lượng Mặt trời:

$$\begin{aligned}M &= 330000 \cdot 6 \cdot 10^{24} \\ &= 1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg}\end{aligned}$$

- Biết khối lượng Mặt trời dễ dàng tính được khối lượng của các hành tinh có vệ tinh như đã nêu trên. Ví dụ, với sao Mộc, tỷ số $\frac{M}{m}$. Vậy khối lượng sao Mộc :

$$m = \frac{M}{1050} = \frac{1,98 \cdot 10^{30}}{1050} = 19 \cdot 10^{26} \text{ kg}$$

VII. BÀI TOÁN NHIỀU VẬT (NHIỄU LOẠN).

Bài toán 2 vật vừa xét là bài toán lý tưởng. Trong thực tế vạn vật hấp dẫn lẫn nhau nên dù ít hay nhiều chuyển động của vật sẽ bị biến dạng so với bài toán 2 vật. Ví dụ: Từ bài toán 2 vật suy ra chuyển động của Mặt trăng quanh Trái đất theo quỹ đạo hình Elip. Nhưng ngoài bị Trái đất hút, Mặt trăng còn chịu lực hấp dẫn từ phía Mặt trời và các hành tinh khác v.v... Những lực đó gọi là nhiễu loạn và làm quỹ đạo Mặt trăng trở nên phức tạp hơn. Trong cơ học ta biết để giải một bài toán một hệ n vật ta phải lập một hệ gồm 3 bậc tự do cho mỗi vật, tức hệ 3n phương trình. Việc giải hệ nhiều phương trình là rất phức tạp. Trong cơ học thiên thể người ta có thể giải gần đúng bằng cách phân cấp các nhiễu loạn, xem cái nào ảnh hưởng nhiều đến chuyển động của thiên thể để từ đó có thể giải bài toán theo mức độ chính xác khác nhau. Ví dụ, trong bài toán chuyển động của một số hành tinh thì sự tương tác giữa hành tinh và Mặt trời là chính yếu. Nhiễu loạn do các hành tinh khác gây ra có hệ số nhỏ hơn nhiều nên có thể bỏ qua. Quỹ đạo của hành tinh có thể coi hoàn toàn như các định luật Kepler. Trong một số trường hợp khác do tính toán kỹ nhiễu loạn mà người ta đã tìm ra các hành tinh mới (xem phần sau). Nhìn chung, bài toán nhiễu loạn là một bài toán phức tạp. Ngay bài toán 3 vật người ta cũng chưa thể giải quyết được triệt để. Tuy vậy, không phải là không thể tính được. Bằng chứng là có thể dự đoán được Nhật, Nguyệt, Thực, một hiện tượng có được do chuyển động tương đối của 3 vật là Mặt trời, Mặt trăng, Trái đất. Ngày nay nhờ có sự hỗ trợ của máy tính người ta có thể giải quyết được chính xác và mau lẹ hơn các bài toán nhiễu loạn, thể hiện trong việc phóng thành công các tàu vũ trụ lên các hành tinh.

VIII. SỰ PHÁT HIỆN THÊM CÁC THÀNH VIÊN TRONG HỆ MẶT TRỜI. VẤN ĐỀ SỰ BỀN VỮNG CỦA HỆ.

1. Sự phát hiện tiểu hành tinh.

Đến thế kỷ XVIII số hành tinh mà con người biết đến chỉ gồm: Thủy, Kim, Trái đất, Hỏa, Mộc, Thổ.

Khi so sánh khoảng cách từ Mặt trời đến các hành tinh hai nhà thiên văn Đức là Titius và Bode đã thấy có một qui luật là: Nếu cộng thêm 4 cho 1 dãy cấp số nhân : 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96... thì sẽ có một dãy số mới thỏa mãn khá tốt trật tự đến các hành tinh:

Hành tinh	Thủy	Kim	Trái đất	Hỏa	?	Mộc	Thổ
Khoảng cách (bằng đvtv (10))	4	7	10	16	28	52	100

Có điều trong dãy số trên con số 28 không ứng với hành tinh nào. Mãi đến cuối thế kỷ XVIII nhà thiên văn Ý là Piazzini đã quan sát thấy thiên thể này. Và nhà toán học Gauss đã tính toán thấy quỹ đạo của nó ứng với khoảng cách đến Mặt trời bằng 2,77 đvtv. Thiên thể này có kích thước rất bé nên được gọi là tiểu hành tinh (Asteroid). Ngày nay người ta đã tìm được trên hai ngàn hành tinh tí hon như vậy ở vùng giữa Hỏa tinh và Mộc tinh. Người ta cho rằng chúng là do một hành tinh lớn bị vỡ ra.

2. Sự phát hiện các hành tinh mới.

Năm 1781 nhà thiên văn người Anh là Hershell đã phát hiện thêm hành tinh thứ 7 nằm ngoài Thổ tinh và đặt tên là Thiên vương tinh. Giải quyết bài toán nhiễu loạn của chuyển động của hành tinh này nhà toán học Pháp Le Verrier đã chỉ ra được quỹ đạo của hành tinh mới gây ra nhiễu loạn đó. Vào năm 1846 người ta đã quan sát được hành tinh mới này và đặt tên nó là Hải vương tinh. Năm 1930 người ta đã tìm ra hành tinh xa nhất của hệ Mặt trời là Diêm Vương.

3. Sao chổi - Một thành viên của hệ Mặt trời. (Comet)

Từ rất xa xưa của con người đã nhiều dịp chứng kiến sự xuất hiện của sao chổi. Đó là một ngôi sao lạ, sáng và có đuôi dài - như dấu hiệu báo trước nhiều tai họa khủng khiếp. Ngày nay con người đã biết sao Chổi cũng là một thiên thể trong hệ Mặt trời nhưng có khối lượng rất bé và quỹ đạo rất dẹt, vì vậy viễn điểm thường lọt ra ngoài phạm vi của Hệ Mặt trời nên thỉnh thoảng ta mới quan sát được sao chổi như một vị khách lạ từ Vũ trụ tới.

4. Vành đai Kuiper.

Ngày nay người ta còn phát hiện được một vành đai các tiểu hành tinh chuyển động quanh Mặt trời ở khoảng cách xa hơn Diêm vương. Như vậy, phạm vi của hệ Mặt trời có thể được mở rộng ra xa hơn. Người có công phát hiện là nhà thiên văn Mỹ Kuiper và nữ thiên văn người Mỹ gốc Việt Lưu Lệ Hằng (Luu Jean) vào những năm 90 của thế kỷ này.

5. Vấn đề sự bền vững của hệ Mặt trời.

Hệ Mặt trời là hệ gồm Mặt trời và rất nhiều nhân vật khác là 9 hành tinh, tiểu hành tinh, sao chổi. Chúng chủ yếu chuyển động theo quỹ đạo hình Elip theo định luật Kepler dưới tác dụng của lực hấp dẫn từ phía Mặt trời. Nhưng theo định luật vạn vật hấp dẫn thì chúng vẫn tương tác lẫn nhau. Vậy những “nhiễu loạn” này liệu có ảnh hưởng đến quỹ đạo của chúng, và như vậy ảnh hưởng đến sự bền vững của hệ Mặt trời không? Vấn đề này đã được nghiên cứu từ lâu. Đặc biệt chú ý là công trình của các nhà toán học Laplace, Lagrange, Le Verrier. Họ chỉ ra rằng các nhiễu loạn đó là không đáng kể, hệ Mặt trời có thể coi là bền vững.

IX. BỨC TRANH TỔNG QUÁT HIỆN NAY VỀ HỆ MẶT TRỜI.

Cho đến nay người ta đã hiểu được tương đối kỹ về cấu trúc của Hệ Mặt trời. Hệ gồm có một ngôi sao nằm ở tâm là Mặt trời và 9 hành tinh quay xung quanh theo thứ tự: Thủy tinh, Kim tinh, Trái đất, Hỏa tinh, Mộc tinh, Thổ tinh, Thiên vương tinh, Hải vương tinh và Diêm vương tinh (Các số liệu chính về hành tinh được ghi ở phụ lục). Ngoài ra còn các tiểu hành tinh, sao chổi, bụi khí, thiên thạch, sao băng v.v...

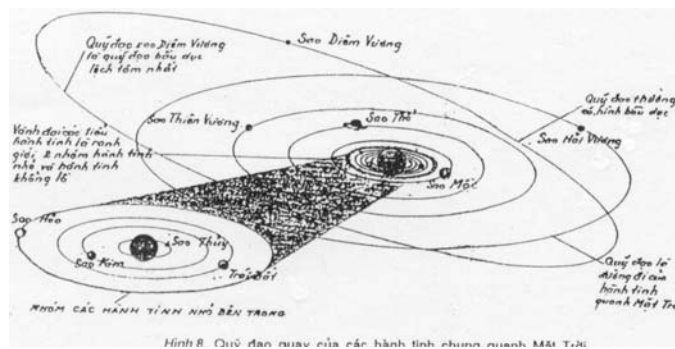
- Các hành tinh quay quanh Mặt trời theo quỹ đạo hình elip theo ngược chiều kim đồng hồ (nhìn về bắc Thiên cực) và hầu như trên cùng một mặt phẳng (Chỉ có quỹ đạo của Diêm vương là lệch nhiều nhất). Các elip nói chung có tâm sai bé nên quỹ đạo của một số hành tinh có thể coi là tròn.

- Ngoài ra, các hành tinh còn tự quay quanh mình, hầu hết theo cùng chiều quay quanh Mặt trời, trừ Kim tinh và Thiên vương tinh quay theo chiều ngược lại. Trục tự quay có thể nghiêng so với mặt phẳng quỹ đạo quanh Mặt trời.

- Trừ Kim tinh, Thủy tinh, các hành tinh đều có các vệ tinh quay xung quanh, hầu hết theo cùng chiều chuyển động của hành tinh quanh Mặt trời. Mặt trăng là vệ tinh duy nhất của Trái đất.

- Các hành tinh được chia làm 2 nhóm: Nhóm Trái đất gồm các hành tinh có kích thước nhỏ nhưng khối lượng riêng lớn, có thể rắn như Thủy, Kim, Trái đất, Hỏa, Diêm và nhóm khổng lồ gồm các hành tinh lớn khối lượng riêng nhỏ (thể băng, khí) như Mộc, Thổ, Thiên vương, Hải vương.

- So với kích thước của hệ Mặt trời thì kích thước của các hành tinh là rất bé, có nghĩa là giữa các hành tinh còn những khoảng không gian trống rỗng, vô tận. Rất khó thể hiện đúng tỷ lệ kích thước các hành tinh và khoảng cách giữa chúng trên trang giấy để có được hình ảnh đúng về hệ Mặt trời trong giáo trình này.

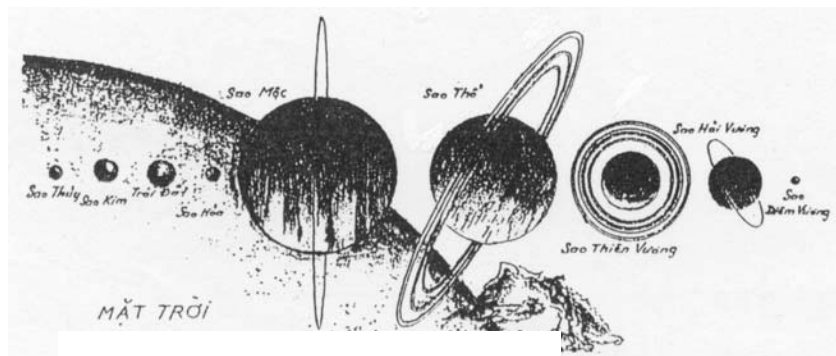


Hình 15

- Hầu hết các hành tinh đều có khí quyển, một số hành tinh còn có các vành khí xung quanh (Ví dụ: Thổ tinh). Tuy nhiên, theo quan sát hiện nay chỉ duy nhất Trái đất có điều kiện nhiệt độ, áp suất... thích hợp để có sự sống.

- Ngoài ra, chúng ta có thể nghiên cứu kỹ về các hành tinh bằng cách đọc thêm các sách tham khảo. Về vấn đề nguồn gốc của hệ Mặt trời ta sẽ trở lại ở chương cuối của giáo trình này.

- Theo tin mới nhất (ngày 9.10.1999) các nhà thiên văn đã phát hiện ra hành tinh thứ 10 trong hệ Mặt trời (hành tinh X) nằm cách Mặt trời xa gấp ngàn lần Diêm vương, có khối lượng lớn hơn sao Mộc và làm lệch hướng các sao Chổi một cách đáng kể.



Chú ý: Nhưng nhìn hình này chỉ có tính chất minh họa, không đúng tỉ lệ thực.

Hình 16

Chương 2
**TRÁI ĐẤT : HỆ TỌA ĐỘ ĐỊA LÝ
VÀ CHUYỂN ĐỘNG**

I. HÌNH DẠNG, KÍCH THƯỚC VÀ KHỐI LƯỢNG CỦA TRÁI ĐẤT.

1. Hình dạng và kích thước.

- Người xưa thường quan niệm Trái đất bằng phẳng, bầu trời như một cái vung úp xuống và nếu đi mãi ta sẽ gặp đường chân trời, có thể leo lên đó để lên trời. Nhưng từ thời Aristotle qua quan sát Nhật, Nguyệt thực ông đã đoán rằng Trái đất phải có dạng cầu. Mãi đến thế kỷ 16 Magellan đã thám hiểm Trái đất bằng tàu biển. Nhưng ông đi mãi không gặp chân trời mà lại trở về chỗ cũ, chứng tỏ Trái đất tròn. Đến thời Newton ông cho rằng dưới tác dụng của lực vạn vật hấp dẫn các thiên thể phải có dạng cầu, đúng hơn là phỏng cầu, vì hơi phình ở giữa. Ngày nay các kết quả nghiên cứu cho thấy kết luận của Newton là đúng. Người ta còn có thể nhìn thấy Trái đất hình cầu từ trên các tàu vũ trụ. Việc đo bán kính Trái đất cũng đã được tiến hành từ rất lâu. Ở Ai Cập từ thế kỷ thứ 3 TCN Eratostenes đã tiến hành đo bán kính Trái đất khá chính xác $R = 6400\text{km}$.

Thực ra Trái đất hơi dẹt ở hai đầu nên bán kính ở xích đạo là: $a = 6378,16\text{km}$

Ở vùng địa cực là:

$$b = 6356,78\text{km}$$

vậy độ dẹt của Trái đất là:

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

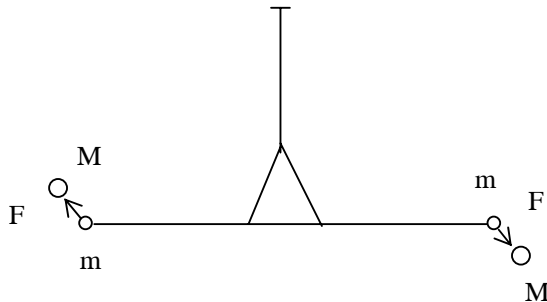


Hình 17: Trái đất nhìn từ vũ trụ

Số liệu này do hội Thiên văn quốc tế ghi nhận từ năm 1964.

2. Khối lượng Trái đất.

Sau khi xây dựng định luật vạn vật hấp dẫn, người ta có thể áp dụng nó để xác định khối lượng Trái đất. Đã có nhiều phương pháp xác định khác nhau. Ví dụ: Thí nghiệm của Cavendish người Anh 1798 (hơn một thế kỷ sau Newton) dùng cân xoắn để xác định hằng số hấp dẫn G (xem sách lớp 10 - Vật lý).



Hình 18: Thí nghiệm Cavendish

Biết giá trị của G và gia tốc rơi tự do g ta có thể xác định được khối lượng của Trái đất theo công thức : $g = G \frac{M}{R^2}$

- Có thể tính ra công thức này bằng cách : Biết lực tác dụng lên vật rơi tự do khối lượng m là lực trọng trường $F = G \frac{Mm}{R^2}$ R: là bán kính Trái đất (coi vật rơi từ độ cao $h \ll R$).

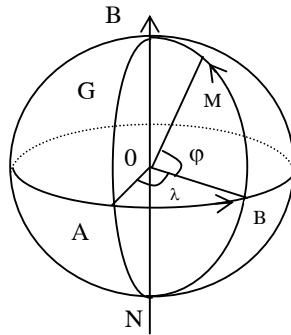
Từ định luật 2: Newton $F = ma$ thì ở đây $a = g$ nên $G \frac{M}{R^2}$.)

$$\text{Từ đó : } M = \frac{gR^2}{G} = \frac{9,81(6,4 \cdot 10^6)^2}{6,68 \cdot 10^{-11}} = 6 \cdot 10^{24}$$

- Khối lượng chính xác được chấp nhận của Trái đất có ghi trong phụ lục.

II. HỆ TOA ĐỘ ĐỊA LÝ.

Để xác định vị trí của một vật trên Trái đất ta sử dụng hệ tọa độ địa lý.



Hình 19

Trái đất có dạng hình cầu và tự quay quanh trục (tường tượng) đi qua tâm của nó. Trục đó cắt mặt đất tại 2 điểm: Địa cực Bắc (B) và địa cực nam (N).

Mặt phẳng đi qua tâm vuông góc với địa cực BN cắt trái đất theo một đường tròn gọi là xích đạo và chia Trái đất làm 2 nửa hình cầu: Bán cầu Bắc chứa địa cực Bắc và bán cầu Nam chứa địa cực Nam. Ở Bán cầu Bắc nhìn về địa cực bắc sẽ thấy Trái đất quay ngược chiều kim đồng hồ.

Các vòng tròn nhỏ song song với xích đạo gọi là vĩ tuyến φ . Xích đạo có vĩ độ bằng 0° ($\varphi = 0^\circ$). Ở bán cầu bắc có vĩ độ dương thay đổi từ 0° ở xích đạo và 90° ở địa cực Bắc (0° (90°)).

Ở bán cầu Nam có vĩ độ âm, thay đổi từ $0^\circ \rightarrow -90^\circ$ ở địa cực Nam ($0^\circ \rightarrow -90^\circ$).

Những vòng tròn đi qua hai địa cực được gọi là các kinh tuyến λ . Người ta định ra một kinh tuyến làm gốc (0°) đó là đường kinh tuyến đi qua Greenwich ở Luân đôn (Anh). Kinh độ có thể tính từ kinh tuyến gốc theo chiều tự quay của Trái đất (từ 0° đến 360°) hoặc qui định $0^\circ \rightarrow 180^\circ$ (độ đông) và $0^\circ \rightarrow 180^\circ$ (độ tây).

Như vậy tọa độ của một điểm M trên Trái đất sẽ được xác định bởi vĩ độ φ và kinh độ λ .

Ví dụ : Hà nội có	$\varphi = 21^\circ 01' 12''$ $\lambda = 105^\circ 52' 12''$
Thành phố Hồ Chí Minh :	$\varphi = 10^\circ 45'$ $\lambda = 106^\circ 40' 12''$
Thủ đô Pháp (Paris) :	$\varphi = 48^\circ 52' 12''$ $\lambda = 2^\circ 19' 48''$

(Chú ý : Nhiều sách ghi $\varphi_{TP.HCM} = 10^\circ 30'$)

Do Trái đất có dạng phỏng cầu nên người ta còn đưa ra những khái niệm vĩ độ khác, như: vĩ độ địa tâm, vĩ độ trắc địa, vĩ độ thiên văn ...

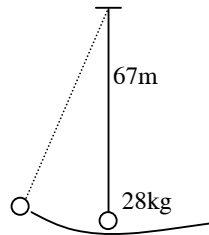
III. CHUYỂN ĐỘNG TỰ QUAY QUANH TRỤC CỦA TRÁI ĐẤT.

Ngày nay ai cũng biết Trái đất tự quay. Do ảo giác ta cảm thấy Trái đất đứng yên, Mặt trời và cả bầu trời quay. “Mặt trời mọc ở đằng đông, lặn ở đằng tây” kỳ thực là do Trái đất tự quay theo chiều ngược lại: từ tây sang đông.

Do Trái đất quay nên ở một nơi trên Trái đất ta sẽ thấy Mặt trời mọc, lên giữa đỉnh đầu và lặn, bóng đêm xuất hiện. Khoảng cách giữa 2 lần mọc của Mặt trời là một ngày (đếm tức một vòng quay của Trái đất, là 24 giờ. Do đó vận tốc góc và vận tốc dài của một điểm trên xích đạo Trái đất sẽ là:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2.3,14}{24.60.60} = 7,2.10^{-5} \text{ rad/s}$$

$$v = \omega R = 7,2.10^{-5} . 6,4.10^6 = 460\text{m/s}$$



Hình 20 : Con lắc Foucoult

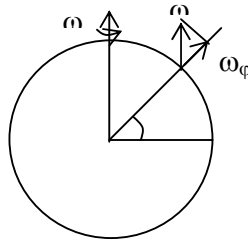
Để chứng minh Trái đất tự quay năm 1851 nhà vật lý người Pháp Foucault đã sử dụng dao động của con lắc. Con lắc này cân nặng 28kg, treo bằng sợi dây dài 0,7m gắn chặt vào trần điện Patheon ở Pháp. Sau một thời gian dài quét của con lắc xuống nền nhà rải cát không phải là một đường thẳng duy nhất mà là nhiều đường thẳng chéo nhau, tựa hồ mặt phẳng con lắc đã di dịch từ đông sang tây. Theo nguyên lý cơ học thì mặt phẳng dao động của con lắc hoàn toàn đứng yên, không xô dịch, khi chỉ có trọng lực tác dụng lên nó. Như vậy chính mặt sân, hay quả đất đã xô dịch theo chiều từ tây sang đông.

Vận tốc quay của con lắc tỉ lệ với vĩ độ nơi đặt nó.

$$\text{Ở địa cực } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{360^0}{24g} = 15^0 / \text{giờ}$$

$$\text{Ở vĩ độ } \varphi: \omega_{\varphi} = \omega . \sin\varphi = 150/\text{giờ} . \sin\varphi$$

Ở xích đạo $\varphi = 0$ nên $\omega_{\varphi} = 0$ hay con lắc đứng yên so với mặt đất.



Hình 21

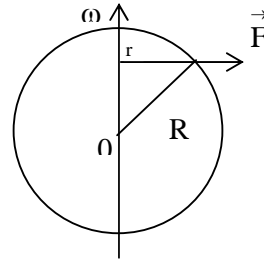
- Do chuyển động tự quay nên các hệ qui chiếu gắn trên mặt đất xét một cách chính xác sẽ không phải là các hệ qui chiếu quán tính. Trong hệ quay có những lực quán tính tác dụng vào vật nằm trong hệ. Đó là lực ly tâm quán tính và lực Coriolis.

- *Lực ly tâm quán tính (nên gọi là lực ly trục quán tính):*

Khi đứng yên trên mặt đất, vật có khối lượng m sẽ chịu lực ly tâm quán tính tác dụng.

$$\vec{F} = -m \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

Hay lực này có giá trị bằng lực hướng tâm nhưng hướng ra ngoài :
 $F = -m\omega^2 r$
 (r là khoảng cách đến trục quay của Trái đất)



Hình 22

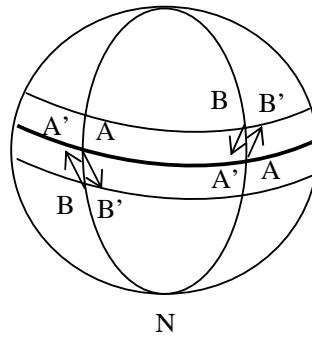
- Lực này sẽ ảnh hưởng đến gia tốc trọng trường của Trái đất (sẽ xét sau)

- *Lực Coriolis:*

Khi vật chuyển động với vận tốc tương đối v (so với Trái đất nằm yên) thì khi tính đến sự quay của Trái đất nó sẽ bị ảnh hưởng của lực quán tính Coriolis:

$$F_c = -2m[\omega \times v]$$

Lực này khiến cho các vật chuyển động trên Trái đất. (Ví dụ: dòng sông chảy, gió, đường ra xe lửa...) bị lệch so với hướng chuyển động của nó. Ở Bắc bán cầu lệch hướng từ trái sang phải so với chuyển động của vật. Ở nam cầu ngược lại, từ phải qua trái.



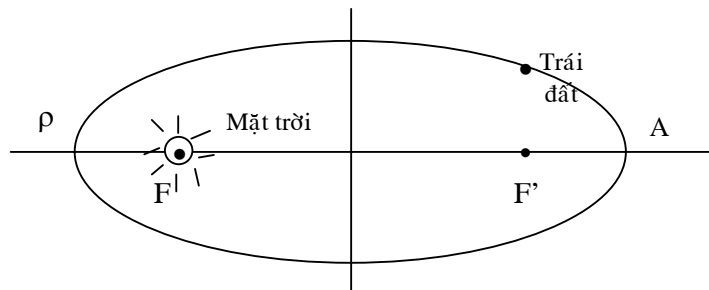
Hình 23

Ví dụ: hình 23: Gió thổi từ xích đạo lên bắc cực bị lệch thành gió Đông bắc (AB'). Gió thổi từ bắc cực xuống xích đạo bị lệch thành Tây nam (BA'). Ở bán cầu Nam ngược lại.

IV. CHUYỂN ĐỘNG TRÊN QUĨ ĐẠO QUANH MẶT TRỜI.

Ngày nay chuyện Trái đất chuyển động quanh Mặt trời tuân theo 3 định luật Kepler không còn là vấn đề phải tranh cãi nữa.

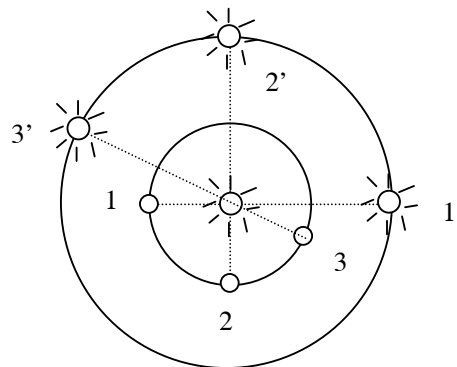
Quỹ đạo chuyển động của Trái đất có tâm sai tương đối nhỏ (0,0167) nên trong nhiều trường hợp có thể coi nó là tròn a=150.106km. Trong thực tế tại điểm viễn nhật A Trái đất cách Mặt trời a_{max}=152.106km, còn ở cận nhật P thì a_{min}=147.106km.



Hình 24

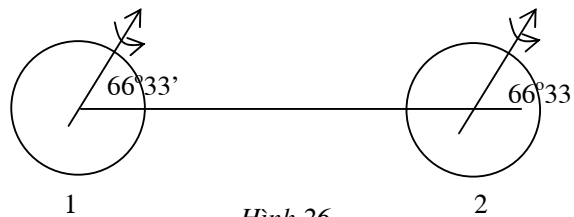
Thời gian Trái đất đi hết một vòng quanh Mặt trời gọi là năm vũ trụ bằng 365 ngày 06 giờ 09 phút 5,5 giây (365,25 ngày).

Do ảo ảnh ta thường cho rằng Mặt trời chuyển động chứ không phải Trái đất. Ta có thể giải thích ở hình dưới. (Hình 25)



Hình 25

Khi Trái đất di chuyển từ vị trí 1 sang 2, 3 ta tưởng rằng Trái đất đứng yên, do đó sẽ thấy Mặt trời di chuyển trên vòm trời từ 1' đến 3'. Quỹ đạo chuyển động nhìn thấy của mặt trời trong một năm được gọi là Hoàng đạo, thực tế đó là quỹ đạo chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời. Trong khi chuyển động trục Trái đất luôn nghiêng với mặt phẳng quỹ đạo chuyển động của nó một góc $66^{\circ}33'$. (Độ nghiêng này có thể bị thay đổi do tiến động, chương động, sẽ xét ở sau).



Hình 26

Gia tốc góc của Trái đất khi chuyển động quanh Mặt trời là

$$\omega = \frac{2\pi}{365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ rad / s}$$

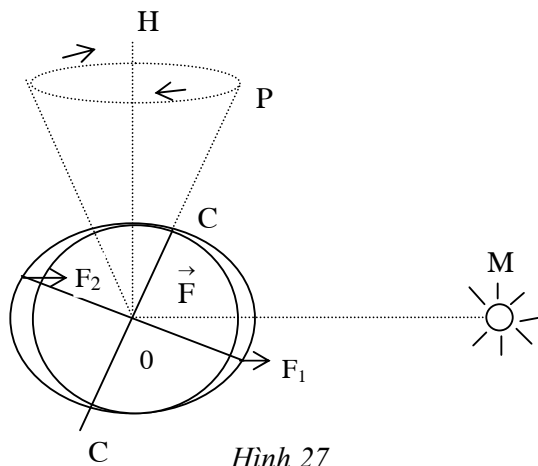
Ứng với vận tốc tròn là $v = \omega \cdot R = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 150 \cdot 10^6 = 30 \text{ km/s}$

V. SỰ DI CHUYỂN CỦA TRỤC QUAY CỦA TRÁI ĐẤT.

1. Tiến động.

Nếu Trái đất có dạng thực đúng là một khối cầu, mật độ vật chất phân bố đều và tuyệt đối rắn thì phương trục quay sẽ không bị thay đổi. Nhưng vì Trái đất có dạng phỏng cầu, phình ra ở giữa nên lực tác dụng lên từng phần không đều, lực tác dụng từ Mặt trời lên Trái đất không thể coi như trường hợp chất điểm. Nó có thể coi như tổng hợp của 3 lực : lực F tác dụng lên khối cầu tưởng tượng tách ra ở phần trong khối phỏng cầu và đặt tại tâm O, lực F1 tác dụng lên phần nhô của nửa vành xích đạo nằm gần Mặt trời và F2 ở phần kia. Vì $F1 > F2$ nên kết quả là lực hút Mặt trời có xu hướng kéo mặt phẳng xích đạo Trái đất trùng với mặt phẳng hoàng đạo. Nhưng vì trái đất tự quay quanh trục như con quay trong cơ học nên kết quả là trục quay CC' của Trái đất sẽ đảo quanh pháp tuyến OH của mặt phẳng

Hoàng đạo và quét thành một hình nón với góc ở đỉnh ($46^{\circ}54'$ với chu kỳ xác định. Hiện tượng quay vòng của trục Trái đất quanh Hoàng cực H được gọi là Tiến động, với bán kính góc $23^{\circ}27'$ và chu kỳ (26000 năm. Hiện nay thiên cực bắc (giao điểm của trục Trái đất với thiên cầu bắc) ở gần sao (của chòm Gấu nhỏ, đó là sao Bắc cực. Sau 13000 năm thì sao Chức nữ (sao (của Chòm Thiên cầm) sẽ được gọi là sao Bắc cực.

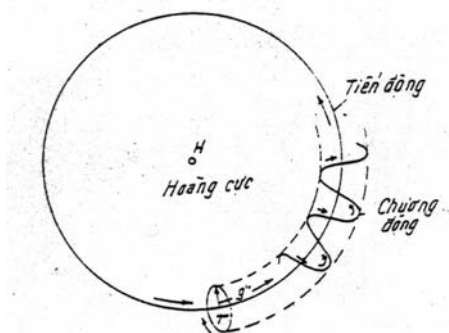


Hình 27

2. Chương động.

Nhiều loạn bé do Mặt trăng gây ra làm cho trục Trái đất di chuyển gọi là chương động. Khi đó, trục quay di chuyển quanh cực theo elip có bán trục lớn là $9''21$, bán trục nhỏ $6''86$.

Tổng hợp lại, do tiến động và chương động cực vũ trụ dịch chuyển trên nền trời sao theo một đường uốn khúc dạng hình sin.



Hình 28

3. Sự di chuyển của cực Trái đất trên mặt của nó.

Vì Trái đất không tuyệt đối rắn và trên bề mặt của nó còn nước, khí quyển nên kết quả là sự quay của nó sẽ không hoàn toàn như của một vật rắn. Do đó địa cực Trái đất di chuyển rất phức tạp. Tuy nhiên sự dao động đó tương đối nhỏ, không đáng kể.

VI. TRONG TRƯỜNG CỦA TRÁI ĐẤT.

1. Trường hấp dẫn của Trái đất.

Định luật vạn vật hấp dẫn của Newton phát biểu cho trường hợp Trái đất là hình cầu, đồng chất, đứng yên. Khi đó lực tương tác giữa nó và một vật trên bề mặt của nó sẽ là lực tương tác giữa 2 chất điểm:

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

M : khối lượng Trái đất; m : khối lượng vật

R : Bán kính Trái đất

Theo định luật 2 lực này truyền cho vật một gia tốc a :

$$F = ma$$

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

Như vậy gia tốc này không phụ thuộc vào khối lượng của vật. Hay nói cách khác, lực hấp dẫn của Trái đất truyền cho mọi vật ở một nơi cùng một gia tốc. Tuy nhiên Trái đất thực không hoàn toàn giống mô hình lý tưởng trên. Vì vậy ta sẽ xét khái niệm sau :

2. Trọng lực và gia tốc trọng trường.

- Trọng lực, theo nghĩa nôm na là lực hút của Trái đất tác dụng lên vật nằm trên bề mặt của nó (P)

- Một cách gần đúng nó chính là lực hấp dẫn tác dụng lên vật:

$$P = F_{hd} = G \frac{Mm}{R^2}$$

Lực này gây cho vật gia tốc rơi tự do (gia tốc trọng trường) không phụ thuộc khối lượng vật :

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

- Tuy nhiên xét một cách chính xác thì vì Trái đất không phải hoàn toàn là hình cầu, không đồng chất và quay nên trọng lực sẽ không đồng nhất với lực hấp dẫn. Trọng lực phụ thuộc những yếu tố sau :

a) Vĩ độ địa lý : (Trái đất dẹt)

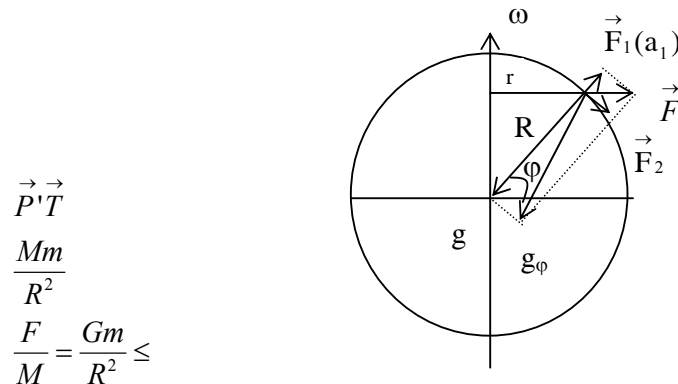
Các kết quả quan sát cho thấy gia tốc trọng trường phụ thuộc vào vĩ độ địa lý. Xét từ xích đạo đến địa cực (R giảm) thì gia tốc trọng trường tăng dần :

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

b) Trái đất không đồng tính:

Khối lượng riêng của Trái đất thay đổi từ tâm ra, khối lượng riêng của lớp vỏ cũng thay đổi từ vùng này sang vùng khác. Do đó trọng lực trên bề mặt Trái đất không đồng nhất. Bằng cách đo di thường trọng lực này người ta có thể phát hiện ra được những mỏ khoáng sản, dầu khí nằm sâu trong lòng đất.

c) Trái đất quay - tác dụng của lực quán tính:



Hình 29

Lực ly tâm quán tính \vec{F} tác dụng lên địa điểm có vĩ độ φ có thể phân tích làm 2 thành phần \vec{F}_1 và \vec{F}_2 . \vec{F}_2 làm thay đổi hướng của gia tốc trọng trường, khiến nó không hướng vào tâm Trái đất (từ g thành g_φ). Thành phần \vec{F}_1 làm biến đổi giá trị của gia tốc trọng trường nó gây ra một gia tốc a_1 ngược hướng với gia tốc trọng trường g :

$$a_1 = \frac{F}{m} \cos \varphi$$

$$\text{mà } F = m \cdot \omega^2 r \\ = m \omega^2 R \cos \varphi$$

$$\text{Vậy } a_1 = \omega^2 R \cos^2 \varphi$$

$$\text{Do đó : } g_\varphi = g - a_1 = g - \omega^2 R \cos^2 \varphi$$

Càng tiến về địa cực (φ tăng) thì g_φ càng tăng.

d) Phụ thuộc độ cao so với bề mặt Trái đất.

Tại một điểm cách mặt đất một độ cao h lực trọng trường tác dụng lên vật là

$$P = mg_h = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$$

$$\text{từ đó } g_h = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

$$g_h = \frac{GM}{R^2} \left(\frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} \right) \\ = g \left(1 + \frac{h}{R}\right)^{-2}$$

Phân tích theo phép triển khai nhị thức, lấy gần đúng :

$$\left(1 - \frac{h}{R}\right)^{-2} \approx 1 - 2 \frac{h}{R}$$

Do đó :

$$g_h = g \left(1 - 2 \frac{h}{R}\right)$$

(Trong đó: g : Gia tốc rơi tự do trên bề mặt Trái đất = 9,8m/s²)

Như vậy gia tốc rơi tự do và trọng lực giảm khi vật lên cao (giảm chậm, khoảng 1% khi lên cao 30km)

Vậy lực hấp dẫn của Trái đất và trọng lực là 2 khái niệm khác nhau, trong đó trọng lực có ý nghĩa bao quát hơn. Tuy vậy một cách gần đúng ta vẫn có thể coi trọng lực là lực hấp dẫn của Trái đất tác dụng lên vật và $g = 9,8\text{m/s}^2$.

3. Khối lượng và trọng lượng.

Như đã xét ở trên ta thấy trọng lực tác dụng lên một vật thay đổi theo vị trí của vật trên Trái đất. Nhưng ở cùng một nơi, trọng lực tỷ lệ với khối lượng của vật, vì tại một nơi trên Trái đất gia tốc rơi tự do cho mọi vật là như nhau:

$$\frac{P_1}{m_1} = \frac{P_2}{m_2} \dots = g$$

(P_1, P_2 : trọng lực của vật 1 và 2, m_1, m_2 : khối lượng của vật 1 và 2).

Từ đó ta có tỷ lệ:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

Như vậy bằng cách đo trọng lực (lực hút của Trái đất) ta có thể suy ra được khối lượng của vật (đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật). Đó là cơ sở của phép cân đo khối lượng bằng các lực kế mà ta thường áp dụng trong đời sống.

4. Trọng lượng.

Trong đời sống ta còn hay gặp khái niệm trọng lượng. Theo sách giáo khoa lớp 10 (Vật lý) nó được định nghĩa như sau:

Trọng lượng là lực mà một vật tác dụng lên giá đỡ hay dây treo nó, do nó bị Trái đất hút mà không được tự do chuyển động.

Đối với con người sự biến dạng của các mô do sức nén của trọng lượng gây cho con người cảm giác về trọng lượng.

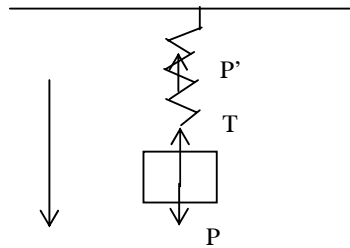
Trọng lượng và trọng lực là 2 khái niệm khác nhau. Ta sẽ xét trong phần sau.

5. Hiện tượng tăng, giảm, không trọng lượng.

- Nếu vật có khối lượng m và móc vào lực kế đứng yên so với mặt đất thì lực P' mà vật tác dụng vào lực kế, tức là trọng lượng, sẽ bằng trọng lực $P = mg$ về độ lớn chỉ khác là trọng lực P đặt vào vật.

Nhưng không phải bao giờ trọng lượng cũng bằng trọng lực. Ta xét các trường hợp sau :

- Trong trường hợp vật chuyển động đi xuống với gia tốc a ($a < g$). Ta lấy chiều dương hướng xuống dưới (Giả sử treo vật lên lò xo treo vào trần một buồng thang máy đi xuống với gia tốc a). Vật tác dụng vào lò xo trọng lượng P' (hình 30).



Hình 30

Theo định luật 3 về phản lực lò xo tác dụng lên vật một lực T có độ lớn bằng với \vec{P}' , ngược hướng với \vec{P}' . Trọng lực tác dụng vào vật một lực \vec{P} , \vec{P} và \vec{T} ngược chiều với nhau. Theo định luật 2 Newton vật sẽ chuyển động theo gia tốc a dưới tác dụng của hợp lực giữa \vec{P} và \vec{T} (ta lấy chiều dương đi xuống thì $T = P'$ âm, P dương).

$$P + T = P - P' = ma$$

$$\text{Vậy } P' = P - ma = m(g-a)$$

Vì $g > a$ nên

$$P > P'$$

Vậy trọng lượng bé hơn trọng lực. Đó là trường hợp giảm trọng lượng.

- Cũng xét thí nghiệm với thang máy trong trường hợp đi lên với gia tốc a , ta lấy chiều dương đi lên thì $T = P'$ dương, P âm.

$$T + P = P' - P = ma$$

$$P' = P + ma = m(g+a)$$

Như vậy $P' > P$ hay trọng lượng lớn hơn trọng lực. Đó là trường hợp tăng trọng lượng.

- Trong trường hợp thang máy rơi tự do, tức $a = g$ thì trọng lượng P' sẽ bằng không.

$$P' = m(g-a) = 0$$

Đó là trường hợp không trọng lượng

+ Trong việc du hành vũ trụ các hiệu ứng tăng, giảm và không trọng lượng thể hiện rất rõ và gây không ít phiền toái cho các nhà du hành vũ trụ. Tình trạng này xuất hiện do trọng lực Trái đất tác động lên (không còn có lực nào khác như lực đàn hồi, ma sát của môi trường) khi con tàu vũ trụ chuyển động trong không gian. Ví dụ khi con tàu vũ trụ xuất phát nó có thể tăng tốc với gia tốc rất lớn, gấp 10 lần gia tốc rơi tự do. Do đó trọng lượng của phi công có thể tăng gấp 10 lần bình thường. Khi trở về người phi công lại phải chịu tình trạng không trọng lượng. Những biến đổi đó tác động lên mô xương, tuần hoàn máu của cơ thể, gây nhiều hậu quả. Do đó, muốn chinh phục vũ trụ ta phải nghiên cứu kỹ hiện tượng này.

Chú ý: Trong sách giáo khoa phổ thông hiện nay người ta quan niệm trọng lượng và trọng lực chỉ phân biệt trong hệ phi quán tính (xem thêm bài giảng về hệ phi quán tính)

6. Chuyển động trong trường hấp dẫn của Trái đất.

a) Xét một vật đứng yên cách mặt đất một độ cao h . Khi đó Trái đất tác dụng vào vật một lực:

$$F = G \frac{Mm}{(R + h)^2}$$

Vì $R \gg h$ nên có thể coi

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

Lực đó truyền cho vật một gia tốc

$$\begin{aligned} g &= \frac{F}{m} = G \frac{M}{R^2} \\ &= \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} = 9,8 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Gia tốc này không phụ thuộc vào khối lượng của vật. Lực tác dụng hướng về tâm Trái đất. Vì vậy, trong điều kiện không có lực khác xuất hiện (sức cản không khí), tức khi rơi trong chân không, hay rơi tự do do lực hấp dẫn của Trái đất tác dụng lên vật, mọi vật đều có một gia tốc rơi như nhau là $9,8 \text{ m/s}^2$. Gia tốc này gọi là gia tốc rơi tự do hay gia tốc trọng trường của vật.

-Vật cũng tác dụng lại Trái đất một phản lực : $F = G \frac{Mm}{R^2}$

Lực này gây cho Trái đất một gia tốc : $a = \frac{F}{M} = \frac{Gm}{R^2}$

Giả sử vật có khối lượng 1kg thì

$$\begin{aligned} a &= \frac{6,67 \cdot 10^{-11}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \\ &= 1,6 \cdot 10^{-22} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Gia tốc này thật vô cùng bé nên Trái đất hầu như không nhúc nhích!

b) Xét trường hợp vật ném xiên:

Trong các sách Giáo khoa Vật lý lớp 10 đều mô tả quỹ đạo của vật ném ngang, ném xiên như một đường Parabol.

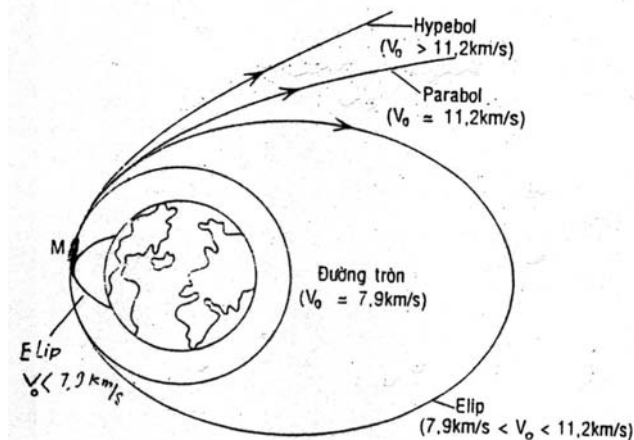
Thực tế không phải vậy.

- Xét lại bài toán 2 vật gồm Trái đất (khối lượng M) và vật (khối lượng m) ta được bảng kết luận sau (chú ý $m \ll M$ nên bỏ qua m)

Bảng 3

Dạng quỹ đạo	Vận tốc ban đầu	Đặc điểm
TRÒN	$v_T^2 = \frac{GM}{R}$ $v_I = 7,9 \text{ km/s}$	Nếu vật ở độ cao h: $h \ll R$ thì vẫn coi bán kính quỹ đạo là R
ELIP	$v_e^2 = GM \left(\frac{2}{R} - \frac{1}{a} \right)$	$v_e < v_T \leftrightarrow a < R$ $v_e > v_T \leftrightarrow a > R$
Parabol	$v_p^2 = \frac{2GM}{R}$ $v_{II} = v_I \sqrt{2} = 11,2 \text{ km/s}$	Chuyển động ra vô cực (quỹ đạo không khép kín)
Hyperbol	$v_H^2 = GM \left(\frac{2}{R} + \frac{1}{a} \right)$	Chuyển động ra vô cực (quỹ đạo không khép kín)

- Như vậy khi vật ném xiên với vận tốc nhỏ thì quỹ đạo của vật là elip rất dẹt ($v_e < v_T$ ($a < R$)). Nhưng trong một khoảng hẹp trên Trái đất các đoạn của elip này ở gần điểm cận nhật hay viễn nhật rất trùng với đường parabol. Vì vậy người ta có thể coi quỹ đạo của vật ném lên là parabol. Ta phải phân biệt với vận tốc parabol là vận tốc vũ trụ cấp 2 của Trái đất. Dưới đây là họ các đường cong dưới tác dụng của lực hấp dẫn giữa Trái đất (coi là chất điểm D) và vật có vận tốc vo ở tại S.



Hình 31

c) Vận tốc vũ trụ cấp I - Vệ tinh địa tĩnh:

Để vật có thể chuyển động tròn quanh Trái đất, giả sử ở độ cao h, $h \ll R$, ta có thể coi vật chuyển động theo quỹ đạo tròn bán kính R thì vận tốc chuyển động tròn của vật có liên quan với lực hướng tâm (là lực hấp dẫn) như sau:

$$F = \frac{mv^2}{R} \rightarrow v^2 = \frac{FR}{m}$$

$$\text{vì } F = \frac{GMm}{R^2} \rightarrow v^2 = \frac{GM}{R}$$

$$\text{Hay } v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Thay số :

$$v_I = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6,4 \cdot 10^6}}$$

$$\approx 7,9 \text{ km/s}$$

Một vật được phóng lên song song với mặt đất với vận tốc bằng 7,9km/s thì nó sẽ chuyển động tròn đều quanh Trái đất và trở thành vệ tinh nhân tạo của Trái đất. Vận tốc trên gọi là vận tốc vũ trụ cấp một của Trái đất.

Thực tế các vệ tinh nhân tạo thường được phóng ở độ cao khá lớn (trên 100km) để tránh ma sát của lớp khí quyển dày đặc sát mặt đất. Mặc dù vậy nó vẫn ảnh hưởng đến vệ tinh nên việc phóng vệ tinh vẫn không phải là một việc dễ dàng. Vệ tinh nhân tạo hiện nay đã trở thành một vật phổ biến và hữu dụng. Đặc biệt là trong thông tin liên lạc người ta thường sử dụng loại vệ tinh địa tĩnh là vệ tinh có vận tốc góc bằng vận tốc góc của Trái đất (Nhu vậy vệ tinh này quay đồng hành với Trái đất nên luôn lơ lửng trên một điểm cố định của Trái đất. Nó làm vật phản xạ các sóng vô tuyến thông tin liên lạc truyền từ nơi này đến nơi khác trên Trái đất. Để có được vận tốc góc như Trái đất $\omega = 7.2 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$ thì vệ tinh phải ở độ cao là 36.000km so với mặt đất (sinh viên tự tính).

d) Du hành vũ trụ:

Vận tốc vũ trụ cấp I là vận tốc tối thiểu để vật có thể thắng được lực hút của Trái đất, khiến nó không rơi xuống mà chuyển động tròn quanh Trái đất. Tuy vậy đây là vận tốc rất lớn (vận tốc của một viên đạn ra khỏi nòng súng loại nhanh nhất khoảng 1km/s). Việc này tưởng như không thể đạt được nếu con người không biết vận dụng nguyên lý phản lực. Nhà bác học người Nga Xioncopxki từ cuối thế kỷ XIX đã xây dựng được các lý thuyết về tên lửa nhiều tầng (thực chất là bài toán chuyển động của hệ hạt có khối lượng thay đổi). Lý thuyết này làm cơ sở cho việc phóng các trạm vũ trụ. Ngày 4/10/1957 Liên xô đã phóng thành công vệ tinh nhân tạo đầu tiên của Trái đất, mở đầu kỷ nguyên du hành vũ trụ (xem sách lớp 10 Vật lý).

Ta hãy xét một số ứng dụng của việc tính toán các vận tốc vũ trụ.

- Nếu vận tốc ban đầu của vật khá lớn nhưng vẫn nhỏ hơn v_I ($v < 7,9\text{km/s}$) thì quỹ đạo là elip như trường hợp của các tên lửa xuyên lục địa. Nếu $v > 7,9\text{km/s}$ và vẫn song song với mặt đất thì vệ tinh có quỹ đạo elip mà một tiêu điểm là tâm Trái đất. v càng tăng thì viễn điểm càng xa Trái đất. Đó là trường hợp phóng các vũ trụ lên Mặt trăng hoặc các hành tinh khác.

Chú ý rằng khi chuyển động trên quỹ đạo khép kín cơ năng toàn phần của vệ tinh không đổi, chỉ phụ thuộc bán kính quỹ đạo, không phụ thuộc tâm sai. Vì vậy vệ tinh có thể thay đổi quỹ đạo để đi vào các hành tinh khác hoặc hạ cánh.

- Khi vật có vận tốc $v_0 = v_p$ tức $v_0 = \sqrt{2}v_I = 11,2\text{km/s}$ tức vật đã đạt tới vận tốc vũ trụ cấp hai của Trái đất. Khi đó vật thoát khỏi sức hút của Trái đất và trở thành vệ tinh nhân tạo của Mặt trời.

- Muốn thoát ly khỏi hệ Mặt trời vật phải đạt được vận tốc trong giới hạn: $16,6\text{km/s} \leq v_0 \leq 72,8\text{km/s}$, tùy theo cách phóng vật. Vận tốc vũ trụ cấp ba của Trái đất được coi là vận tốc $v=16,6\text{km/s}$.

Chú ý rằng các tính toán trên đây được làm trong hệ địa tâm (có gốc tại tâm Trái đất). Vì Trái đất quay nên bất kỳ điểm nào, dù đứng yên trên Trái đất cũng có sẵn vận tốc đối với hệ, phụ thuộc vào vĩ độ. Vì vậy khi phóng người ta hay chọn vĩ độ thích hợp để có thể tận dụng vận tốc của Trái đất. Thường là ở xích đạo, theo chiều tự quay của Trái đất. Chẳng hạn như ở Mỹ các tên lửa đều được phóng đi từ mũi Canaveral theo hướng đông để được lợi thêm tốc độ 1500km/giờ (Trung tâm vũ trụ Kennedy).

Du hành vũ trụ là một thành tựu vĩ đại nhất của con người trong công cuộc chinh phục tự nhiên. Bằng cách đó con người không chỉ ngồi một chỗ trên Trái đất để đoán mò về các thiên thể mà có thể bay đến tận nơi để quan sát, nghiên cứu. Con người đã đổ bộ lên Mặt trăng. Các tàu vũ trụ đã đến được sao Hỏa, sao Kim, sao Thủy, sao Mộc ... và Mặt trời, thậm chí còn ra khỏi Mặt trời.

Chương 3

THIÊN CẦU (NHẬT ĐỘNG).

I. THIÊN CẦU.

Khi đứng trên Trái đất nhìn lên bầu trời ta thấy bầu trời như một mặt cầu lớn có gắn các thiên thể. Vì vậy để xác định vị trí các thiên thể trên bầu trời ta có thể lợi dụng mặt cầu đó và gọi là thiên cầu.

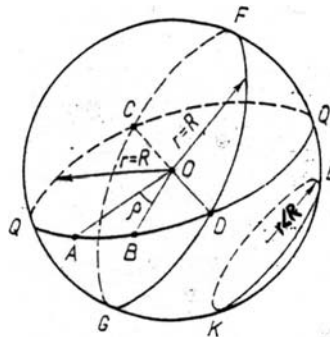
1. Định nghĩa Thiên cầu: Thiên cầu là một mặt cầu tưởng tượng có tâm là nơi ta quan sát, có bán kính vô cùng lớn và các thiên thể phân bố ở mặt trong quả cầu đó.

2. Đặc điểm của thiên cầu:

Vì có thể lấy bán kính thiên cầu vô cùng lớn nên bán kính Trái đất là rất nhỏ so với bán kính thiên cầu. Vậy nên ta có thể coi bất kỳ điểm nào trên Trái đất cũng là tâm thiên cầu. Và một điểm bất kỳ nào trên thiên cầu cũng có thể nhìn thấy từ những điểm khác nhau trên Trái đất theo những đường song song.

3. Tính chất của thiên cầu:

- Mặt phẳng chứa tâm thiên cầu cắt thiên cầu theo một vòng tròn lớn (vòng qua F, G).
- Qua 2 điểm không đối tâm trên thiên cầu chỉ có thể vẽ một vòng tròn lớn (vòng qua A, B).
- Qua 2 điểm đối tâm có thể vẽ vô số vòng tròn lớn (qua C, D).
- Những mặt phẳng không qua tâm cắt mặt thiên cầu thành những vòng tròn nhỏ ($r < R$) (vòng qua KL).



Hình 32

- Khoảng cách giữa hai điểm A, B trên thiên cầu được thể hiện bằng cung AB, đo bằng góc ở tâm cung AOB.

- Những cung của vòng tròn lớn là khoảng cách ngắn nhất giữa các điểm trên thiên cầu. Ta có thể nói: Đường thẳng trên thiên cầu là vòng tròn lớn và trên thiên cầu không thể vẽ được những đường thẳng song song.

4. Những đường đi cơ bản trên thiên cầu.

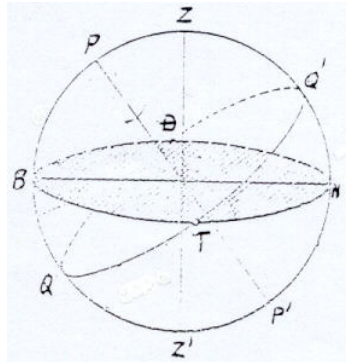
Giả sử người quan sát đứng tại tâm O trên Trái đất, qua đó ta vẽ thiên cầu là một mặt cầu bán kính R.

* Thiên đỉnh - Thiên đê: Đường thẳng đứng đi qua đỉnh đầu người quan sát, cắt thiên cầu tại điểm Z trên đỉnh đầu gọi là thiên đỉnh, điểm Z' dưới chân là thiên đê.

* Đường chân trời: Mặt phẳng vuông góc với OZ (Tiếp tuyến với mặt đất) gọi là Mặt phẳng chân trời. Nó cắt thiên cầu theo một vòng tròn lớn gọi là đường chân trời (vòng BĐNT).

Chú ý: Đường chân trời này khác với đường chân trời mà ta nhìn thấy trong thực tế. Vì trong thực tế đường chân trời còn bị các vật trên mặt đất (nhà cửa, núi non) làm biến dạng.

Người quan sát đứng trên bề mặt Trái đất chỉ quan sát được phần trên của thiên cầu có chứa thiên đỉnh Z, phần dưới bị mặt đất che khuất. Tại thời điểm lặn mọc thiên thể được coi là đang ở trên đường chân trời.



Hình 33

* **Thiên cực:** Do Trái đất quay nên ta sẽ cảm thấy thiên cầu quay. Trục quay của thiên cầu song song với trục quay của Trái đất và gọi là thiên cực PP'. Thiên cực cắt thiên cầu tại 2 điểm: P là thiên cực bắc, nếu ta hướng đến nó từ trong thiên cầu sẽ thấy thiên cầu quay ngược chiều kim đồng hồ và P' là thiên cực nam.

* **Xích đạo trời:** Mặt phẳng qua tâm 0 vuông góc với thiên cực PP' gọi là xích đạo trời (QQ'). Xích đạo trời chia thiên cầu thành nửa thiên cầu Bắc (chứa P) và nửa thiên cầu Nam (chứa P'). Xích đạo trời cắt đường chân trời tại 2 điểm: Đông (Đ) và Tây (T).

* **Kinh tuyến trời:** Là vòng tròn lớn đi qua thiên đỉnh Z và thiên cực P (vòng tròn nằm trên mặt giấy). Kinh tuyến trời cắt đường chân trời tại 2 điểm Bắc (B) và Nam (N). Phần kinh tuyến có chứa thiên đỉnh (BZN) gọi là kinh tuyến trên, phần chứa thiên đế (BZ'N) gọi là kinh tuyến dưới.

- 4 điểm Đông (Đ), Bắc (B), Tây (T), Nam (N) cách đều nhau 90o (sinh viên tự chứng minh), và theo thứ tự sau : Nếu ta (người quan sát) đứng tại tâm 0, nhìn về hướng Bắc thì tay phải là Đông (Đ), tay trái là Tây (T) sau lưng là Nam (N).

* **Đường nửa ngày (Đường bắc nam BN) :** Là hình chiếu của kinh tuyến trời lên mặt phẳng chân trời.

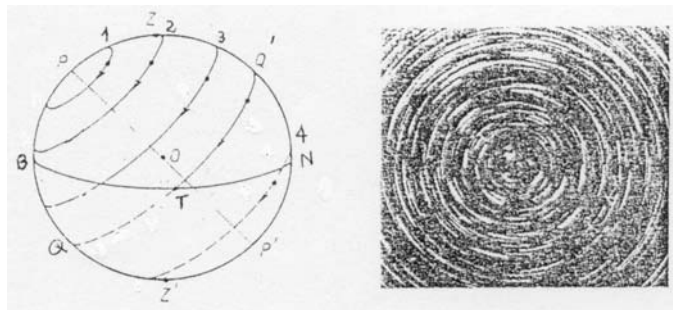
* **Vòng thẳng đứng:** Là các vòng tròn lớn đi qua thiên đỉnh (Z), thiên đế (Z') và vuông góc với đường chân trời.

* **Vòng giờ :** Là các vòng tròn đi qua 2 thiên cực PP' và vuông góc với xích đạo trời.

+ Như vậy kinh tuyến trời vừa là vòng thẳng đứng, vừa là vòng giờ.

* **Vòng nhật động:** Do Trái đất quay nhưng ta tưởng đứng yên nên sẽ thấy thiên cầu quay trong một ngày đêm, hay thấy các thiên thể Nhật động. Khi nhật động các thiên thể sẽ vẽ nên những vòng tròn nhỏ (hay đường nhật động của các thiên thể là những vòng tròn nhỏ) song song với xích đạo trời. Hướng nhật động sẽ ngược với chiều quay của Trái đất. Tức là nếu ta đứng tại tâm 0 (trong thiên cầu) nhìn về thiên cực bắc sẽ thấy thiên thể nhật động từ phải qua trái hay từ đông sang tây. Trong một ngày đêm thiên thể sẽ mọc ở chân trời đông, qua kinh tuyến trên và lặn xuống chân trời tây, và ta không quan sát được nó qua kinh tuyến dưới cho đến sự mọc tiếp vào ngày hôm sau. Ta phải chú ý hướng nhật động vì khi vẽ trên giấy ta nhìn từ ngoài thiên cầu nên hướng sẽ ngược lại.

(Các điểm Z, Z', P, P' và các điểm của đường chân trời bất động đối với người quan sát, không quay cùng thiên cầu.



Hình 34: Các vòng Nhật động 1 và 2, 3, 4

II. CÁC HỆ TỌA ĐỘ.

1. Hệ tọa độ chân trời.

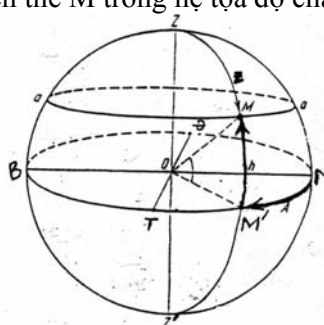
- Vòng cơ bản : Đường chân trời, kinh tuyến trên.

- Điểm cơ bản : Thiên đỉnh Z, điểm nam N.

- Tọa độ : Độ cao (h) và độ phương (A).

* Muốn xác định tọa độ của thiên thể M trong hệ tọa độ chân trời ta làm như sau:

Vẽ vòng thẳng đứng qua thiên thể M cắt đường chân trời tại điểm M'. Độ cao h của thiên thể M là cung MM' hay góc MOM'. Độ cao h cho biết khoảng cách từ thiên thể đến đường chân trời. h có giá trị từ 0o đến 90o.



Hình 35 : Hệ tọa độ chân trời

- Đôi khi người ta dùng khoảng cách đỉnh Z là cung ZM hay góc ZOM, ta có : $h + Z = 90o$.

- Tọa độ thứ 2 là độ phương A : Cho biết phương hướng quan sát thiên thể. Nó bằng góc giữa vòng thẳng đứng qua điểm nam N và vòng thẳng đứng qua thiên thể M, tức cung ZM hay góc NOM'. Độ phương A được tính từ điểm N theo chiều nhật động, từ 0o đến 360o (hoặc 0o → 180o Đông và 0o → 180o tây).

- Đặc điểm: Do nhật động vị trí của thiên thể so với đường chân trời thay đổi. Mặt khác từ những điểm khác nhau trên Trái đất sẽ thấy vị trí của cùng một thiên thể khác đi. Như vậy hệ này phụ thuộc vào thời điểm và vị trí người quan sát, nó chỉ có giá trị thực hành quan sát.

2. Hệ tọa độ xích đạo 1.

- Vòng cơ bản : Xích đạo trời QQ'.
Kinh tuyến trời.

- Điểm cơ bản : Thiên cực P, điểm cắt giữa xích đạo trời và kinh tuyến trời Q'

- Tọa độ : Xích vĩ (δ), góc giờ (t)

Muốn xác định tọa độ của thiên thể M trong hệ tọa độ này ta làm như sau:

Từ P vẽ vòng giờ qua M cắt xích đạo trời tại M'.

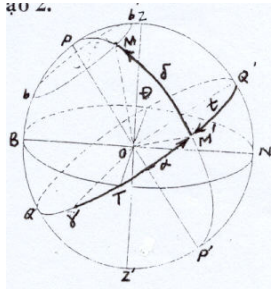
- Xích vĩ δ của M là cung NM hay góc MOM'. Nó có giá trị từ 0o đến 90o tính từ M'. Dấu dương cho Bắc thiên cầu (trên xích đạo trời) và dấu âm cho Nam thiên cầu (dưới xích đạo trời).

- Góc giờ t : Là góc giữa kinh tuyến trời và vòng giờ qua thiên thể M . Hay là cung $Q'M$ hoặc góc $Q'OM$. Nó được tính từ Q' theo chiều nhật động (tức hướng sang tây) có giá trị từ 0^o đến 360^o hay từ $0h$ đến $24h$.

Đặc điểm :

Do nhật động thiên thể vẽ những vòng tròn nhỏ song song với xích đạo trời. Do đó xích vĩ của thiên thể không thay đổi. Nó cũng không phụ thuộc nơi quan sát. Nhưng góc giờ thay đổi theo nhật động và vẫn phụ thuộc nơi quan sát (sinh viên tự chứng minh).

3. Hệ tọa độ xích đạo 2.



Hình 36: Hệ tọa độ xích đạo 1, 2

- Vòng cơ bản : Xích đạo trời QQ'

- Điểm cơ bản : Điểm xuân phân (γ)

Định nghĩa điểm xuân phân γ : Là một trong 2 giao điểm giữa xích đạo trời và hoàng đạo. Do hoàng đạo là quỹ đạo chuyển động biểu kiến của Mặt trời trên thiên cầu và xích đạo trời song song với xích đạo Trái đất (sinh viên tự chứng minh) nên góc giữa 2 mặt phẳng này là $\epsilon = 23^o27'$ (sinh viên tự chứng minh).

- Tọa độ : Xích vĩ δ (như hệ 1).

Xích kinh α .

- Muốn xác định tọa độ của thiên thể M trong hệ này ta làm như sau: Trước hết xác định điểm xuân phân γ . Đây là một điểm tưởng tượng, không có thật trên bầu trời, coi là giao điểm giữa hoàng đạo và xích đạo trời sao cho góc giữa chúng là $23^o27'$. Xích kinh α của thiên thể M là góc giữa vòng giờ qua γ và vòng giờ qua M tức bằng cung γM hay góc γOM .

- Xích kinh được tính từ điểm γ theo chiều ngược với chiều nhật động (hướng tới Q') và có giá trị từ $0^o \rightarrow 360^o$ hay $0h$ đến $24h$.

- Đặc điểm:

Vì điểm xuân phân γ gần như nằm yên trong không gian (thực ra nó có chuyển động do hiện tượng tiến động) nên nó cũng tham gia nhật động như các thiên thể khác. Do đó xích kinh của thiên thể không bị thay đổi vì nhật động. Ngoài ra nó cũng không phụ thuộc nơi quan sát. Tóm lại 2 tọa độ của hệ này xích vĩ δ và xích kinh α đều không bị thay đổi vì nhật động và không phụ thuộc nơi quan sát. Vì vậy hệ tọa độ này dùng để ghi tọa độ các thiên thể trên bầu trời trong các bản đồ sao và dùng trên toàn thế giới.

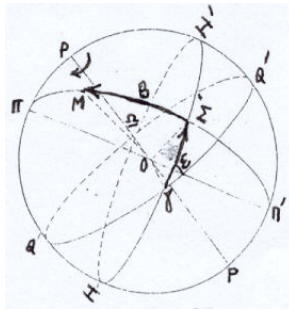
4. Hệ tọa độ hoàng đạo.

- Vòng cơ bản : Hoàng đạo.

- Điểm cơ bản : Hoàng cực bắc Π , Hoàng cực Nam Π'

$\Pi \Pi'$ vuông góc Hoàng đạo)

- Tọa độ : Hoàng vĩ B , Hoàng kinh L .



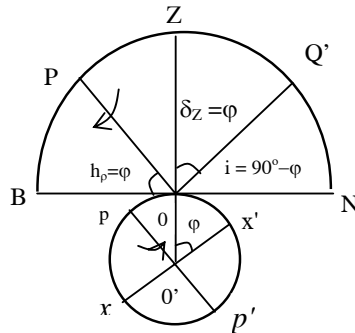
Hình 37

- Muốn xác định tọa độ của thiên thể M ta làm như sau: Vẽ vòng tròn lớn qua (và M cắt hoàng đạo HH' tại M'.

- Hoàng vĩ B là cung MM' hay góc MOM' có giá trị $0^\circ \rightarrow \pm 90^\circ$ (dấu (+) đối với thiên thể ở Bắc hoàng đạo, (-) với phía nam).

- Hoàng kinh L là cung $\gamma M'$ hay góc $\gamma OM'$ theo ngược chiều nhật động có giá trị từ $0^\circ \rightarrow 360^\circ$. Hệ tọa độ hoàng đạo thuận lợi cho việc theo dõi vị trí các thiên thể trong hệ Mặt trời.

5. Sự liên hệ giữa thiên cầu và địa cầu.



Hình 38

- Định lý về độ cao thiên cực: Độ cao của thiên cực bằng vĩ độ địa lý của nơi quan sát.

$$h_p = \varphi$$

Hay xích vĩ của thiên đỉnh bằng vĩ độ địa lý nơi quan sát.

$$\delta_Z = \varphi$$

Chứng minh:

Vì địa cực song song với thiên cực nên xích đạo song song với xích đạo trời. Do đó từ điểm 0 trên Trái đất có vĩ độ φ (ở bắc bán cầu) sẽ thấy thiên cực bắc B ở độ cao h_p đúng bằng φ do 2 góc này tương ứng vuông góc ($OO'X' = BOP$) (Xem hình vẽ 38).

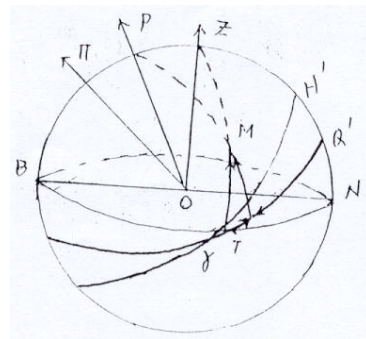
Còn đối với thiên đỉnh Z, thì :

$$ZOQ' = OO'X'$$

$$\text{Hay } \delta_Z = \varphi$$

Chú ý : Chứng minh tương tự cho nam bán cầu.

(Phối hợp các hệ tọa độ chân trời và xích đạo



Hình 39

- Tọa độ của thiên thể ghi trong sách vở, bản đồ sao v.v... thường dùng ở hệ xích đạo 2 (xích kinh α , xích vĩ δ).

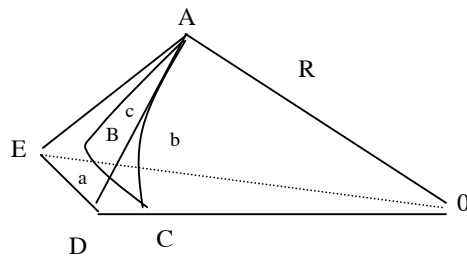
Từ nơi quan sát vĩ độ φ muốn xác định vị trí thiên thể trước tiên ta phải xác định vị trí của thiên cực P theo định lý trên (góc $BOP = \varphi$). Sau đó xác định xích đạo. (Mặt phẳng xích đạo vuông góc với thiên cực PP'). Xác định điểm xuân phân γ , biết hoàng đạo làm với xích đạo trời một góc $\varepsilon = 23^{\circ}27'$. Xác định α, δ theo γ và xích đạo trời sẽ được vị trí của M. Vẽ vòng thẳng đứng qua M sẽ xác định được độ cao h và độ phương A trong hệ tọa độ chân trời.

Ngoài ra ta sẽ tìm các liên hệ giữa các hệ tọa độ bằng lượng giác cầu mà ta sẽ học ở phần sau.

III. LƯỢNG GIÁC CẦU VÀ ỨNG DỤNG.

1. Tam giác cầu và những công thức cơ bản.

a) Tam giác cầu :



Hình 40

Khoảng cách giữa các thiên thể trên thiên cầu là những cung của vòng tròn lớn. Do đó nếu nối vị trí 3 thiên thể ta sẽ có được một tam giác cầu có các cạnh là cung của các vòng tròn lớn. Tính chất của nó khác tam giác thường. Tam giác cầu ABC có các góc ở đỉnh là các góc $\hat{A}, \hat{B}, \hat{C}$ là góc giữa các mặt phẳng (ví dụ \hat{A} là góc giữa mặt phẳng BAO và mặt phẳng CAO), các cạnh a, b, c cũng là các góc. Ví dụ cạnh a bằng góc BOC (đối diện góc \hat{A}). Như vậy cả cạnh và góc trong tam giác cầu đều là góc. Vậy ta có thể bỏ ký hiệu góc (^). Ở đây O là tâm thiên cầu, R là bán kính.

Trong tam giác cầu tổng các góc ở đỉnh lớn hơn 180° .

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} > 180^{\circ}$$

và diện tích tam giác là:

$$\Delta = \delta \frac{\pi R^2}{180^{\circ}}$$

Trong đó $\delta = \hat{A} + \hat{B} + \hat{C} - 180^{\circ}$

b) Các công thức:

* Từ A kẻ 2 tiếp tuyến với thiên cầu cắt OB tại E, cắt OC tại D. Tức: $AE \perp OA, AD \perp OA$.

Xét $\triangle ADE$ có: $DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2AD.AE \cos A$

Xét $\triangle ODE$ có: $DE^2 = OD^2 + OE^2 - 2OD.OE \cos a$

Từ đó rút ra :

$$2OD.OE \cos a = (OD^2 - AD^2) + (OE^2 - AE^2) + 2AD.AE \cos A$$

Xét các tam giác vuông:

$$\triangle OAD \Rightarrow OD^2 - AD^2 = R^2$$

$$AD = R \cdot \operatorname{tg} b; \quad OD = \frac{R}{\cos b}$$

Tương tự, xét ΔOAE :

$$OE^2 - AE^2 = R^2$$

$$AE = R \cdot \operatorname{tg} c; \quad OE = \frac{R}{\cos c}$$

Thay vào :

$$2 \cdot \frac{R}{\cos b} \cdot \frac{R \cos a}{\cos c} = R^2 + R^2 + 2R^2 \operatorname{tg} b \cdot \operatorname{tg} c \cdot \cos A$$

$$\frac{2R^2 \cos a}{\cos b \cdot \cos c} = \frac{2R^2 \cos b \cdot \cos c + 2R^2 \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A}{\cos b \cdot \cos c}$$

$$\text{Hay } \boxed{\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A} \quad (1)$$

Đây là công thức loại II trong lượng giác cầu, phát biểu như sau :

- *cos của một cạnh của tam giác cầu bằng tích của cos của 2 cạnh còn lại cộng với tích của sin 2 cạnh đó với cos của góc giữa chúng.*

- Lần lượt thay cho các cạnh còn lại (b, c) ta có công thức loại II cho các cạnh đó.

* Ví dụ thay cho cạnh b:

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B$$

thay công thức (1) vào $\cos a$ ta có :

$$\begin{aligned} \cos b &= (\cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A) \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B \\ &= \cos b \cos^2 c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos c \cdot \cos A + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B \end{aligned}$$

$$\cos b - \cos b \cos^2 c = \sin c (\sin b \cdot \cos c \cdot \cos A + \sin a \cdot \cos B)$$

$$\cos b (1 - \cos^2 c) = \text{nghĩa trên}$$

$$\cos b \cdot \sin^2 c = \text{nghĩa trên}$$

Chia 2 vế cho $\sin c$:

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

$$\text{Hay } \boxed{\sin a \cdot \cos B = \cos b \cdot \sin c - \sin b \cdot \cos c \cdot \cos A} \quad (2)$$

Đây là công thức loại III của lượng giác cầu hay còn gọi là công thức 5 yếu tố. Phát biểu như sau:

Tích của sin một cạnh với cos góc kề bằng tích của cos cạnh giới hạn góc đó nhân với sin cạnh còn lại, trừ đi tích của sin cạnh giới hạn góc đó nhân với cos cạnh còn lại và cos của góc đối diện với cạnh ban đầu.

Phát biểu tương tự cho các cạnh còn lại.

* Từ công thức (1) ta rút ra:

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cdot \cos c}{\sin b \cdot \sin c}$$

Bình phương 2 vế và lấy một trừ đi:

$$1 - \cos^2 A = \frac{\sin^2 b \cdot \sin^2 c - [\cos a - \cos b \cdot \cos c]^2}{\sin^2 b \cdot \sin^2 c}$$

$$\sin^2 A = \frac{(1 - \cos^2 b)(1 - \cos^2 c) - [\cos^2 a - 2\cos a \cos b \cos c + \cos^2 b \cos^2 c]}{\sin^2 b \cdot \sin^2 c}$$

$$= \frac{1 - \cos^2 b - \cos^2 c + \cos^2 b \cos^2 c - \cos^2 a + 2\cos a \cos b \cos c - \cos^2 b \cos^2 c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$= \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2\cos a \cos b \cos c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

Chia 2 vế cho $\sin 2a$

$$\frac{\sin^2 A}{\sin^2 a} = \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2\cos a \cos b \cos c}{\sin^2 a \sin^2 b \sin^2 c}$$

Biến đổi tương tự với các góc còn lại ta có :

$$\frac{\sin^2 B}{\sin^2 b} = \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2\cos a \cos b \cos c}{\sin^2 a \sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\frac{\sin^2 C}{\sin^2 c} = \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2\cos a \cos b \cos c}{\sin^2 a \sin^2 b \sin^2 c}$$

Các vế trái đều như nhau, suy ra :

$$\frac{\sin^2 A}{\sin^2 a} = \frac{\sin^2 B}{\sin^2 b} = \frac{\sin^2 C}{\sin^2 c}$$

Hay

$$\boxed{\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} = \text{const}} \quad (3)$$

Đây là công thức loại I của lượng giác cầu. Phát biểu :

Tỷ số giữa sin một cạnh của tam giác cầu và sin góc đối diện nó là hằng số.

Nó còn được viết :

$$\boxed{\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin A}{\sin B}} \quad (4)$$

sin các cạnh tỷ lệ với sin các góc đối diện.

* Giả sử tam giác cầu là tam giác vuông ($A=90^\circ$) thì :

$$\begin{aligned} \sin A &= 1 \\ \cos A &= 0 \end{aligned}$$

Do đó từ (2) ta có:

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

Chia 2 vế cho $\sin b$

$$\frac{\sin a \cdot \cos B}{\sin b} = \frac{\cos b \cdot \sin c}{\sin b}$$

Từ (4) ta có:

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

Thay vào trên :

$$\frac{\cos B}{\sin B} = \frac{\cos b}{\sin b} \sin c$$

$$\cotg B = \cotg b \sin c$$

Hay

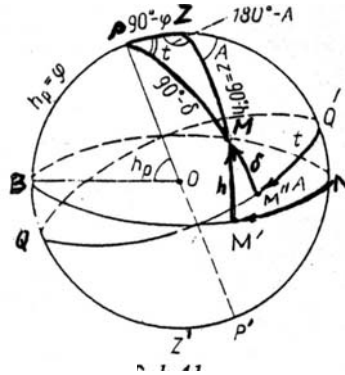
$$\boxed{\frac{\tg b}{\tg B} = \sin c} \quad (5)$$

Tỷ số giữa tg một cạnh của tam giác vuông trên tg góc đối diện của nó bằng sin của cạnh còn lại.

2. Ứng dụng.

a) *Đổi hệ tọa độ:*

* Đổi từ hệ tọa độ xích đạo 1 sang hệ tọa độ chân trời.



Hình 41

Giả sử ta có thiên thể M, thiên đỉnh Z và thiên cực P trên thiên cầu. 3 điểm này làm thành tam giác cầu PZM. Đối chiếu với các công thức tam giác cầu ta ký hiệu như sau:

$$c = PZ = 90^\circ - ZQ' = 90^\circ - \varphi$$

$$b = PM = 90^\circ - MM' = 90^\circ - \delta$$

$$a = ZM = Z$$

$$A = MPZ = t$$

$$B = PZM = 180^\circ - A$$

Trong đó Z, A : là tọa độ M trong hệ tọa độ chân trời.

δ, t : là tọa độ M trong hệ tọa độ xích đạo.

φ : vĩ độ của người quan sát.

Z : khoảng cách đỉnh.

A : độ phương

Từ công thức (1) ta có :

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

Ta thay vào :

$$\cos Z = \cos(90^\circ - \delta) \cos(90^\circ - \varphi) + \sin(90^\circ - \delta) \sin(90^\circ - \varphi) \cos t$$

Hay

$$\boxed{\cos Z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t} \quad (6)$$

* Từ công thức (4) ta có :

$$\sin a \sin B = \sin b \sin A$$

Thay vào : $\sin Z \sin(180^\circ - A) = \sin(90^\circ - \delta) \sin t$

$$\sin Z \sin A = \cos \delta \sin t \quad (1^*)$$

Theo công thức (2) ta có:

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

Thay:

$$\sin Z \cos(180^\circ - A) = \cos(90^\circ - \delta) \sin(90^\circ - \varphi) - \sin(90^\circ - \delta) \cos(90^\circ - \varphi) \cos t$$

Hay

$$\begin{aligned} -\sin Z \cos A &= \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t \\ \sin Z \cos A &= -\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t \end{aligned} \quad (2^*)$$

Chia (1*) : (2*) ta được :

$$\boxed{\operatorname{tg} A = \frac{\cos \delta \sin t}{-\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t}} \quad (7)$$

Chú ý: Trong công thức này góc giờ $t = s - \alpha$ (Xem bài giờ, chương sau).

α : Xích kinh của thiên thể

s : Giờ sao tại điểm quan sát.

Thường ta chỉ biết giờ Mặt trời trung bình, phải chuyển nó sang giờ sao để tính.

-Độ phương A có 2 giá trị khác nhau :

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

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

Công thức (6) và (7) dùng để đổi từ hệ xích đạo sang hệ chân trời. Nếu ngược lại thì ta có:

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \sin \varphi \cos Z - \cos \varphi \sin Z \cos A \\ \operatorname{tg} t &= \frac{\sin Z \sin A}{\cos \varphi \cos Z + \sin \varphi \sin Z \cos A} \end{aligned}$$

sinh viên tự chứng minh.

b) Tính thời điểm và vị trí lặn (mọc) của các thiên thể:

Khi lặn (mọc) thiên thể ở ngay đường chân trời, hay độ cao $h=0$ hoặc khoảng cách đỉnh $Z = 90^\circ$

Theo công thức (6) ta có :

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

Thay vào:

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

Hay $\boxed{\cos t = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi}$

Trong đó t : góc giờ của thiên thể khi lặn (mọc)

$$\text{Biết } t \rightarrow \left| \frac{15'52''6}{57'2''} 6378 \right| \text{ tính được giờ sao :}$$
$$\delta \equiv$$

$$s = \alpha \pm t$$

Qui ước + là lặn; - là mọc

biết được giờ sao s sẽ tính được giờ thường tức thời điểm lặn (mọc) của thiên thể.

- Xác định vị trí lặn (mọc):

Xét tam giác đỉnh vị PZM, áp dụng công thức loại II với cạnh b:

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

Thay vào:

$$\begin{aligned} \cos(90^\circ - \delta) &= \cos Z \cos(90^\circ - \varphi) \\ &\quad + \sin Z \cdot \sin(90^\circ - \varphi) \cos(180^\circ - A) \\ \sin \delta &= \cos Z \sin \varphi - \sin Z \cos \varphi \cos A \end{aligned}$$

Vì $Z = 90^\circ \Rightarrow \cos Z = 0$
 $\sin Z = 1$

Thay vào :
 $\sin \delta = -\cos \varphi \cos A$

Hay $\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$

A lấy giá trị (+) lặn (phía tây)
 (-) mọc (phía đông)

Như vậy thời điểm và vị trí lặn mọc của thiên thể phụ thuộc vào nơi quan sát và xích vĩ của thiên thể.

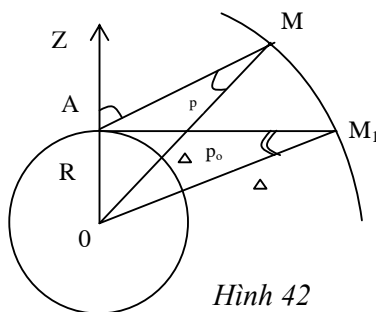
Các công thức trên nếu tính đến khúc xạ của khí quyển Trái đất sẽ có thay đổi chút ít (Xem sách PV Trinh)

IV. KHÁI NIỆM THỊ SAI VÀ TÍNH KHOẢNG CÁCH ĐẾN CÁC THIÊN THỂ.

1. Khái niệm thị sai.

Tọa độ của các thiên thể trên thiên cầu xác định từ những điểm khác nhau trên Trái đất là không giống nhau, và cũng không giống nếu ta nhìn từ tâm Trái đất đặc biệt là đối với các thiên thể trong Mặt trời. Người ta đưa ra khái niệm thị sai để tính sự khác biệt đó.

a) Thị sai hàng ngày của thiên thể M:



Hình 42

Là góc giữa phương nhìn thiên thể từ một điểm (A) trên Trái đất và phương nhìn từ tâm Trái đất :

$$p = \angle AMO$$

Hay góc từ thiên thể nhìn bán kính Trái đất.

Khi thiên thể ở thiên đỉnh thì thị sai hàng ngày của nó bằng không : $p_z = 0$

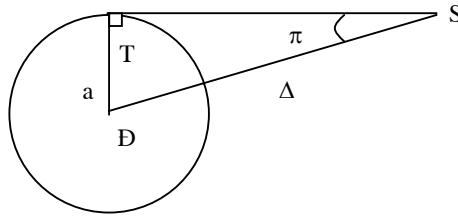
Khi thiên thể nằm trên đường chân trời thị sai có trị số lớn nhất và gọi là thị sai chân trời : p_0 với $p_0 = \angle AM_1O$

Trong đó M_1 : thiên thể M khi ở trên đường chân trời.

b) Thị sai hàng năm :

Đối với các thiên thể ở ngoài hệ Mặt trời thì thị sai hàng ngày rất nhỏ. Người ta đưa ra khái niệm thị sai hàng năm (π).

Thị sai hàng năm của thiên thể S là góc tương đương từ thiên thể đó nhìn bán kính quỹ đạo chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời: góc DST = π (nhưng ta tưởng Mặt trời xoay quanh Trái đất)



Hình 43

2. Tính khoảng cách đến thiên thể.

Từ hình 41, ta xét ΔAMO có :

$$\frac{R}{\Delta} = \frac{\sin p}{\sin MAO} = \frac{\sin p}{\sin(180^\circ - Z)}$$

$$\frac{R}{\Delta} = \frac{\sin p}{\sin Z}$$

Xét Δ vuông AM_1O có :

$$\frac{R}{\Delta} = \sin p_0$$

từ đó $\sin p = \sin p_0 \sin Z$

Vì p và p_0 nhỏ nên có thể viết :

$$p = p_0 \sin Z$$

Trong đó R : bán kính Trái đất

Δ : khoảng cách từ tâm Trái đất đến thiên thể.

Như vậy khoảng cách đến thiên thể là : $\Delta = \frac{R}{\sin p_0}$

Như vậy muốn xác định được những cách đến thiên thể ta phải xác định thị sai chân trời.

Xét hai nơi A và B trên Trái đất ở cùng một kinh tuyến ($\lambda_A = \lambda_B$, $\varphi_A \neq \varphi_B$), trong đó $\varphi_1 =$

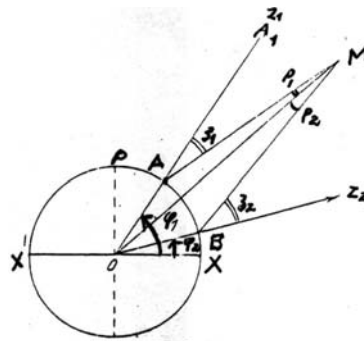
$\angle XO A$, $\varphi_2 = \angle XO B$, $\varphi_1 > \varphi_2$

Ta có $Z_1 M = Z_1$: khoảng cách đỉnh của thiên thể M tại A.

$Z_2 M = Z_2$: khoảng cách đỉnh của M tại B.

$AM = p_1$

$BM = p_2$



Hình 44

Xét tứ giác OAMB ta có :

$$\angle BOA + \angle OAM + \angle AMB + \angle MBO = 360^\circ$$

$$(\varphi_1 - \varphi_2) + (180^\circ - Z_1) + (p_1 + p_2) + (180^\circ - Z_2) = 360^\circ$$

Hay $p_1 + p_2 = Z_1 + Z_2 - \varphi_1 + \varphi_2$

Mà $p_1 = p_0 \sin Z_1$

$p_2 = p_0 \sin Z_2$

Vậy $p_0(\sin Z_1 + \sin Z_2) = Z_1 + Z_2 - \varphi_1 + \varphi_2$

$$p_0 = \frac{Z_1 + Z_2 - \varphi_1 + \varphi_2}{\sin Z_1 + \sin Z_2}$$

Vậy để xác định thị sai chân trời po chỉ cần xác định khoảng cách đỉnh của thiên thể từ 2 điểm khác nhau trên cùng một kinh tuyến. Phép đo này không đến nỗi phức tạp lắm. Từ đó ta có thể xác định được khoảng cách đến thiên thể.

Bằng cách này người ta xác định thị sai của Mặt trăng:

$$p_{\odot} = 57'2''67 + 0''06$$

Từ đó khoảng cách từ Trái đất đến Mặt trăng là:

$$r = 384.400\text{km.}$$

* Thị sai chân trời của Mặt trời nếu xác định phương pháp này sẽ mắc sai số khác lớn, vì Mặt trời ở khá xa Trái đất. Cuối thế kỷ XVII người ta đã xác định gián tiếp thị sai Mặt trời qua thị sai của sao hỏa khi hành tinh này giao hội với Trái đất. Kết hợp với phương pháp vô tuyến định vị năm 1964 Hội Thiên văn Quốc tế xác định giá trị của thị sai chân trời của Mặt trời là:

$$P_{\odot} = 8''794$$

Từ đó khoảng cách từ Trái đất đến Mặt trời là một đơn vị thiên văn bằng :

$$A = 1\text{đvtv} = 1\text{AU} = 149,6.106\text{km}$$

- Đối với các thiên thể ở xa thì khoảng cách đến nó được xác định qua thị sai hàng năm và đơn vị thiên văn.

Từ hình 42 ta có:

$$\frac{a}{\Delta} = \sin \pi \quad \pi - \text{thị sai hàng năm của thiên thể S.}$$

a- khoảng cách từ Trái đất đến Mặt trời.

$$\text{Từ đó} \quad \Delta = \frac{a}{\sin \pi}$$

-Ngày nay người ta có thể xác định khoảng cách đến thiên thể bằng phương pháp vô tuyến định vị:

$$\Delta = \frac{ct}{2}$$

trong đó c : vận tốc sóng điện từ

t : thời gian xung sóng điện từ phát đi từ Trái đất và phản hồi từ thiên thể trở lại Trái đất.

-Khoảng cách đến các thiên thể xa xôi, đến các sao có thể xác định bằng cách khác (sẽ xét sau)

3. Các đơn vị đo khoảng cách trong thiên văn.

a) Đơn vị thiên văn: (đvtv) là khoảng cách trung bình từ Trái đất đến Mặt trời (còn viết tắt là a) – hay AU (Astronomical Unit)

$$1\text{đvtv} = 149,6.106\text{km}$$

b) Năm ánh sáng (nas): là quãng đường ánh sáng đi được trong thời gian một năm : (hay Ly : Light year)

$$1\text{nas} = 9,46.1012\text{km} = 63240\text{đvtv}$$

c) Pasec (ps) là khoảng cách ứng với thị sai hàng năm bằng giây (1'') :

$$1\text{ps} = 3,086.1013\text{km} = 206265\text{đvtv} = 3,262\text{nas}$$

- Các thiên thể trong hệ Mặt trời có khoảng cách được tính bằng đvtv.

- Các vì sao ở xa có khoảng cách được đo bằng ps hay nas:

$$\Delta = \frac{1}{\pi(\text{giây})}(\text{ps}) \quad \text{hay } d = \frac{1}{\pi}$$

$$= \frac{3,262}{\pi(\text{giây})}(\text{nas})$$

Trong đó π là thị sai hàng năm của thiên thể, tính ra giây.

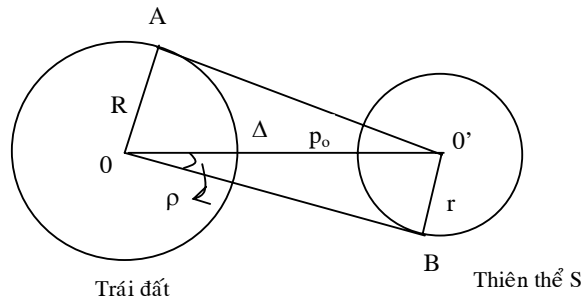
d : khoảng cách tới thiên thể tính ra hasec

Ví dụ: Sao cận tinh có thị sai hàng năm là $\pi = 0''762$ cách ta 1,31ps hay 4,28nas.

4. Xác định kích thước của thiên thể.

Muốn xác định kích thước thiên thể ta phải biết bán kính góc của nó.

Bán kính góc của thiên thể S có thể đo bằng kính đo góc. Nó bằng góc $O'OB$, kí hiệu ρ . Đó là góc từ tâm Trái đất nhìn bán kính thiên thể.



Hình 45

Từ hình trên ta thấy :

$$\frac{r}{\Delta} = \sin \rho \quad ; \quad \frac{R}{\Delta} = \sin p_0$$

Rút ra :

$$\frac{R}{\sin p_0} = \frac{r}{\sin \rho}$$

Hay $r = R \cdot \frac{\sin \rho}{\sin p_0}$

Vì ρ và p_0 nhỏ nên :

$$\sin \rho = \rho$$

$$\sin p_0 = p_0$$

$$\boxed{r = R \frac{\rho}{p_0}}$$

Ví dụ : Mặt trăng $\rho_{\text{☾}} = 15'52''6$

$$\text{Nên } r_{\text{☾}} = \frac{15'52''6}{57'2''} 6378$$

$$= 1738\text{km}$$

Mặt trời $\rho_{\text{☉}} = 16'$ (lấy trung bình) nên :

$$r_{\text{☉}} = \frac{16' \times 60}{8''79} \cdot 6378$$

$$= 696.000\text{km}$$

Chú ý :

- Các đơn vị góc phải cùng nhau, ví dụ cùng ra giây, đơn vị đo chiều dài là km.
- Những ngôi sao ở xa phải dùng phương pháp khác.
- Bán kính góc Mặt trời, Mặt trăng thay đổi tùy theo vị trí của chúng trên quỹ đạo.

Ví dụ : Mặt trời

Khi Trái đất ở cận điểm ρ_{\odot} là lớn nhất $\rho_{\max} = 16'18''$ (hay $16',3$) ứng với $a_{\min} = 147.106\text{km}$; thường vào ngày 1 tháng một.

Khi Trái đất ở viễn điểm ρ_{\odot} là nhỏ nhất $\rho_{\min} = 15'46''$ (hay $15',7$) ứng với $a_{\max} = 152.106\text{km}$, thường vào ngày 1 tháng bảy.

Mặt trăng :

$$\rho_{\text{min}} = 14'7 \qquad a_{\max} = 405500\text{km}$$

$$\rho_{\text{max}} = 16'8 \qquad a_{\min} = 363300\text{km}$$

Chương 4

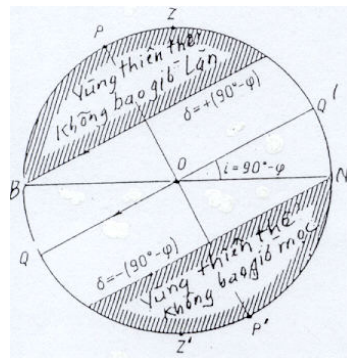
MỐI QUAN HỆ CƠ HỌC GIỮA TRÁI ĐẤT VÀ BẦU TRỜI

A. NHẬT ĐỘNG CỦA BẦU TRỜI.

I. HIỆN TƯỢNG MỌC VÀ LẶN CỦA THIÊN THỂ DO NHẬT ĐỘNG.

Do nhật động các thiên thể vẽ những vòng tròn nhỏ song song 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 $(90^\circ - \varphi)$. Từ đó vòng nhật động của thiên thể có thể :

- 1) Cắt đường chân trời tại 2 điểm: thiên thể có mọc, có lặn (mọc ở phía đông, lặn ở phía tây), (vòng 1, 2).



Hình 46

- 2) Không cắt đường chân trời: thiên thể không bao giờ mọc hoặc không bao giờ lặn (vòng 3).
- 3) Tiếp xúc với đường chân trời: Thiên thể không lặn, không mọc.

Ta xét từng trường hợp :

1. Nhìn trên hình ta thấy những thiên thể nằm trong cung $Q'B'$ sẽ cắt đường chân trời tại hai điểm, hay có nghĩa là xích vĩ của nó thỏa mãn : $|\delta| < 90^\circ - |\varphi|$
(tức nếu δ dương thì thiên thể nằm trong cung $Q'B'$, nếu δ âm thì thiên thể nằm trong cung $Q'N$). Đó chính là điều kiện mọc - lặn của thiên thể.

Điều kiện này có thể suy ra từ công thức lượng giác cầu (chương III, về vị trí mọc, lặn của thiên thể).

$$\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

$$\cos A = \frac{\sin \delta}{\sin(90^\circ - |\varphi|)}$$

Vì \cos của một góc không thể lớn hơn đơn vị ($\cos A < 1$) nên : $|\delta| < (90^\circ - |\varphi|)$

- Khi $\delta = 0$ thiên thể nằm ngay trên xích đạo trời, nó mọc đúng điểm đông, lặn đúng điểm tây.

Khi thiên thể ở bắc thiên cầu ($\delta > 0$) nó mọc ở đông bắc lặn ở tây bắc.

Khi thiên thể ở nam thiên cầu ($\delta < 0$) nó mọc ở đông nam, lặn ở tây nam.

Chú ý phân biệt :

$\varphi > 0$: nơi quan sát ở Bắc địa cầu.

$\varphi < 0$: nơi quan sát ở Nam địa cầu.

- 2) Nếu $|\delta| > (90^\circ - |\varphi|)$:

Vòng nhật động không cắt đường chân trời: Thiên thể hoặc không bao giờ mọc, hoặc không bao giờ lặn. Ví dụ: Ở bắc địa cầu ($\varphi > 0$) nếu thiên thể ở Bắc thiên cầu và thỏa mãn điều kiện

trên ($\delta > 90^\circ - \varphi$) thì thiên thể không bao giờ lặn (luôn nằm trên đường chân trời). Nếu ở Nam thiên cầu – không bao giờ mọc.

Ví dụ: Thành phố Hồ Chí Minh $\varphi = 10^\circ 30'$. Sao Bắc cực (ở ngay thiên cực Bắc) có xích vĩ $\delta = 89^\circ$. Theo điều kiện trên :

$$\delta > 90^\circ - \varphi$$

$$89^\circ > 90^\circ - 10^\circ 30' = 79^\circ 30'$$

Vậy sao bắc cực không bao giờ lặn, kể cả ban ngày. Ta không nhìn thấy chỉ vì Mặt trời quá sáng.

3) Nếu $|\delta| = 90^\circ - |\varphi|$ thì thiên thể tiếp xúc đường chân trời không lặn hoặc không mọc.

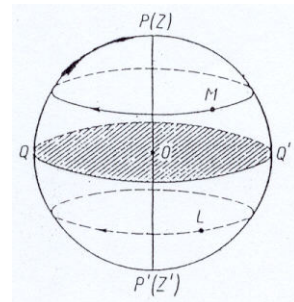
Chú ý: - Mặt trời là một thiên thể có xích vĩ thay đổi trong năm nên điểm lặn mọc và độ dài ngày đêm cũng thay đổi tùy từng nơi trên Trái đất và đều biến thiên với chu kỳ một năm. Ta sẽ xét sau.

II. QUAN SÁT BẦU TRỜI TẠI NHỮNG NƠI CÓ ĐỘ VĨ KHÁC NHAU.

+ Ở địa cực Bắc $\varphi = 90^\circ$, $P \equiv Z$ (thiên cực bắc trùng với thiên đỉnh). Xích đạo trời trùng với đường chân trời; các vòng nhật động song song với đường chân trời.

- Sao có xích vĩ dương $\delta > 0$ sẽ không bao giờ lặn $\delta > 90^\circ - 90^\circ$.

- Sao có xích vĩ âm $\delta < 0$ sẽ không bao giờ mọc $|\delta| > 90^\circ - 90^\circ$.

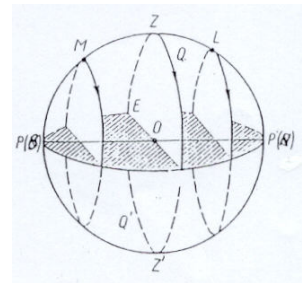


Hình 47

- Sao có xích vĩ $\delta = 0$ sẽ tiếp xúc đường chân trời, không mọc, lặn.

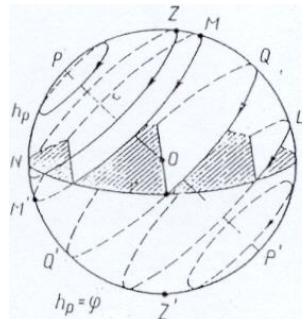
- Như vậy ở địa cực chỉ quan sát được nửa bầu trời: ở địa cực bắc thấy các sao ở Bắc thiên cầu, ở địa cực nam thấy các sao ở Nam thiên cầu.

+ Ở xích đạo $\varphi = 0^\circ$ trục vĩ trụ PP' trùng với đường bắc nam, xích đạo trời vuông góc với đường chân trời. Khi nhật động tất cả các sao đều cắt đường chân trời (vuông góc). Như vậy tất cả các sao đều có mọc, lặn (thời gian mọc bằng thời gian lặn). Ta có thể quan sát được toàn bộ bầu trời sao.



Hình 48

+ Ở vĩ độ tùy ý (ví dụ: Hà Nội $\varphi = 21^\circ 30'$) : Sự lặn mọc của các thiên thể phụ thuộc vào xích vĩ của nó (theo điều kiện), trong đó có những sao không bao giờ mọc. Như vậy ở vĩ độ trung gian không thể quan sát được hết bầu trời sao.



Hình 49

III. SỰ BIẾN THIÊN TOA ĐỘ CỦA THIÊN THỂ DO NHẬT ĐỘNG.

- Tọa độ chân trời của thiên thể biến thiên liên tục do nhật động với chu kỳ bằng chu kỳ nhật động. Tại thời điểm lặn, mọc, độ cao bằng không, độ phương phụ thuộc xích vĩ thiên thể và vĩ độ nơi quan sát. Từ lúc mọc đến lúc qua kinh tuyến trên độ cao tăng dần. Tại kinh tuyến trên độ cao đạt cực đại, độ phương bằng không (nếu ở nam thiên đỉnh), hoặc 180o (nếu ở bắc thiên đỉnh). Từ đó đến lúc lặn độ cao thiên thể giảm dần.

- Góc giờ t của thiên thể biến thiên liên tục. Tại thời điểm qua kinh tuyến trên $t = 0$, qua kinh tuyến dưới $t = 80o$ hay 12h. Góc giờ biến thiên đều đặn làm cơ sở cho việc xác định thời gian.

- Xét trường hợp xác định độ cao của thiên thể khi qua kinh tuyến trên. Đây là bài toán cơ sở cho việc tính thời gian đối với từng địa điểm. Vì kinh tuyến trời song song với kinh tuyến Trái đất nên những nơi khác kinh tuyến sẽ thấy cùng một thiên thể qua kinh tuyến trên ở những thời điểm khác nhau.

- Ví dụ ta xét cho người ở Bắc bán cầu ($\varphi > 0$).

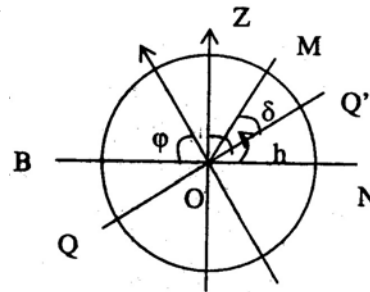
- Nếu $|\delta| < \varphi$: thiên thể qua kinh tuyến trên ở phía Nam thiên đỉnh và

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

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

$$\text{hay } Z = \varphi - \delta$$

- Nếu $\delta = \varphi$: thiên thể qua kinh tuyến trên tại ngay thiên đỉnh Z và độ cao $h = 90o$ hay $Z = 0o$



Hình 50

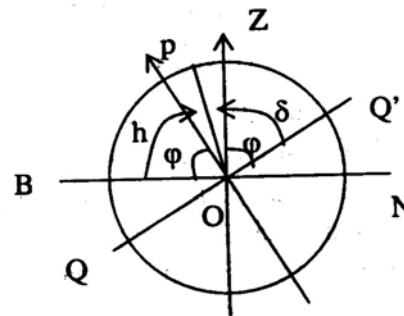
- Nếu $\delta > \varphi$: thiên thể qua kinh tuyến trên ở phía Bắc thiên đỉnh và

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

$$h = \varphi + 90^\circ - \delta$$

$$\text{hay } Z = \delta - \varphi$$

Vậy nếu tại một nơi quan sát thấy một thiên thể có điểm mọc, lặn cố định và có độ cao khi qua kinh tuyến trên không đổi thì rõ ràng xích vĩ của thiên thể không thay đổi theo thời gian.



Hình 51

Ngược lại, đối với Mặt trời, Mặt trăng, các hành tinh... thì điểm mọc, lặn và độ cao khi qua kinh tuyến trên biến thiên. Như vậy xích vĩ của các thiên thể đó cũng biến đổi theo thời gian.

B- CHUYỂN ĐỘNG CỦA CÁC HÀNH TINH.

- Vấn đề quỹ đạo chuyển động của các hành tinh là một bài toán phức tạp (Xin xem Giáo trình Thiên văn - Phạm Viết Trinh phần phụ lục 2). Ở đây ta chỉ xét một số vấn đề: Đó là điểm nút trên quỹ đạo nhìn thấy của hành tinh và sự thẳng hàng của các hành tinh.

1. Giải thích sự hình thành dạng nút của quỹ đạo chuyển động của các hành tinh trên bầu trời.

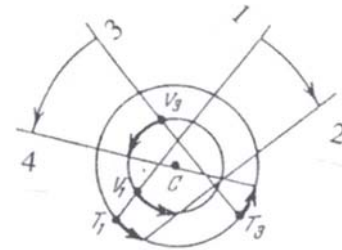
- Có 2 loại hành tinh:

+ Loại “trong” Trái đất: Thủy, Kim (so với Mặt trời)

+ Loại “ngoài” Trái đất: Hỏa, Mộc, Thổ (so với Mặt trời)

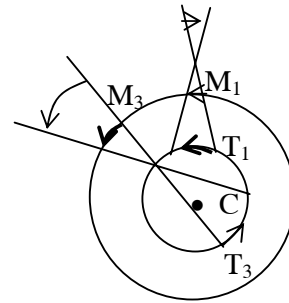
Ta xét trên hình vẽ với từng loại.

* *Loại 1: (hình 52) Vận tốc chuyển động* của hành tinh trên quỹ đạo lớn hơn vận tốc chuyển động của Trái đất trên quỹ đạo quanh Mặt trời. Do đó, khi thì ta thấy đường biểu diễn của hành tinh đi từ trái sang phải (từ 1 sang 2); khi lại từ phải sang trái (từ 3 sang 4). Như vậy ta có cảm giác hành tinh chạy ngược lại, tạo nên những nút trên bầu trời.



Hình 52

* *Loại 2: (hình 53) Xét tương tự* như trên, chú ý vận tốc của Trái đất lớn hơn vận tốc hành tinh.



Hình 53

2. Sự thẳng hàng của các hành tinh.

Vì các hành tinh chuyển động trên quỹ đạo theo những vận tốc khác nhau nên không phải lúc nào chúng cũng thẳng hàng. Hiện tượng 9 hành tinh đứng thẳng hàng gọi là chuỗi ngọc 9 sao, xảy ra cứ 179 năm một lần. Tuy các hành tinh thẳng hàng nhưng cũng không làm cho Trái đất bị ảnh hưởng gì. Có lúc Mặt trăng, Mặt trời cùng 5 hành tinh đứng thẳng hàng tạo nên chuỗi ngọc 7 sao.

Do quỹ đạo của các hành tinh quanh Mặt trời là các Elíp và vận tốc chuyển động khác nhau nên có lúc hành tinh ở gần Trái đất, có lúc ở rất xa, khó quan sát.

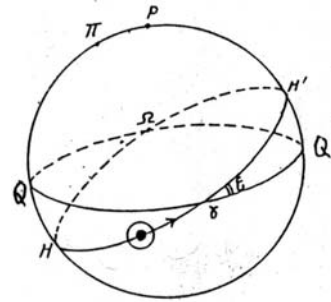
C- CHUYỂN ĐỘNG BIỂU KIẾN CỦA MẶT TRỜI.

I. HOÀNG ĐẠO – HOÀNG ĐỐI.

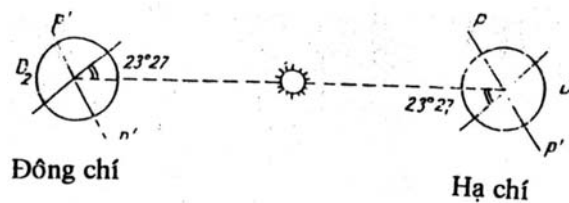
- Như đã nói ở phần Trái đất, do Trái đất quay quanh Mặt trời nên ta có cảm giác Mặt trời chuyển động quanh Trái đất. Quỹ đạo chuyển động biểu kiến của Mặt trời trong một năm gọi là hoàng đạo. Hoàng đạo đi qua 12 chòm sao, dải thiên cầu chứa các sao đó gọi là Hoàng đới (cung 16o). Năm dương lịch có 12 tháng, mỗi tháng ứng với việc Mặt trời đang ở trong một chòm sao nào.

- Trái đất khi chuyển động trên mặt phẳng hoàng đạo còn tự quay quanh trục của mình. Phương của trục tự quay hầu như không thay đổi trong không gian. Do quan sát thấy thiên cực hầu như không thay đổi phương đối với các sao mà trục quay Trái đất (địa cực) song song với thiên cực, nên suy ra cũng không đổi phương. Ngoài ra, do hàng năm xích vĩ δ của Mặt trời biến thiên từ $+23^{\circ}27'$ đến $-23^{\circ}27'$, chứng tỏ trục Trái đất không thẳng góc với mặt phẳng chuyển động của nó (Hoàng đạo) mà nghiêng một góc $66^{\circ}33'$. Từ đó ta thấy mặt phẳng Hoàng đạo và mặt phẳng xích đạo trời phải nghiêng với nhau một góc $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ (sinh viên tự chứng minh).

Hình 54 biểu diễn góc nghiêng giữa Hoàng đạo và xích đạo trời. Điểm cắt giữa 2 mặt phẳng đó là điểm xuân phân γ và điểm thu phân Ω . Ở điểm γ mặt trời đi từ nửa bán thiên cầu Nam lên bán thiên cầu Bắc, ở điểm Ω ngược lại. Hình 55 diễn tả Mặt trời ở 2 điểm đối tâm, có xích vĩ $\delta = +23^{\circ}27'$ (là điểm hạ chí) và $\delta = -23^{\circ}27'$ (điểm đông chí).



Hình 54

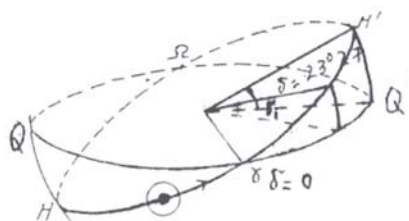


Hình 55

Như vậy, khi chuyển động trục quay Trái đất luôn song song với chính nó. Do đó xích vĩ Mặt trời trong năm thay đổi :

Ngày xuân phân, thu phân	$\delta = 0^{\circ}$
Hạ chí	$\delta = +23^{\circ}27'$
Đông chí	$\delta = -23^{\circ}27'$

-Tức tại điểm xuân phân, thu phân hai mặt phẳng hoàng đạo và xích đạo trời phải trùng nhau, tại các điểm khác độ nghiêng giữa chúng tăng dần, đạt cực đại $23^{\circ}27'$ vào đông chí, hạ chí).



Hình vẽ 55 (b)

- Thực ra do hiện tượng tiến động trục quay của Trái đất có bị đổi phương, tuy rất chậm. Vì vậy, đáng lẽ điểm xuân phân γ (được tính từ cách đây trên 2000 năm) ở vào chòm Con Hươu (tháng 1) thì nay ở vào chòm Song ngư (tháng 3). Cũng do tiến động điểm xuân phân di chuyển trên hoàng đạo nên cách tính năm sẽ có phân biệt, ta sẽ xét sau.

II. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ NGHIÊNG CỦA TRỤC QUAY TRÁI ĐẤT.

1. Biến đổi 4 bốn mùa trên Trái đất.

Do Trái đất chuyển động quanh Mặt trời với trục quay không đổi phương nên xích vĩ Mặt trời thay đổi. Những ngày đặc biệt là:

- Xuân phân : $\delta = 0^\circ$ (20 hoặc 21 tháng 3)
- Hạ chí : $\delta = +23^\circ 27'$ (22 tháng 6)
- Thu phân : $\delta = 0^\circ$ (23 tháng 9)
- Đông chí : $\delta = -23^\circ 27'$ (22 tháng 12)

Theo dương lịch :

- Từ xuân phân đến hạ chí là mùa xuân.
- Từ hạ chí đến thu phân : là mùa hè (hạ).
- Từ thu phân đến đông chí : mùa thu
- Từ đông chí đến xuân phân : mùa đông.

(Còn theo phương Đông thì có khác, xem lịch khí tiết ở phần phụ lục Giáo trình Thiên văn - Phạm Việt Trinh).

+ Sự thay đổi mùa này xảy ra rất có qui luật, hầu như không đổi. Nó phản ánh sự chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời. Người ta lấy chu kỳ thay đổi 4 mùa làm cơ sở đo thời gian :

- Thời gian lặp lại của một chu kỳ 4 mùa gọi là năm xuân phân (hay là thời gian giữa hai lần Mặt trời đi qua điểm xuân phân γ).

+ Do độ nghiêng giữa Hoàng đạo và xích đạo trời (tức do xích vĩ Mặt trời thay đổi) nên độ dài ngày đêm của 4 mùa là không giống nhau (Ngày: thời gian Mặt trời nằm trên mặt phẳng đường chân trời; đêm: nằm dưới). Ta có bảng so sánh:

Vị trí	Ngày	δ	So sánh độ dài ngày đêm
λ (xuân phân)	21-3	0°	Ngày = đêm
H (hạ chí)	22-6	$23^\circ 27'$	Ngày dài nhất
Ω (thu phân)	23-9	0°	Ngày = đêm
ν (đông chí)	22-12	$-23^\circ 27'$	Đêm dài nhất

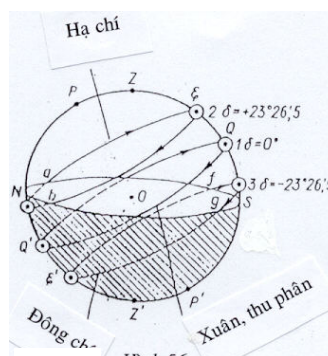
Giải thích bằng hình vẽ 56 :

Với nơi quan sát ở Bắc bán cầu $\varphi > 0$, đường trên BN là ngày, dưới BN là đêm (nét đứt), ứng với các xích vĩ khác nhau của Mặt trời.

Đường (1) : $\delta = 23^\circ 27'$ (Ngày > đêm (Hạ chí).

(2) : $\delta = 0^\circ \rightarrow$ Ngày = đêm (Xuân phân Thu phân).

(3) : $\delta = -23^\circ 27' \rightarrow$ Ngày < đêm (Đông chí).



Hình 56

+ Nhiệt lượng thu được ở cùng một nơi trên Trái đất trong từng mùa có khác nhau: Nhiều nhất vào mùa hạ, ít nhất vào mùa đông. Do đó mùa hạ nóng, mùa đông lạnh. Ta giải thích như sau: Xét cho một nơi có độ vĩ $\varphi > 0$ (Bắc bán cầu), vì Mặt trời ở xa nên ta cho rằng các tia sáng đến từ Mặt trời đến Trái đất là song song với nhau.

Theo định luật Vật lý về quang lượng ta có $E = E \cos i$

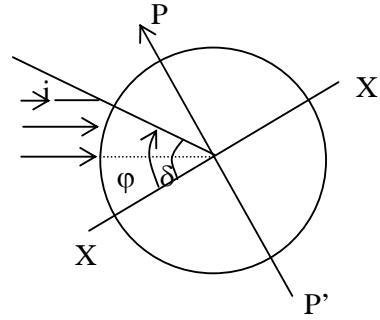
i : góc hợp bởi tia sáng Mặt trời với đường trọng trường tại điểm quan sát.
 E_0 : ứng với $i = 0$ tia sáng song song với đường trọng trường.

- Vào ngày Hạ chí Mặt trời nằm trên xích đạo trời ($\delta > 0$). Theo hình vẽ 57:

$$i = \varphi - \delta = \varphi - 23^\circ 27'$$

Do đó:

$$E_1 = E_0 \cos(\varphi - 23^\circ 27')$$

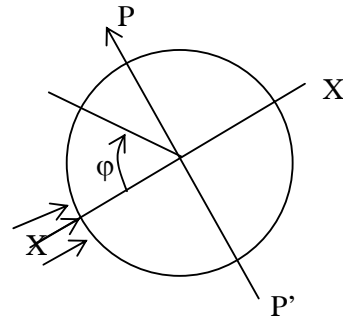


Hình 57

- Ngày xuân phân, thu phân Mặt trời nằm ngay trên xích đạo trời, tia sáng Mặt trời song song xích đạo trời (hay xích đạo). Theo hình 58 :

$$\delta = 0 \text{ nên } i = \varphi$$

$$E_2 = E_0 \cos \varphi \quad (2)$$



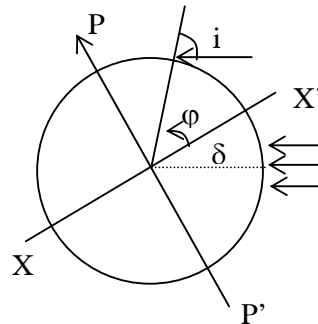
Hình 58

- Ngày đông chí Mặt trời nằm dưới xích đạo trời $\delta < 0$. Theo hình 59 :

$$i = \varphi + |\delta|$$

$$= \varphi + 23^\circ 27'$$

$$E_3 = E_0 (\varphi + 23^\circ 27')$$

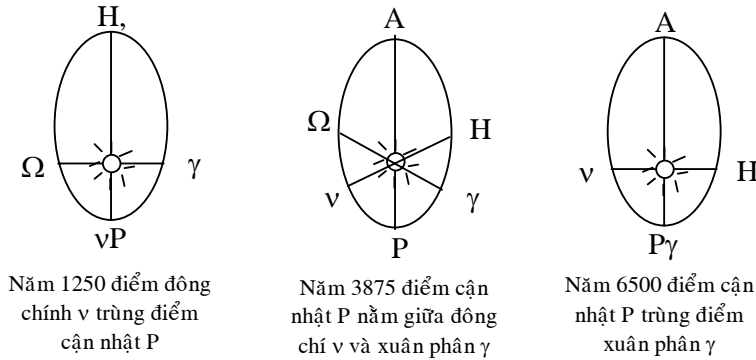


Hình 59

So sánh E_1, E_2, E_3 . Do \cos là hàm nghịch biến nên $E_1 > E_2 > E_3$. Vậy do độ nghiêng của trục quay Trái đất với mặt phẳng quỹ đạo, nhiệt lượng ở một nơi trên Trái đất thu được vào mùa hè lớn hơn mùa đông, vì vậy mùa hè nóng hơn mùa đông.

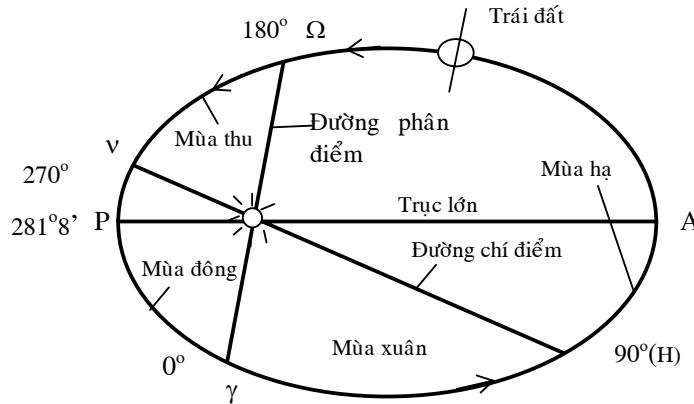
- Ví dụ ở vĩ độ $\varphi = 55^\circ 45'$ thì $E_1 = 1,5 E_2 = 4,6 E_3$

+ Độ dài của các mùa trong năm không bằng nhau, đó là do quỹ đạo chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời là hình Elip và Mặt trời ở tại một tiêu điểm. Đường nối hai điểm phân $\gamma(t)$ và đường nối hai điểm chí (H) vuông góc tại tiêu điểm. Do điểm xuân phân dịch chuyển trên hoàng đạo ngược chiều chuyển động của Trái đất (do hiện tượng tiến động) nên vị trí hai đường này thay đổi theo thời gian. (hình 60)



Hình 60

-Hiện nay, độ chênh lệch giữa điểm cận nhật P và điểm đông chí v là $1108'$.



Hình 61 : Các mùa không dài bằng nhau

- Mùa xuân : 92 ngày 20 giờ
- Mùa hạ : 93 ngày 15 giờ (dài nhất)
- Mùa thu : 89 ngày 19 giờ
- Mùa đông : 89 ngày (ngắn nhất)

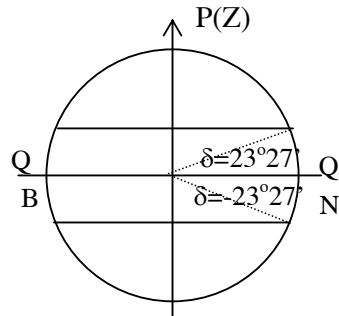
+ Như vậy một năm xuân phân (4 mùa) có độ dài bằng tổng bốn mùa là 365 ngày 6 giờ. Chính xác là 365 ngày 5 giờ 48 phút 46 giây (365,242199 ngày) hay còn gọi là chu tuế (Anée tropique) hoặc là tuế thực. Năm này khác với chu kỳ quay của Trái đất quanh Mặt trời, hay thời gian để Trái đất đi giáp một vòng quanh Mặt trời (hay thời gian giữa 2 lần Trái đất đi qua một điểm cố định trên quỹ đạo) gọi là năm vũ trụ hay chu thiên (Anée sidérale) có độ dài 365 ngày 6 giờ 9 phút 5,5 giây (365,25 ngày). Sự khác biệt là do hiện tượng tuế sai: điểm xuân phân (đi ngược trên hoàng đạo $50''26$ trong một năm. Sự chênh lệch giữa năm xuân phân và năm vũ trụ khoảng 20 phút 20 giây mỗi năm.

(**Chú ý:** Mùa vũ trụ có thể đồng nhất với mùa địa phương, vốn phụ thuộc vào thời tiết và vĩ độ của phương đó. Ví dụ : Miền nam nước ta chỉ có 2 mùa là mùa mưa và mùa nắng rõ rệt mà thôi.

2. Ngày và đêm ở những nơi có độ vĩ khác nhau.

Do xích vĩ Mặt trời biến thiên trong năm nên tại những điểm khác nhau trên Trái đất thời điểm lặn - mọc sẽ khác nhau. Hay ngày và đêm sẽ khác nhau.

a) Ở địa cực bắc: $\varphi = 90^\circ$, vòng nhật động song song xích đạo, do xích đạo trùng với đường chân trời nên vòng nhật động của Mặt trời song song với đường chân trời. Từ xuân phân (21/III) đến thu phân (23/IX) Mặt trời có xích vĩ dương ($\delta > 0$). Thỏa mãn điều kiện không lặn: $\delta > 90^\circ - 90^\circ$. Do đó suốt 6 tháng này là ban ngày. Hay ở địa cực ngày dài 6 tháng. Độ cao cực đại của Mặt trời vào ngày Hạ chí (23/VI) là $h = \delta = 23^\circ 27'$. Ngày xuân phân, thu phân Mặt trời ở ngay trên chân trời $h = \delta = 0^\circ$ nên không lặn, không mọc, ngày đêm không phân biệt. Nửa năm còn lại là đêm ($\delta < 0$) (từ thu phân đến xuân phân).

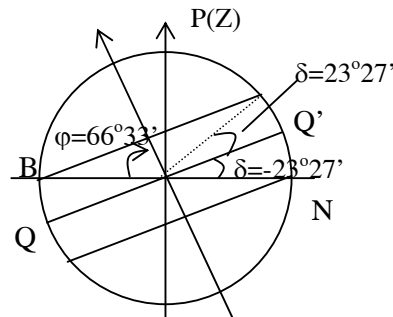


Hình 62

* Ở địa cực nam: ngược lại

- Tóm lại ở địa cực một năm chỉ có một ngày, đêm (6 tháng ngày, 6 tháng đêm).

b) Từ địa cực đến bắc cực khuyên: (φ từ 0° đến $66^\circ 33'$). Theo điều kiện không lặn, không mọc số ngày đêm tăng dần từ địa cực đến bắc cực khuyên.



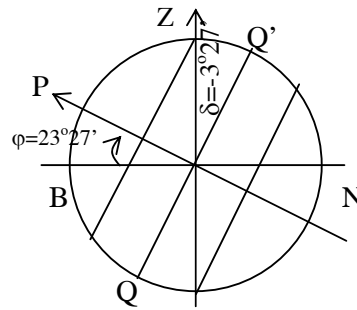
Hình 63

c) Ở Bắc cực khuyên $\varphi = 66^\circ 33'$: Ở Bắc cực khuyên số ngày (đêm rõ rệt trong năm là khoảng 365 ngày - đêm). Những ngày hạ chí, đông chí xích vĩ Mặt trời $|\delta| = 23^\circ 27'$, Mặt trời chỉ tiếp xúc với đường chân trời, không lặn hẳn hoặc mọc hẳn, ban đêm vẫn có ánh sáng Mặt trời. Còn những ngày gần đó (trước và sau hạ chí) xích vĩ Mặt trời chưa biến đổi bao nhiêu nên có đêm trắng. Mặt trời luôn qua kinh tuyến trên ở phía nam thiên đỉnh.

- Ở Nam cực khuyên: $\varphi = -66^\circ 33'$ tương tự, nhưng mùa ngược lại.

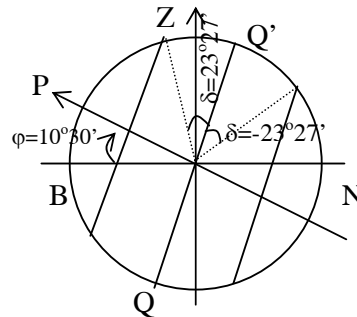
d) Từ bắc cực khuyên đến bắc chí tuyến có: Ngày, đêm rõ rệt.

e) Ở Bắc chí tuyến: $\varphi = 23^{\circ}27'$
 Tại bắc chí tuyến ngày hạ chí $\delta = 23^{\circ}27'$ Mặt trời qua kinh tuyến trên ngay tại thiên đỉnh, ta gọi là ngày tròn bóng.



Hình 64

f) Từ Bắc chí tuyến đến xích đạo:
 Xích vĩ Mặt trời thỏa mãn điều kiện có lặn (có mọc nên có ngày đêm đầy đủ khoảng 365 lần trong năm. Độ dài ngày, đêm thay đổi theo mùa. Mặt trời qua kinh tuyến trên lúc ở nam, lúc ở bắc thiên đỉnh. Nó ở đúng thiên đỉnh (tròn bóng) hai lần trong năm vào những ngày xích vĩ Mặt trời bằng vĩ độ địa lý nơi quan sát.



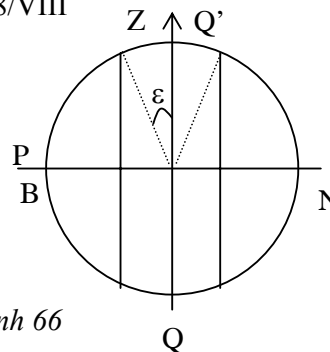
Hình 65

Ví dụ :

Hà nội $\varphi = 21^{\circ}$, tròn bóng : 27/V và 18/VII
 HCMC $\varphi = 10^{\circ}30'$, tròn bóng: 17/IV và 28/VIII

g) Tại xích đạo: $\varphi = 0^{\circ}$

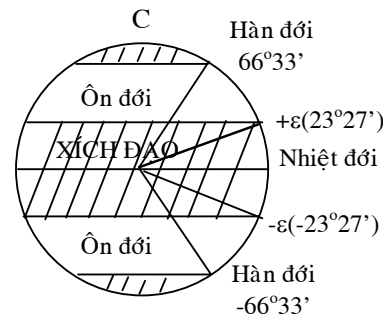
Ngày tròn bóng $\delta = 0^{\circ}$, độ dài ngày luôn bằng đêm. Một năm Mặt trời giao động quanh thiên đỉnh một góc $2\varepsilon = 2 \times 23^{\circ}27' = 46^{\circ}54'$.



Hình 66

3. Các đới khí hậu.

Ta thấy nhiệt lượng ánh sáng thu được ở một nơi Trái đất phụ thuộc vào xích vĩ Mặt trời và vĩ độ nơi quan sát: $E = E_0 \cos \varphi$. Do vậy cùng một ngày nhiệt lượng ở các nơi trên Trái đất thu được khác nhau, tạo nên những đới khí hậu khác nhau.



Hình 67

Ví dụ : Xét ngày thu phân $\delta = 0^{\circ}$
 $E = E_0 \cos \varphi$
 Ở địa cực $\varphi = 90^{\circ}$ $E = 0$
 Ở xích đạo $\varphi = 0^{\circ}$ $E = E_0$
 Do vậy ở xích đạo nóng hơn ở địa cực.

- Người ta chia các đới khí hậu như sau : (hình 67)

Φ từ - 23o27' đến 23o27' : Nhiệt đới

φ từ \pm 23o27' đến (66o33' : Ôn đới

φ từ \pm 66o33' đến (90o : Hàn đới

III. CƠ SỞ TÍNH THỜI GIAN.

Trong sinh hoạt đời sống, sản xuất con người từ xa xưa đã tìm cách ghi nhận các sự kiện theo thời gian. Họ sớm nhận thấy qui luật diễn biến tuần tự, lặp lại một cách chính xác của ngày đêm - mùa màng và dựa vào đó làm cơ sở để tính thời gian. Mỗi một dân tộc có thể có những cách tính thời gian khác nhau, nhưng tựu trung đều dựa vào các qui luật chuyển động của sao, Mặt trời, Mặt trăng là những cái chuẩn ít thay đổi. Ở chương này ta sẽ xét các đơn vị thời gian liên quan tới Mặt trời và sao.

- Với khoảng thời gian dài người ta thường lấy đơn vị năm bốn mùa (hay năm xuân phân), tức thời gian giữa hai lần liên tiếp Mặt trời qua điểm xuân phân γ .

1 năm_{xp} = 365,2422 ngày hay 365 ngày 05 giờ 48 phút 46 giây

Như vậy, đơn vị năm dựa vào qui luật chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời.

- Với đơn vị cơ bản nhỏ hơn người ta dựa vào sự nhật động của bầu trời tức dựa vào qui luật tự quay của Trái đất. Trong thiên văn người ta thường qui ước 3 loại ngày khác nhau:

* Ngày sao: Dựa vào nhật động của sao.

* Ngày Mặt trời thực: Dựa vào sự nhật động của Mặt trời.

* Ngày Mặt trời trung bình: Tính đến cả sự chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời.

1. Ngày sao.

- Ngày sao có độ dài bằng khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp xuân phân γ qua kinh tuyến trên tại nơi quan sát (có kinh độ xác định λ).

- Qui ước: Ngày sao bắt đầu lúc 0h sao, lúc điểm xuân phân γ qua kinh tuyến trên tại nơi quan sát. Do nhật động góc giờ t của điểm γ tăng dần, đạt một vòng 360^0 (trở lại kinh tuyến trên) thì một ngày sao (24^h) đã trôi qua.

- Giờ sao của một nơi có giá trị bằng góc giờ của điểm xuân phân tại nơi đó (s).

1 ngày sao = 24 giờ sao = 24x 60 phút sao

= 24 x 60 x 60 giây sao

(chú ý : có thể viết giờ là h, giây là s)

- Vì γ là điểm tưởng tượng nên không quan sát trực tiếp được trên thiên cầu. Ta xét gián tiếp qua một ngôi sao S nào đó, từ hình 68 ta có :

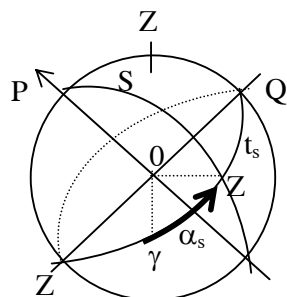
Giờ sao s của một nơi có giá trị bằng cung $\gamma Q'$.

Mà $\gamma Q' = \gamma S' = S'Q'$

$$s = \alpha_s + t_s$$

trong đó α_s , t_s là xích kinh và góc giờ của ngôi sao S.

Khi sao S qua kinh tuyến trên thì $s = \alpha_s(t_s = 0)$



Hình 68

* Vậy giờ sao tại một nơi tại một thời điểm nào đó có giá trị bằng xích kinh của ngôi sao đi qua kinh tuyến trên tại nơi đó vào đúng thời điểm ấy.

Khái niệm ngày sao, giờ sao được sử dụng trong quan trắc thiên văn (trên thế giới có nhiều đài thiên văn có những kính thiên văn kinh tuyến dùng để đo giờ sao). Tuy nhiên nó không phù hợp với đời sống và ít sử dụng.

2. Ngày Mặt trời thực.

- Ngày Mặt trời thực có độ dài bằng khoảng 2 lần liên tiếp mặt trời đi qua kinh tuyến trên tại nơi quan sát. Người ta qui ước:

Ngày Mặt trời thực tại một nơi bắt đầu (0h) lúc Mặt trời qua kinh tuyến dưới tại nơi đó (nửa đêm thực).

Do nhật động góc giờ t_{\odot} của Mặt trời biến thiên. Giờ Mặt trời thực T xác định qua góc giờ của Mặt trời. Vì góc giờ tính theo kinh tuyến trên nên giờ Mặt trời thực sẽ là :

$$T_{\odot} = t_{\odot} + \underbrace{12^h}_{\text{Góc giờ của kinh tuyến dưới}}$$

Khi Mặt trời qua kinh tuyến trên thì giờ Mặt trời thực là :

$$T_{\odot} = 0 + 12h = 12h \text{ (giữa trưa)}$$

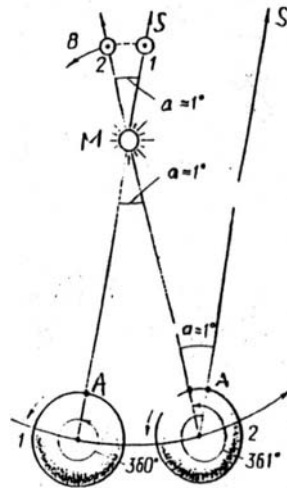
Khi Mặt trời qua kinh tuyến dưới thì

$$T_{\odot} = 12h + 12h = 24h \text{ (nửa đêm)}$$

(Hay 1 ngày Mặt trời hoàn tất, bắt đầu 0h Mặt trời của ngày hôm sau).

* So sánh ngày sao và ngày Mặt trời thực :

Ngày Mặt trời thực dài hơn ngày sao. Ta sẽ giải thích bằng (hình 69)



Hình 69

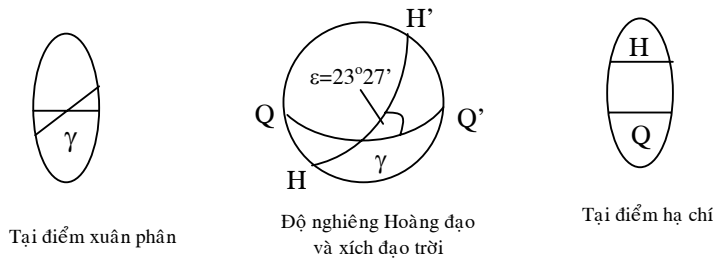
Ngày sao xét theo các sao. Do sao ở xa nên coi như nằm yên và ngày sao đúng bằng chu kỳ tự quay của Trái đất. Còn ngày Mặt trời thực dài hơn chu kỳ tự quay của Trái đất. Giả sử ở vị trí (1) người quan sát ở A thấy Mặt trời qua kinh tuyến trên. Sau đó Trái đất quay một vòng đến vị trí (2). Lúc này phương thẳng đứng ở A đã trở lại song song với phương cũ ở vị trí (1), tức hướng đến ngôi sao cũ S, tức một ngày sao đã kết thúc. Nhưng so với Mặt trời nó còn lệch một góc a (gần 1°). Trái đất phải quay thêm một góc a nữa mất 3ph56giây thì điểm A mới hướng tới Mặt trời, tức một ngày Mặt trời thực mới hoàn tất. Vậy ngày Mặt trời thực dài hơn ngày sao 3ph56giây.

3. Ngày Mặt trời trung bình.

So sánh những ngày Mặt trời thực trong một năm người ta thấy chúng không bằng nhau. Đó là vì những lý do sau :

- Trái đất chuyển động quanh Mặt trời với vận tốc không đều, nhanh ở cận điểm, chậm ở viễn điểm. Do đó góc a mà Trái đất phải quay thêm hằng ngày không đều nhau, dẫn đến ngày Mặt trời thực có độ dài khác nhau.

-Mặt trời di chuyển trên hoàng đạo, nhưng góc giờ lại tính theo cung xích đạo. Giả sử Mặt trời có chuyển động đều đi nửa thì độ biến thiên góc giờ theo chuyển động của Mặt trời trên hoàng đạo cũng không đều. Ở quanh điểm xuân phân γ và thu phân Ω cung hoàng đạo lớn hơn vết chiếu của nó trên xích đạo trời (góc giờ), trái lại quanh điểm đông chí và hạ chí lại bé hơn (Xem h.70).



Hình 70

Vì vậy trong thực tế người ta không sử dụng ngày Mặt trời thực mà sử dụng ngày Mặt trời trung bình, bằng trung bình cộng của tất cả những ngày Mặt trời thực trong năm (ký hiệu là T_m).

4. Phương trình thời gian.

Hiệu số giữa giờ Mặt trời trung bình (T_m) và giờ Mặt trời thực (T) tính tại một thời điểm nào đó gọi là phương trình thời gian (hay thời sai):

$$\eta = T_m - T_{\odot}$$

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

Giá trị của phương trình thời gian η hàng ngày trong năm được in trong lịch thiên văn hàng năm. Dựa vào đó, nếu ta có được giờ thực của Mặt trời qua quan sát, ta sẽ tính được giờ Mặt trời trung bình của ngày hôm đó.

5. Tương quan giữa thời gian sao và thời gian Mặt trời trung bình.

Qua nhiều năm quan sát, người ta tính được mỗi năm xuân phân có 365,2422 ngày MTTB. Vì mỗi ngày Mặt trời hơn ngày sao ≈ 10 nên qua một năm số ngày sao trong một năm xuân phân phải nhiều hơn 1 ngày, tức 366,2422 ngày sao.

Vậy :

$$1 \text{ năm xp} = 365,2422 \text{ ngày MTTB} = 366,2422 \text{ ngày sao}$$

$$1 \text{ ngày MTTB} = \frac{365,2422}{366,2422} \frac{366,2422}{365,2422} \text{ ngày sao}$$

$$1 \text{ ngày sao} = \frac{365,2422}{366,2422} \text{ ngày MTTB}$$

Ta có hệ số :

$$K = \frac{366,2422}{365,2422} = 1,002738$$

$$K' = \frac{365,2422}{366,2422} = 0,997270$$

Trong thiên văn thực hành thường phải đổi từ thời gian Mặt trời sang thời gian sao và ngược lại. Ta có :

$$\Delta S = K \Delta T_m$$

$$\Delta T_m = K' \Delta S$$

Trong đó ΔS : khoảng thời gian sao

ΔT : khoảng thời gian MTTB

Ta có bảng so sánh :

24 giờ MTTB = 24 giờ 03 ph 56 giây, 55 sao

1 giờ MTTB = 1 giờ 00 ph 09,85 giây sao

1 phút MTTB = 1 ph 0,164 giây sao

1 giây MTTB = 1,003 giây sao

Ngược lại :

24 giờ sao = 23 giờ 56 ph 04,09 giây MTTB

1 giờ sao = 59 ph 50,17 giây MTTB

1 phút sao = 59,83 giây MTTB

1 giây sao = 0,99 giây MTTB

6. Các hệ tính thời gian.

a) Giờ địa phương và kinh độ địa lý:

Ta thấy việc xác định giờ tại một nơi liên quan đến kinh tuyến trời tại nơi đó. Kinh tuyến trời lại song song với kinh tuyến Trái đất. Do đó việc xác định giờ liên quan tới kinh độ địa lý của nơi quan sát.

- Giờ được xác định cho một nơi (có độ kinh xác định) được gọi là giờ địa phương tại nơi đó. Đối với các nơi nằm trên cùng một kinh tuyến (có cùng độ kinh λ) thì góc giờ của Mặt trời (hay góc giờ của điểm xuân phân γ) có giá trị như nhau ở cùng một thời điểm. Như vậy các nơi nằm trên cùng một kinh tuyến sẽ có cùng giờ địa phương (theo các thang: giờ sao, giờ Mặt trời thực, giờ MTTB) như nhau.

Hai nơi có độ kinh khác nhau thì góc giờ cũng khác nhau cho cùng một thời điểm.

Người ta thấy: Tại một thời điểm vật lý hiệu số giờ địa phương của 2 nơi bằng hiệu độ kinh của 2 nơi đó (tính theo đơn vị thời gian).

$$s_1 - s_2 = \lambda_1 - \lambda_2$$

$$T_{\odot 1} - T_{\odot 2} = \lambda_1 - \lambda_2$$

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

Chú ý: Độ kinh tính theo đơn vị góc khi đổi ra thời gian thì:

$$360^\circ = 24 \text{ giờ, vậy } 1 \text{ giờ} = 15^\circ$$

$$1 \text{ phút} = 15'$$

$$1 \text{ giây} = 15''$$

$$\text{Đổi ngược lại : } 1^\circ = 4 \text{ ph}$$

$$1' = 4 \text{ giây}$$

$$1'' = 1/15 \text{ giây}$$

$$\text{Ví dụ : Hà nội có độ kinh } -HN = 105^\circ 52'$$

$$\text{Hải phòng } -HP = 106^\circ 43'$$

Tại một thời điểm giờ sao Hà nội là $s_{HN} = 8 \text{ giờ } 10 \text{ ph}$. Giờ sao ở Hải phòng sẽ là bao nhiêu?

Giải

$$\lambda_{HP} - \lambda_{HN} = s_{HP} - s_{HN}$$

$$\Delta\lambda = 106^\circ 43' - 105^\circ 52' = 105^\circ 93' - 105^\circ 52' = 51'$$

$$51' = 3 \text{ ph } 24 \text{ giây}$$

$$s_{HP} = s_{HN} + \Delta\lambda$$

$$= 8\text{giờ}10\text{ph} + 3\text{ph}24\text{gi}$$

$$= 8\text{giờ}13\text{ph}24\text{giây}$$

b) Giờ múi - Giờ quốc tế:

Nếu trong thực tế ta sử dụng giờ địa phương thì sẽ rất bất tiện, vì phải qui đổi cho các nơi có kinh tuyến khác nhau, dù chỉ chút ít. Vì vậy trong thực tế người ta chia Trái đất làm 24 múi, như vậy mỗi múi là 15o, giờ của các kinh tuyến trong cùng một múi là như nhau, giờ các múi khác nhau thì khác nhau. Giờ múi là giờ Mặt trời trung bình địa phương của kinh tuyến chính giữa múi đó: (TM), hai múi liên tiếp nhau có múi giờ khác nhau 1 giờ.

Các múi giờ được đánh số từ 0 giờ đến 23 giờ theo chiều quay của Trái đất. Múi 0h là múi mà kinh tuyến giữa đi qua đài thiên văn Greenwich (London) của Anh. Người ta gọi giờ của múi này là giờ quốc tế To (hay GMT = Greenwich Mean Time). Tại cùng một thời điểm vật lý, khi giờ quốc tế là To thì giờ của múi M sẽ là:

$$T_M = T_o + M$$

Ví dụ: Nước ta múi giờ 7, vậy khi $T_o = 10\text{giờ}$ thì nước ta là $T_M = 10\text{giờ} + 7 = 17\text{giờ}$.

c) Giờ pháp lệnh (hay giờ pháp định):

Trên lý thuyết ta có thể xác định dễ dàng múi giờ tại một nơi khi biết độ kinh λ của nó, bằng cách chia λ cho 15.

Giả sử chia hết được p thì p là số múi giờ.

Nếu có số dư r thì

Nếu $r < 7,5o$ - múi giờ là p

$r > 7,5o$ - múi giờ là p+1

Ví dụ: Tp.HCM $\lambda = 106o40'12''$ chia cho 15o được $p = 7$ dư $r = 1o42'12''$. Vậy $r < 7o,5$ nên Tp.HCM thuộc múi giờ 7.

Tuy nhiên, có nhiều quốc gia trải rộng trên nhiều kinh độ và địa hình có núi non, biển cả... nên để tiện cho việc quản lý người ta thống nhất múi giờ không chỉ tuân theo cách chia đều Trái đất đơn thuần mà còn theo địa hình. Giờ này gọi là giờ pháp lệnh (hay pháp định). Đôi khi chỉ vì lý do chính trị người ta cũng lấy giờ pháp định khác giờ múi địa lý. Ví dụ: Nước ta về địa lý thuộc múi giờ 7. Nhưng khi bị Nhật chiếm, vì múi giờ của Nhật là 8 nên bắt ta lấy giờ là múi 8. Thời Ngô Đình Diệm cũng lấy múi giờ 8 với lý do “Bất cộng đái thiên” với miền Bắc xã hội chủ nghĩa (múi 7).

Khi đi từ múi giờ này sang múi giờ khác ta phải chỉnh đồng hồ cho đúng giờ địa phương hay giờ pháp định của nơi đó.

d) Đường đổi ngày:

Do mỗi nơi trên Trái đất có giờ khác nhau (24 múi giờ), mà Trái đất lại quay 24 giờ được 1 vòng (1 ngày). Cho nên nếu ta di chuyển từ múi giờ này sang múi giờ khác và có tính đến chuyển động của Trái đất thì ta phải hiệu chỉnh cho đúng, kéo nhầm lẫn.

Khi ta đi quanh Trái đất từ tây sang đông (chiều tăng của số theo múi) thì ta phải tăng đồng hồ. Nếu đi theo chiều ngược lại thì qua mỗi múi ta phải giảm đồng hồ 1 giờ.

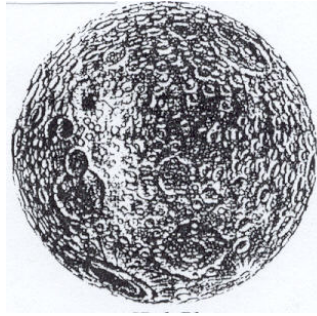
Nhưng nếu vậy ta sẽ (tăng hoặc giảm) thêm giờ vào với giờ thực của một nơi trên Trái đất. Ví dụ: Nếu ta rời một nơi trên Trái đất vào lúc 6 giờ ngày mùng 1 và mỗi ngày đi được 1 múi, ta chỉnh lên 1 giờ. Vậy sau 24 ngày ta đi tròn vòng Trái đất và trở về vào ngày 25. Nhưng mỗi khi qua 1 múi ta đã chỉnh đồng hồ 1 giờ. Vậy qua 24 múi được 1 ngày cho nên ngày ta về nơi cũ theo đồng hồ tay sẽ là ngày 26. Trong khi đồng hồ để ở nhà là ngày 25. Rõ ràng ta đã bị nhầm 1 ngày. (Đoàn thám hiểm của Magellan năm 1521 đã bị như vậy). Để tránh nhầm lẫn người ta qui định đường đổi ngày dọc theo kinh tuyến 180o (qua Thái Bình Dương). Nếu người đi theo chiều quay Trái đất (tây qua đông) thì khi qua đây phải giảm đi 1 ngày ở đồng hồ đeo tay của mình. Còn người đi theo chiều ngược lại (đông qua tây) thì tăng lên 1 ngày để phù hợp với lịch của nơi sẽ đến.

D- CHUYỂN ĐỘNG CỦA MẶT TRĂNG.

I. CHUYỂN ĐỘNG XUNG QUANH TRÁI ĐẤT.

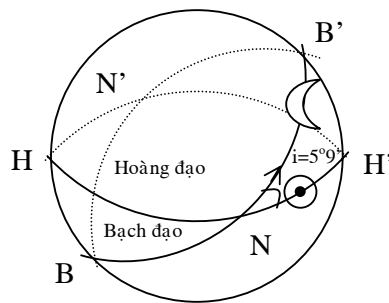
1. Mặt phẳng quỹ đạo - Nhiễu loạn.

Mặt trăng là vệ tinh duy nhất và là thiên thể ở gần Trái đất nhất. Nó có quan hệ rất mật thiết với Trái đất. Chủ yếu Mặt trăng chuyển động quanh Trái đất dưới tác dụng của lực hấp dẫn của Trái đất (thực ra là chuyển động quanh khối tâm chung, vì Mặt trăng khá nặng so với Trái đất). Tuy nhiên Mặt trăng còn chịu ảnh hưởng của Mặt trời nên quỹ đạo bị nhiễu loạn. Hơn nữa, từ Trái đất quan sát Mặt trăng thì do Trái đất tự quay và quay quanh Mặt trời nên quỹ đạo biểu kiến của Mặt trăng rất phức tạp. Do đó chuyển động của Mặt trăng là một bài toán rất phức tạp trong thiên văn, ở đây chỉ xin giới thiệu một số nét.



Hình 71

- Mặt trăng chuyển động quanh Trái đất theo quỹ đạo elip không dẹt lắm (Tâm sai $e = 0,055$). Mặt phẳng quỹ đạo của nó (gọi là bạch đạo) nghiêng với mặt phẳng quỹ đạo Trái đất (Hoàng đạo) một góc $i = 5^{\circ}9'$. Chu kỳ chuyển động là 27,32 ngày, gọi là tháng sao. Thực ra, do tiến động, chu kỳ chuyển động một vòng (360°) quanh Trái đất của Mặt trăng ngắn hơn khoảng 7 giây so với tháng sao. Chiều chuyển động là từ tây sang đông (như chiều quay của Trái đất quanh Mặt trời). Bán trục lớn quỹ đạo là 384.400km. Do nhiễu loạn góc i có thể thay đổi từ $4^{\circ}48'$ đến $5^{\circ}20'$ và các thông số về bán trục lớn cũng có xê xích. Đường cắt giữa mặt phẳng hoàng đạo và bạch đạo là tiết tuyến, với 2 tiết điểm N (tiết điểm lên), N' (tiết điểm xuống). Hai điểm này do nhiễu loạn cũng bị di dịch, khoảng 105 trong một tháng sao ngược chiều với chiều chuyển động của Mặt trăng. Do đó thời gian để Mặt trăng trở về 1 tiết điểm nhất định gọi là tháng tiết điểm sẽ là: $TTĐ = 27,21$ ngày.



Hình 72

Do tiết điểm di động nên xích vĩ Mặt trăng cũng thay đổi rất phức tạp. Khi điểm xuân phân γ trùng với tiết điểm lên N (tức điểm thu phân Ω trùng với tiết điểm N') thì trong tháng sao đó xích vĩ Mặt trăng dao động trong khoảng :

$$\delta = \pm(\varepsilon + i) = \pm(23^{\circ}27' + 5^{\circ}9') = \pm 28^{\circ}36'$$

Còn khi điểm xuân phân γ trùng với tiết điểm xuống N' thì xích vĩ Mặt trăng dao động :

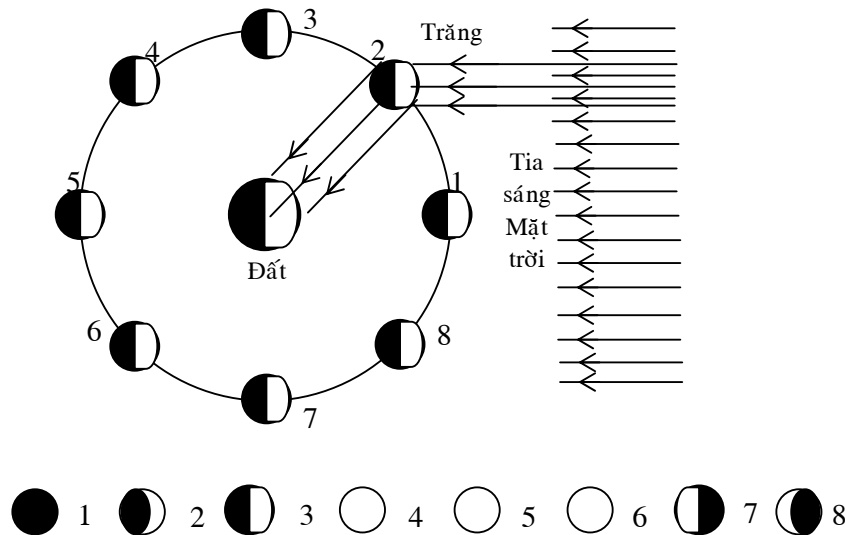
$$\delta = \pm(\varepsilon - i) = \pm(23^{\circ}27' - 5^{\circ}9') = \pm 18^{\circ}18'$$

Như vậy xích vĩ Mặt trăng, cũng như Mặt trời, thay đổi trong năm, làm cho thời điểm lặn, mọc và qua kinh tuyến trên v, v... của Mặt trăng cũng thay đổi.

Tuy nhiên, điều kiện nhìn thấy của Mặt trăng còn có đặc điểm khác nữa. Ta xét sau đây.

2. Các pha của tuần trăng.

a) *Các pha của tuần trăng:* Mặt trăng là thiên thể nguội, không phát sáng. Ta nhìn thấy nó sáng vì nó phản chiếu ánh sáng Mặt trời. Nhưng trong khi Mặt trăng quay quanh Trái đất thì Trái đất lại quay quanh Mặt trời nên Mặt trăng phản xạ ánh sáng Mặt trời lúc ít, lúc nhiều. Vì vậy ta thấy nó lúc tròn, lúc khuyết.



Hình 73. Các pha của tuần trăng

Trên hình 73 ta giả sử tia sáng Mặt trời là những tia song song và nằm trong mặt phẳng Hoàng đạo. Tia Mặt trời làm với tia sáng phản chiếu từ Mặt trăng đến Trái đất một góc (gọi là góc pha). Tùy vị trí của Mặt trăng so với Trái đất và Mặt trời ta sẽ có góc pha khác nhau, ứng với hình dạng khác nhau của Mặt trăng. Chú ý là phần Trái đất được chiếu sáng là ban ngày, không thấy Mặt trăng. Chỉ có phần tối của Trái đất (ban đêm) mới có thể nhìn thấy Mặt trăng.

Có 4 pha cơ bản của Mặt trăng là:

- Ở vị trí 1: $\varphi = 180^{\circ}$ gọi là pha Giao hội, thường ứng vào ngày đầu tháng trăng, gọi là ngày sóc của tuần trăng. Ở phần tối của Trái đất (đêm) không thấy trăng nên đây là kỳ không trăng. Ở kỳ này nếu Mặt trời, Mặt trăng, Trái đất thẳng hàng thì Mặt trăng sẽ che khuất Mặt trời giữa ban ngày (Nhật thực). Nhưng vì mặt phẳng bạch đạo có thể không trùng với hoàng đạo nên có thể không che khuất. (Ta sẽ xét kỹ sau)

Từ vị trí 1 đến vị trí 3 Mặt trăng xuất hiện như một lưỡi liềm mỏng gọi là trăng non.

- Ở vị trí 3: $\varphi = 90^{\circ}$ ta đã thấy được nửa vàng trăng. Đó là kỳ thượng huyền, thường vào ngày 7, 8 của tuần trăng.

- Từ vị trí 3 đến vị trí 5 Mặt trăng tròn dần.

- Ở vị trí 5: $\varphi = 0^{\circ}$ gọi là pha xung đối, thường vào ngày 14, 15, 16 của tuần trăng gọi là ngày rằm hay ngày vọng. Ở phần tối của Trái đất (đêm) thấy Mặt trăng phản xạ toàn bộ ánh sáng Mặt trời, hay trăng tròn. Tuy nhiên, đó là do độ nghiêng giữa hoàng đạo và bạch đạo. Nếu 3 thiên thể trời, đất, trăng thẳng hàng thì bóng Trái đất sẽ che Mặt trăng (nguyệt thực).

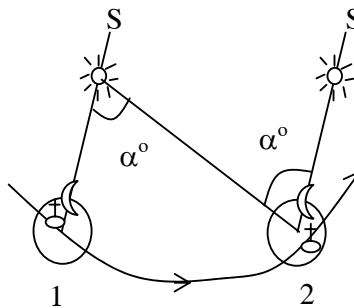
- Từ vị trí 5 đến 7 Mặt trăng khuyết dần.

- Ở vị trí 1: $\varphi = 270^\circ$ ta cũng thấy còn nửa vầng trăng gọi là trăng hạ huyền (ngày 22, 23, 24 của tuần trăng).

- Từ đó trở đi trăng khuyết dần và trở về pha đầu (không trăng).

Khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp của cùng một pha của Mặt trăng được gọi là một tuần trăng hay một tháng giao hội (hay một sóc sách). Tháng giao hội thường được dùng làm cơ sở tính thời gian trong nhiều quốc gia - gọi là âm lịch (ta xét sau). Về độ dài nó khác tháng sao.

b) So sánh tháng sao và tháng giao hội: Mặt trăng chuyển động quanh Trái đất, nếu như Trái đất đứng yên thì sẽ hết một tháng sao $T_s = 27,32$ ngày. Nhưng do Trái đất chuyển động quanh Mặt trời nên khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp của một pha nào đó của Mặt trăng (tháng giao hội) sẽ lớn hơn tháng sao. Tháng giao hội là $T_g = 29,53$ ngày. Ta đi tìm mối liên hệ giữa tháng sao, tháng giao hội và chu kỳ chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời: năm xuân phân (T).



Hình 74

Trên hình ta thấy: trong 1 tháng giao hội (T_g) Trái đất đi được 1 cung (α trên quỹ đạo của nó mất một thời gian là $\alpha^\circ \frac{T}{360^\circ}$ $T_g = \alpha^\circ \frac{T}{360^\circ}$ (1)

- Còn Mặt trăng đi hết một vòng quanh Trái đất và hướng đến ngôi sao cũ mất 1 tháng sao. Nhưng khi đó Trái đất đi đến vị trí 2, Mặt trăng không giao hội với Mặt trời. Vậy Mặt trăng phải đi tiếp một góc α để giao hội với Mặt trời. Thế là Mặt trăng phải vạch một cung $360^\circ + \alpha$ trong thời gian $T_s + \alpha^\circ \frac{T_s}{360^\circ}$. Đó cũng chính là tháng giao hội.

$$T_g = T_s + \alpha^\circ \frac{T_s}{360^\circ} \quad (2)$$

Từ (1) rút ra $\alpha^\circ = T_g \cdot \frac{360^\circ}{T}$

Thế vào (2) :

$$T_g = T_s + T_g \frac{360^\circ}{T} \cdot \frac{T_s}{360^\circ}$$

$$T \cdot T_g = T_s T + T_g T_s$$

Chia hai vế cho $T T_g T_s$

$$\frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_g} + \frac{1}{T}$$

hay:

$$\frac{1}{T_g} = \frac{1}{T_s} - \frac{1}{T}$$

Thay số:

$$T_g = \frac{T - T_s}{TT_s} = \frac{365,2422 - 27,32}{365,2422 \times 27,32}$$

$$T_g = 29,53 \text{ ngày}$$

3. Quan sát chuyển động thực của Mặt trăng.

Mặt trăng quay quanh Trái đất, nhưng Trái đất lại quay quanh Mặt trời. Kết hợp lại một năm Mặt trăng cũng quay quanh Mặt trời.

Tại một nơi trên Trái đất ta thấy Mặt trăng biến đổi trong một tháng như sau:

- Vào ngày đầu tuần trăng (mùng 1 - ngày sóc (Giao hội) Mặt trăng cùng mọc với Mặt trời. Do đó ban ngày ta không thấy được Mặt trăng vì trời quá sáng. Ban đêm Mặt trăng lặn khuất xuống đường chân trời cùng với Mặt trời nên không có trăng.

- Do Mặt trăng quay quanh Trái đất 360o hết 27,32 ngày nên mỗi ngày nó đi được $\frac{360}{27,32}$. Vậy giả sử ngày mùng 1 tại vị trí A trên Trái đất thấy Mặt trăng mọc (cùng với Mặt trời) vào lúc 6h thì ngày hôm sau Trái đất phải quay thêm 13o2 thì điểm A mới thấy trăng. Có nghĩa là mỗi ngày Mặt trăng mọc chậm hơn hôm trước (cũng có nghĩa là chậm hơn Mặt trời) một thời gian $t = \frac{24 \text{ giờ} \times 60 \text{ ph}}{360^\circ} \times 13^\circ 2' \approx 52 \text{ ph}$. (Trong thực tế do bạch đạo thay đổi nên

t hàng ngày không giống nhau, có hôm sớm 20ph, có hôm trễ 80ph). Như vậy từ mùng 1 đến mùng 7, mùng 8 (thượng huyền) mỗi ngày Mặt trăng mọc chậm đi một chút so với Mặt trời nên ta có thể nhìn thấy Mặt trăng. Nó có hình lưỡi liềm, hướng đầu nhọn lên trên (sinh viên tự giải thích).

- Đến ngày thượng huyền Mặt trăng đi được $\frac{1}{4}$ quỹ đạo của mình và mọc chậm hơn Mặt trời khoảng 6giờ. Tức khi Mặt trời ở giữa trưa (12giờ) thì Mặt trăng mọc, ta không thấy. Và khi Mặt trời lặn thì Mặt trăng bán nguyệt đã ở giữa đỉnh đầu chúng ta.

- Từ thượng huyền đến giữa tháng, Mặt trăng ở trên bầu trời đêm lâu hơn và tròn dần.

- Đến kỳ xung đối (ngày 14, 15, 16 của tuần trăng - ngày rằm) Mặt trăng tròn đầy và xuất hiện ở chân trời lúc Mặt trời lặn, lên giữa đỉnh đầu lúc nửa đêm và lặn xông dưới đường chân trời lúc rạng sáng. Như vậy Mặt trăng mọc chậm hơn Mặt trời nửa ngày (Mặt trăng 6h, Mặt trời 18h) và chuyển động trên bầu trời suốt đêm, rất tiện quan sát.

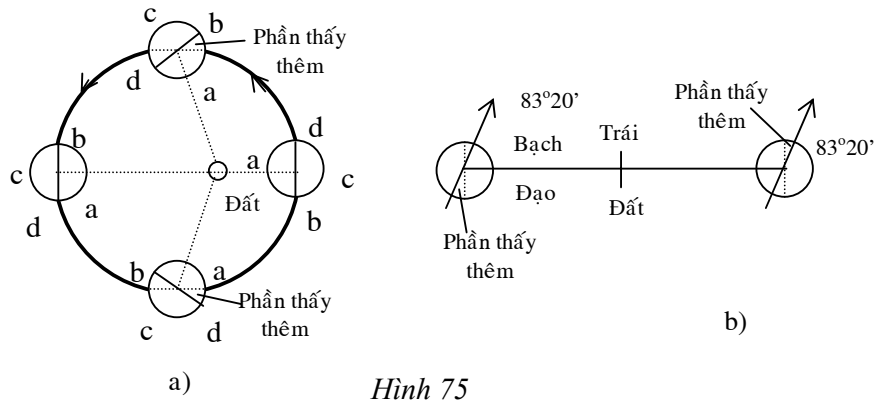
- Sau đó Mặt trăng khuyết dần và mọc chậm đi.

- Đến kỳ hạ huyền (22, 23 ngày âm lịch) Mặt trăng đi được $\frac{3}{4}$ quỹ đạo, nó mọc lúc nửa đêm (Mặt trăng 6h, Mặt trời 24h) và chỉ có nửa vầng trăng. Đến sáng, Mặt trời mọc, Mặt trăng đã lên đỉnh đầu nên ban mai ta vẫn thấy trăng.

- Từ hạ huyền đến cuối tháng là kỳ trăng tàn. Do trăng mọc vào gần sáng nên khi sáng ra ta vẫn thấy trăng lưỡi liềm mờ mờ, hướng đầu nhọn lên bầu trời. Sau đó Mặt trăng lại trở về vị trí giao hội. Vòng chuyển động của Mặt trăng lại lặp lại như tháng trước.

II. CHUYỂN ĐỘNG TỰ QUAY.

Ngoài chuyển động quanh Trái đất Mặt trăng còn tự quay. Chu kỳ tự quay đúng bằng chu kỳ quay quanh Trái đất (27, 32 ngày, hay 27 ngày 7 giờ 43ph 11,5 giây). Chiều tự quay trùng với chiều chuyển động quanh Trái đất (tây sang đông). Do vậy, Mặt trăng luôn luôn chỉ hướng một nửa nhất định về phía Trái đất. Tuy nhiên, do trục tự quay của Mặt trăng không vuông góc với Bạch đạo, mà làm một góc 83o20' và do quỹ đạo quanh Trái đất là elíp nên từ Trái đất ta có thể nhìn thấy từ 60% bề mặt của Mặt trăng (hình 75)



Hình 75

- Như vậy, do chuyển động tự quay, ngày sao trên Mặt trăng đúng bằng tháng sao trên Trái đất, tức 27,32 ngày Trái đất. Ngày Mặt trời thực của Mặt trăng bằng tháng giao hội (29,53 ngày Trái đất) (sinh viên tự chứng minh).

- Mặt phẳng xích đạo Mặt trăng làm với hoàng đạo một góc $1030'$ và với mặt phẳng bạch đạo một góc $6040'$. Ba mặt phẳng này cắt nhau theo đường tiết tuyến NN'. Điều này do nhà thiên văn Pháp Casini tìm ra năm 1721.

- Trục quay của Mặt trăng bị đảo trong không gian do hiện tượng tiến động với chu kỳ 18,61 năm (tức 18 năm 7 tháng). Vì vậy tiết điểm di chuyển trên hoàng đạo từ đông sang tây, mỗi năm được một cung 1903 hay 105 trong 1 tháng sao. Vì vậy, thời gian để Mặt trăng trở lại tiết điểm nào đó (chính là tháng tiết điểm hay tháng rông) sẽ có độ dài là:

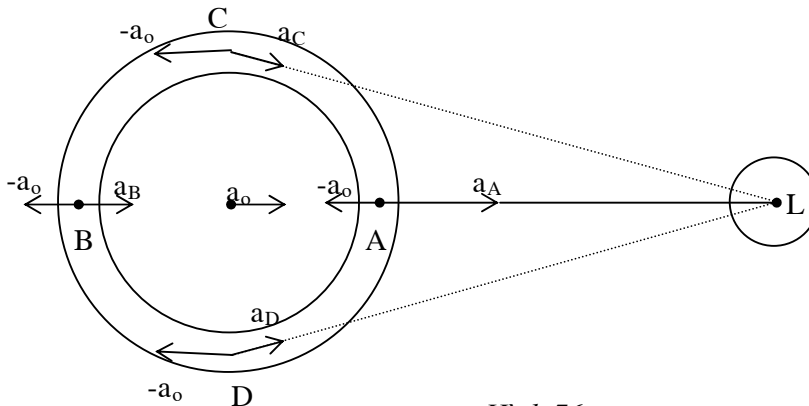
$$\begin{aligned} \text{TTĐ} &= T_s - \frac{1^{\circ}5}{13^{\circ}2} = 27,32 (0,11) \\ &= 27,21 \text{ ngày} \end{aligned}$$

(Chú ý: 1302 là cung đường Mặt trăng đi được trong 1 ngày trên bạch đạo).

III. ẢNH HƯỞNG CỦA MẶT TRĂNG ĐỐI VỚI TRÁI ĐẤT - THỦY TRIỀU.

Mặt trăng là thiên thể ở gần Trái đất nhất nên gây nhiều ảnh hưởng đến Trái đất. Trong đó, đáng kể nhất là hiện tượng thủy triều.

Thủy triều là hiện tượng mực nước ở ven biển, cửa sông tại một nơi lên, xuống theo chu kỳ đúng bằng khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp Mặt trăng qua kinh tuyến trên tại nơi đó. Nguyên nhân của thủy triều là do lực hấp dẫn giữa Mặt trăng và Trái đất. Vì Trái đất không hoàn toàn rắn mà có lớp nước bao bọc bên ngoài nên gia tốc do Mặt trăng truyền cho các phần của Trái đất là không giống nhau; gia tốc tổng hợp làm phần nước chuyển động, gây ra thủy triều.



Hình 76

Ta giải thích cụ thể dựa vào hình vẽ như sau:

Gia tốc hấp dẫn do Mặt trăng truyền cho Trái đất phụ thuộc vào khoảng cách đến Mặt trăng. Vì vậy mà $a_A > a_0 > a_B$ (O là tâm Trái đất; A, B là 2 điểm đối tâm nằm trên đường thẳng nối tâm Trái đất và Mặt trăng).

- Cũng tương tự với điểm C và D là a_C và a_D (C và D là 2 điểm đối tâm : $CD \perp AB$).

Ta có :

$$a_A = G \frac{m}{(r - R)^2}$$

$$a_0 = G \frac{m}{r^2}$$

$$a_B = G \frac{m}{(r + R)^2}$$

Hướng các gia tốc này hướng về Mặt trăng (R: Bán kính Trái đất, r : khoảng cách từ tâm Trái đất đến Mặt trăng).

- Ở tại A tâm Trái đất (rắn) truyền cho lớp nước ở đây một gia tốc - \vec{a}_0 , có giá trị bằng a_0 và hướng về tâm.

- Ở tại B, tâm Trái đất cũng truyền cho lớp nước gia tốc - \vec{a}_0 (tức bằng a_0 và hướng ngược với \vec{a}_0)

- Cũng tương tự với các điểm C, D

- Tổng hợp các gia tốc tại A :

$\vec{a}_A - \vec{a}_0$ sẽ có giá trị là:

$$\begin{aligned} a &= GM \left[\frac{1}{(r - R)^2} - \frac{1}{r^2} \right] \\ &= Gm \frac{2rR - R^2}{(r - R)^2 r^2} \approx \frac{2Gm}{r^3} \text{ do } R \ll r \end{aligned}$$

Gia tốc này hướng ra ngoài, kéo lớp nước ở đây dâng lên (nước lớn).

- Tổng hợp ở B:

$\vec{a}_B - \vec{a}_0$ sẽ có giá trị là:

$$\begin{aligned} a &= GM \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r + R)^2} \right] \\ &\approx \frac{2GM}{r^3} \end{aligned}$$

Vì $-\vec{a}_0$ có giá trị lớn hơn $-\vec{a}_B$ nên gia tốc tổng hợp sẽ hướng ra ngoài kéo lớp nước ở đây dâng lên.

Ở C và D gia tốc tổng hợp sẽ hướng vào trong, kéo lớp nước hạ xuống (nước ròng).

* Như vậy, do Trái đất quay 1 điểm trên Trái đất trong 1 ngày sẽ đi qua 4 vị trí A, B, C, D đối với Mặt trăng, tức có 2 lần nước lên và 2 lần nước xuống (hay nước lớn và nước ròng) tại nơi đó. Đó chính là hiện tượng thủy triều.

- Trong những ngày trăng - đất - trời thẳng hàng (Giao hội, xung đối) lực hấp dẫn của Mặt trời, dù ở xa, cũng trở nên đáng kể hơn, làm cho thủy triều lên xuống mạnh hơn gọi là ngày con nước ròng. Còn vào những ngày huyền, thủy triều yếu nhất, gọi là ngày con nước kém.

+ Trong thực tế chế độ thủy triều ở các bờ biển phức tạp hơn vì còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác.

E- MỐI QUAN HỆ ĐỊA (NHẬT-NGUYỆT).

I. LỊCH.

Lịch là một hệ thống đếm các khoảng thời gian như : Ngày, tuần lễ, tháng, mùa, năm, thế kỷ... theo một qui tắc nhất định. Thường nó dựa vào các chu kỳ trong tự nhiên như chuyển động biểu kiến của Mặt trời, Mặt trăng trên bầu trời sao mà ta quan sát được từ Trái đất. Thông thường thiên văn có 3 đơn vị quan trọng nhất để làm lịch là: ngày Mặt trời, tuần trăng và năm xuân phân.

Tuần trăng và năm xuân phân có con số lẻ, lại không chia hết cho nhau. Đó là khó khăn rất lớn cho việc làm lịch và cũng làm nảy sinh nhiều loại lịch khác nhau: các loại âm lịch thường hướng theo xấp xỉ tuần trăng, dương lịch xấp xỉ năm xuân phân. Việc cố gắng dung hòa cả 2 loại lịch đó cho ra các loại âm dương lịch.

Trong lịch sử, âm lịch xuất hiện trước. Hiện nay một số nước Hồi giáo vẫn dùng lịch này. Tuy nhiên, vì không phản ánh đúng mùa màng nên người ta ít chuộng và phần đông chuyển sang dùng dương lịch. Một số nước sử dụng lịch âm (dương, trong đó có Việt Nam. Trong lịch sử Việt Nam ta vốn là một nước nông nghiệp và chịu ảnh hưởng mạnh của văn hóa Trung Quốc nên ta sử dụng âm lịch, thường dựa theo lịch Trung quốc, nhưng cũng có lúc độc lập. Sau này, khi thuộc Pháp ta sử dụng dương lịch. Hiện nay lịch Việt nam là dương lịch soạn theo múi giờ 7, nhưng cũng có thêm phần âm lịch để tôn trọng tập quán của nhân dân (lễ tết, cúng bái). Nhưng đây cũng là loại âm lịch cải tiến (âm dương). Ta sẽ tìm hiểu cụ thể từng loại lịch.

1. Dương lịch.

Cơ sở dựng năm dương lịch là độ dài của năm xuân phân (chu kỳ bốn mùa). Nhưng năm xuân phân là một số lẻ 365,2422 ngày. Năm dương lịch phải được sắp xếp sao cho có số nguyên ngày xấp xỉ một cách tốt nhất với năm xuân phân. Cơ sở toán học của nó là dùng thuật toán Euclide (Óclit) để phân tích phần lẻ của năm xuân phân ra phân số :

$$0,2422 = \frac{24220}{100000} = \frac{1}{4}; \frac{7}{29}; \frac{8}{33} \text{ v.v...}$$

Các phân số trên có nghĩa là:

ê: Cứ 4 năm có 1 năm nhuận

ê: Cứ 33 năm có 8 năm nhuận

(Ghi chú : Năm thường 365 ngày, năm nhuận 366 ngày)

Còn 1 phân số khác cũng được sử dụng là $\frac{1}{4}$

Theo lịch sử, dương lịch được coi là bắt đầu từ thời hoàng đế La mã là Julius Caesar năm 63 (TCN) và được chỉnh lại năm 46 (TCN).

(*Lịch Julius: Cứ 4 năm thì có 1 năm nhuận (là năm có con số chia hết cho 4).* Như vậy độ dài trung bình hàng năm là:

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

tức sai so với năm xuân phân là 0,0078 ngày, sau 400 năm sai gần 3 ngày.

Lịch Julius qui định tháng: tháng lẻ 31 ngày, chẵn có 30 ngày; tháng 2 có 29 ngày (nếu nhuận: 30 ngày). Đến năm 46 (TCN) người ta điều chỉnh lịch này để khắc phục sai số, khiến năm này bị dài ra.

Sau đó hoàng đế Auguste lại điều chỉnh lại bằng cách bỏ một số năm nhuận và điều chỉnh tháng. Trong đó các tháng mang tên hoàng đế Julius (tháng 7), August (tháng 8) đều có 31 ngày. Vì vậy tháng 2 có 28 ngày (nhuận thì 29 ngày), tháng 10, 12 có 31 ngày, tháng 9, 11 có 30 ngày.

Đồng thời trong thời gian này Thiên chúa giáo toàn thắng. Người ta lấy năm sinh của chúa Jesus làm năm đầu công lịch (gọi là năm thứ nhất sau CN), trước đó gọi là trước công nguyên (TCN) (chú ý không có năm thứ không của công nguyên).

- Mãi cả ngàn năm sau người ta nhận ra lịch Julius do năm trung bình là 365,25 ngày nên đã không còn phản ánh đúng thời tiết nữa. Năm 1582 giáo hoàng Gregorius đã cho cải cách lại dương lịch. Theo đó lấy năm trung bình là 365, 2425 ngày, cứ 400 năm thì có 97 nhuận. Cụ thể: ngoài cách tính năm nhuận như Caesar, những năm cuối thế kỷ mà con số thế kỷ không chia hết cho 4 thì không nhuận.

Để chỉnh lại sai lệch đã tích lũy nhiều năm, người ta qui ước sau ngày 4.10.1582 là ngày 15(10(1582; bỏ hẳn mười ngày. Vậy ngày xuân phân sẽ là 21.3.

Lịch này vẫn còn sai số, nhưng rất nhỏ: $365,2425 (365,2422= 0,0003$ ngày tức cứ sau 3300 năm thì sai 1 ngày.

Hiện nay người ta đang có xu hướng cải tiến lịch sao cho thuận tiện, nhất là vấn đề qui định số ngày trong tuần và tháng. Nhưng chưa có phương án nào được chấp nhận.

Chú ý rằng giây (s) là đơn vị đo thời gian, một đơn vị cơ bản của vật lý trước kia được định nghĩa theo ngày Mặt trời trung bình của năm xuân phân, nhưng không mấy chính xác. Ngày nay người ta định nghĩa giây theo các hiện tượng xảy ra trong nguyên tử. Vì vậy nó chính xác hơn. Cho nên có những năm người ta tuyên bố phút cuối cùng là 61 giây.

2. Âm lịch.

Âm lịch là lịch theo Mặt trăng. Chọn tháng có số nguyên ngày xấp xỉ tuần trăng là 29,53 ngày. Tháng thiếu có 29 ngày, tháng đủ có 30 ngày. Một năm có 12 tháng, trung bình 29,53 (12 = 354,367 ngày. Vậy năm thường có 354 ngày. Năm nhuận có 355 ngày. Chu kỳ năm nhuận được xác định như sau:

Theo thuật toán Euclide phân tích phần lẻ là:

$$\frac{367}{1000} = \frac{1}{2}; \frac{1}{3}; \frac{3}{8}; \frac{7}{9}; \frac{11}{30}$$

Trong thực tế có 2 chu kỳ được dùng. 3/8 là chu kỳ Thổ Nhĩ Kỳ: trong 8 năm có 3 nhuận; 11/30 là chu kỳ Ả-rập: cứ 33 năm có 11 năm nhuận.

Đặc điểm của âm lịch là bao giờ nhật thực cũng xảy ra vào ngày sóc (mùng 1) và nguyệt thực là ngày trăng tròn (ngày vọng). Khoảng thời gian giữa 2 lần nhật thực là một số nguyên lần tuần trăng.

Lịch âm có số ngày trong năm ngắn hơn năm xuân phân tới 10 ngày. Cứ 3 năm âm lịch thì sai với chu kỳ bốn mùa 1 tháng, 9 năm thì 3 tháng. Vì vậy năm âm lịch chỉ có khả năng tính thời gian chứ không phản ánh thời tiết.

3. Âm dương lịch.

Để khắc phục nhược điểm trên người ta cải tiến âm lịch bằng cách thêm vào năm nhuận có tháng 13. Cơ sở toán học là: lấy số ngày năm xuân phân chia cho số ngày tuần trăng:

$$\frac{365,2422}{29,53059} = 12 \frac{1087512}{2953059}$$

Có nghĩa là một năm cần có 12 tuần trăng và còn lẻ tháng. Phần lẻ phân tích tiếp là:

$$\frac{1087512}{2953059} = \frac{1}{2}; \frac{1}{3}; \frac{3}{8}; \frac{4}{11}; \frac{7}{19}$$

Người ta thường dùng chu kỳ 7/19 (Meton) có nghĩa là trong 19 năm có 7 nhuận. So với năm xuân phân thì:

$$\begin{aligned} 19 \text{ năm XF} &= 365,2422 (19 &= 6939,60 \text{ ngày} \\ 19 \text{ năm ADL} &= (19 \times 12) + 7 &= 235 \text{ tháng} \\ &= 29,53 \times 235 &= 6939, 55 \text{ ngày} \end{aligned}$$

Như vậy là chu kỳ này làm cho âm lịch phản ánh 4 mùa tốt hơn. Nhưng độ dài các năm âm lịch quá lệch nhau (năm thường 354÷ 355 ngày, nhuận 384 (385 ngày).

Cách xác định năm nhuận âm dương lịch:

Ta có công thức : $N = 19 \times q + x$

N : con số năm dương lịch

q : thương số của N chia 19

x : số dư

Nếu $x = 0, 3, 6, 9, 11, 14, 17$ thì năm đó nhuận.

Ví dụ : Năm 1999

Chia cho 19 $\Rightarrow q = 106; x = 3$: nhuận

- Còn nhuận vào tháng nào thì tính phức tạp hơn, liên quan đến lịch khí tiết, ta không xét ở đây.

Ở Việt Nam âm lịch là lịch âm dương, thường được in cùng với dương lịch. Nhưng dương lịch được lấy làm quốc lịch, còn âm lịch chỉ vì tôn trọng tập quán xưa mà thôi.

II. NHẬT - NGUYỆT THỰC).

Nhật - Nguyệt thực là hiện tượng che khuất lẫn nhau giữa 3 thiên thể: Mặt trời, Mặt trăng và Trái đất.

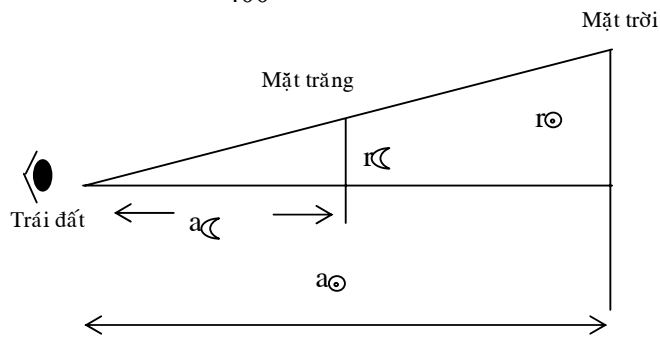
Vào kỳ giao hội (ngày sóc) Mặt trăng đứng giữa Trái đất và Mặt trời vào ban ngày, làm cho Mặt trời bị tối sầm (Nhật thực).

Vào kỳ xung đối Trái đất ở giữa Mặt trời và Mặt trăng, không cho ánh sáng từ Mặt trời chiếu đến Mặt trăng. Mặt trăng không phản chiếu ánh sáng Mặt trời nên đang đêm rằm bỗng nhiên không có trăng (Nguyệt thực).

Những hiện tượng trên từ xưa loài người đã biết đến và rất sợ hãi. Ngày nay khoa học đã có thể giải thích tường tận và dự báo một cách chính xác.

Sở dĩ Mặt trăng nhỏ hơn Mặt trời nhưng che khuất được Mặt trời là vì sự đồng dạng phối cảnh giữa chúng: tỷ lệ giữa bán kính Mặt trăng và Mặt trời đúng bằng tỷ lệ khoảng cách giữa chúng và Trái đất. (Hình 77)

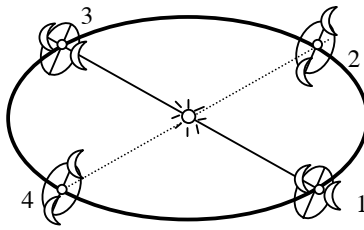
$$\frac{r_{\text{☾}}}{r_{\text{☉}}} = \frac{a_{\text{☾}}}{a_{\text{☉}}} \approx \frac{1740}{696000} \approx \frac{384400}{149000000} \approx \frac{1}{400}$$



Hình 77

1. Điều kiện tổng quát để xảy ra nhật, nguyệt thực.

Nếu mặt phẳng chuyển động của Mặt trăng và Mặt trời (biểu kiến) trùng nhau (tức Bạch đạo trùng Hoàng đạo) thì 3 thiên thể: trăng, trời, đất luôn thẳng hàng khi giao hội và xung đối. Vậy tháng nào ta cũng có hai lần nhật - nguyệt thực.

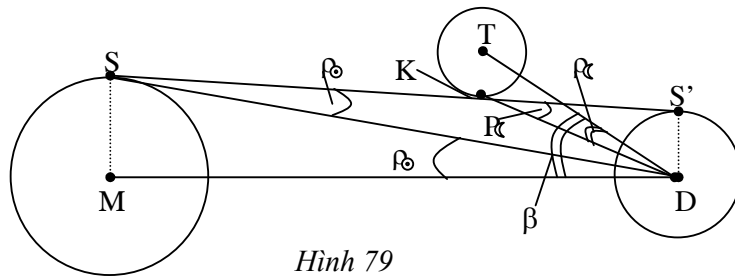


Hình 78

Nhưng vì hai mặt phẳng hoàng đạo và bạch đạo không trùng nhau nên vào những kỳ trên 3 thiên thể này có khi không thẳng hàng. Chỉ khi Mặt trời, Mặt trăng giao hội hay xung đối trên tiết tuyến thì chúng mới thẳng hàng. Hình 78 biểu diễn chuyển động của Mặt trăng và Trái đất, cho thấy mặt phẳng quỹ đạo chuyển động của Mặt trăng giữ nguyên phương trong không gian (các tiết tuyến luôn luôn song song với nhau). Ở vị trí 2, 4, trăng, trời, đất không thẳng hàng. Chỉ ở vị trí 1, 3 tức khi Mặt trăng giao hội (hay xung đối) tại tiết tuyến thì 3 thiên thể này mới thẳng hàng. Rõ ràng hai vị trí này cách nhau 6 tháng. Vậy một năm có thể có hai lần nhật (hoặc nguyệt thực). Thực tế số lần nhật, nguyệt thực xảy ra nhiều hơn vì kích thước các thiên thể khá lớn.

2. Điều kiện cụ thể xảy ra nhật - nguyệt thực.

a) Nhật thực:



Hình 79

Hình 79 vẽ 3 thiên thể:

M: Mặt trời; D: Trái đất; T: Mặt trăng

Cả ba đang có một tiếp tuyến chung là đường thẳng SS' , ứng với góc địa tâm tới hạn \hat{G} . Nếu Mặt trăng xuống dưới đường SS' , tức tạo thành góc địa tâm mới nhỏ hơn góc địa tâm tới hạn thì người quan sát trên Trái đất đã có thể thấy nhật thực. Ta tính góc địa tâm tới hạn: MDT

$$\begin{aligned} \text{MDT} &= \text{MDS} + \text{SDK} + \text{KDT} \\ &= \rho_{\odot} + S'KD - KSD + \rho_{\text{☾}} \\ &= \rho_{\odot} + P_{\text{☾}} - P_{\odot} + \rho_{\text{☾}} \end{aligned}$$

Trong đó :

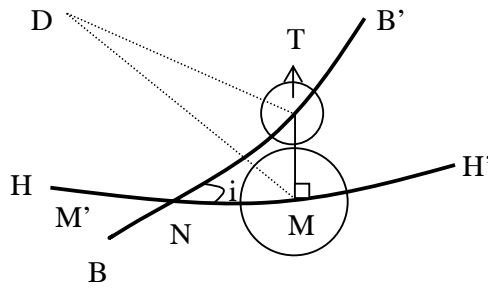
- ρ_{\odot} : bán kính góc Mặt trời = $16',1$
- $\rho_{\text{☾}}$: bán kính góc Mặt trăng = $15',5$
- P_{\odot} : thị sai Mặt trời = $8'',8$ ($0'1$)
- $P_{\text{☾}}$: thị sai Mặt trăng = $57'$

$$\text{Vậy MDT} = 88',7$$

(Chú ý phần thập phân của phút, giây)

Như vậy điều kiện cụ thể để xảy ra nhật thực là góc địa tâm giữa 3 thiên thể \hat{G} nhỏ hơn $88',7$.

+ Tính số lần nhật thực trong năm:



Hình 80

Nhật thực xảy ra khi Mặt trời, Mặt trăng chuyển động quanh tiết điểm N và góc địa tâm $MDT = 88',7$

Theo lượng giác cầu, xét tam giác vuông NMT, ta có:

$$\sin MN = \frac{\text{tg}MT}{\text{tg}i} \Rightarrow \sin MN = \frac{\text{tg}88'7}{\text{tg}5^{\circ}09'}$$

$$MN = 16^{\circ}5$$

Vậy khi Mặt trời chuyển động xung quanh tiết điểm N, ở trong khoảng cung $MM' = 2MN = 33^{\circ}$, có thể xảy ra nhật thực. Mặt trời đi trên cung này hết 34 ngày. Trong thời gian này có ít nhất 1 lần không trăng, nhiều nhất 2 lần (vì tháng giao hội có 29, 53 ngày). Như vậy quanh 1 tiết điểm có ít nhất một nhật thực, nhiều nhất là 2 lần. Quanh 2 tiết điểm (tức 1 năm) sẽ có ít nhất 2 nhật thực, nhiều nhất 4 nhật thực.

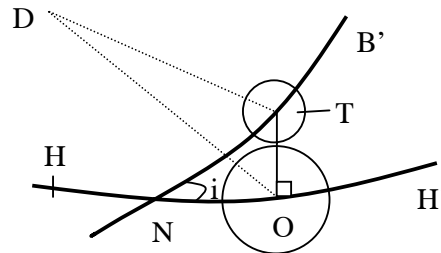
- Thực ra số nhật thực tối đa trong năm có thể lên đến 5 vì hiện tượng tiết điểm di động trên Hoàng đạo ngược chiều với chuyển động của Trái đất. Do đó năm tiết điểm (tức khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp Mặt trời đi qua một tiết điểm nhất định) ngắn hơn năm thường cỡ 20 ngày.

$$\text{Năm tiết điểm} = 346,62 \text{ ngày}$$

Như vậy trong một năm thường (dài hơn năm tiết điểm) có thể có 5 nhật thực. Lần nhật thực đầu vào tháng giêng, lần 2 vào kỳ không trăng của tuần trăng tiếp theo. Lần 3 sau 6 tuần trăng. Lần 4 xảy ra vào tuần trăng tiếp theo, lần 5 xảy ra sau kỳ đầu 12 tuần trăng.

b) Nguyệt thực:

Nguyệt thực xảy ra do Mặt trăng bị Trái đất che, hay Mặt trăng đi vào bóng tối của Trái đất. Trên hình 81 góc địa tâm giữa Mặt trăng và bóng tối O của Trái đất là TDO.



Hình 81

Do bóng tối Trái đất có bán kính tiết diện khoảng $41'$ nên $TDO = 41' + 15',5 = 56',5$ ($15',5$ = bán kính góc ρ_c của Mặt trăng)

Xét Δ cầu vuông NOT có :

$$\sin NO = \frac{\text{tg}TO}{\text{tg}i} = \frac{\text{tg}56',5}{\text{tg}5^{\circ}09'}$$

$$NO = 10^{\circ}6$$

Quanh N có cung $OO' = 21^{\circ}2$. Khi Mặt trăng đi vào cung này sẽ có nguyệt thực. Thời gian đi hết cung này cỡ 22 ngày. Trong thời gian này chỉ có thể có tối đa một kỳ xung đối (vì tháng giao hội 29,53 ngày). Vậy chỉ có thể có 1 nguyệt thực. Trong một năm (2 tiết điểm N, N') có thể có tối đa 3 nguyệt thực và tối thiểu là không có nguyệt thực nào.

Tóm lại trong một năm dương lịch có thể có tối đa 7 nhật - nguyệt thực (5 nhật + 2 nguyệt hoặc 4 nhật + 3 nguyệt) và tối thiểu là 2 nhật thực.

3. Mô tả hiện tượng.

a) Nhật thực:

Tùy theo vị trí quan sát trên Trái đất, tùy vị trí của Mặt trăng, Mặt trời trên quỹ đạo và tùy thời điểm trong quá trình nhật thực ta sẽ quan sát được nhật thực một cách khác nhau.

+ *Nhật thực toàn phần và nhật thực hình khuyên.*

Do quỹ đạo chuyển động của Mặt trời, Mặt trăng đều là elip nên khoảng cách từ Trái đất đến Mặt trời (và từ Trái đất đến Mặt trăng) có lúc gần, lúc xa. Do đó bán kính góc Mặt trăng trong quá trình nhật thực có lúc lớn hơn bán kính góc Mặt trời, có lúc bé hơn.

Ví dụ : Nhật thực khi Mặt trăng ở cận điểm $\rho_{\text{C}} = 16'8$

(cách Trái đất : 363.300km)

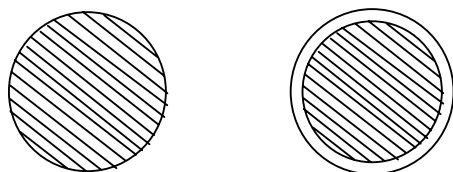
Trái đất ở viễn điểm $\rho_{\text{O}} = 15'8$

(cách Mặt trời 152.106km)

Khi đó trăng che khuất được toàn bộ Mặt trời ($\rho_{\text{C}} > \rho_{\text{O}}$). Ta có được Nhật thực toàn phần thường vào tháng 7, 8.

Vậy điều kiện có nhật thực toàn phần là : $\rho_{\text{C}} \geq \rho_{\text{O}}$

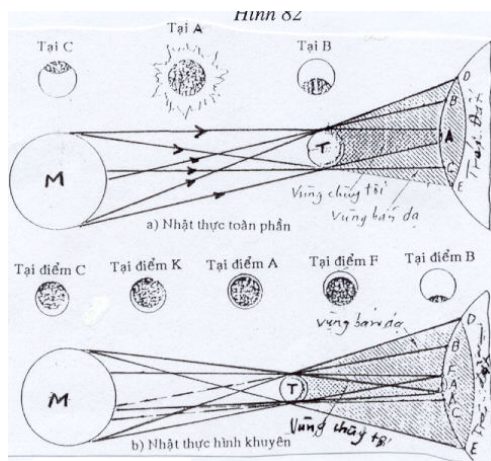
Nếu $\rho_{\text{C}} < \rho_{\text{O}}$ thì Mặt trăng không che hết hoàn toàn Mặt trời. Khi đó ở pha toàn phần tại trung tâm nhật thực ta thấy Mặt trời không hoàn toàn bị che khuất mà còn 1 vòng sáng Mặt trời quanh đĩa Mặt trăng. Nhật thực này là Nhật thực *hình khuyên*. Nó thường xảy ra khi Mặt trăng ở xa Trái đất nên chóp bóng tối của Mặt trăng không chạm vào bề mặt Trái đất. Ví dụ: Nhật thực khi Mặt trăng ở viễn điểm $\rho_{\text{C}} = 14'7$ (cách Trái đất: 405.500km), Trái đất ở cận điểm $\rho_{\text{O}} = 16'3$ (cách Mặt trời: 147.106km) (thường xảy ra vào cuối tháng 1).



Hình 82

a. Nhật thực toàn phần

b. Nhật thực hình khuyên



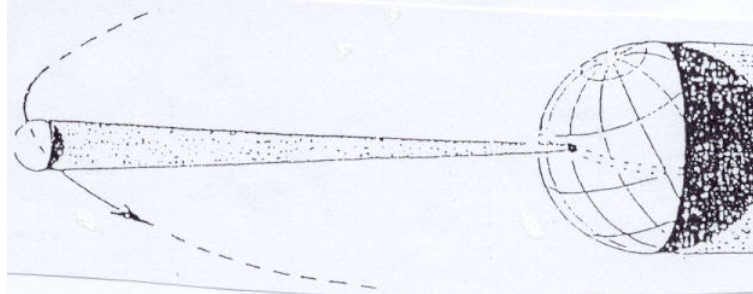
Hình 83

+ Địa điểm quan sát:

Đối với những nơi khác nhau trên Trái đất ta thấy phần Mặt trời bị che khuất khác nhau (Hình 83)

- Với những người nằm trong vùng chùy bóng tối A (đường kính cỡ 270km) sẽ thấy Mặt trời bị che toàn bộ ở pha toàn phần (totality) - Nhật thực này gọi là nhật thực toàn phần trung tâm. Do Trái đất quay và Mặt trăng chuyển động nên bóng chùy tối di động

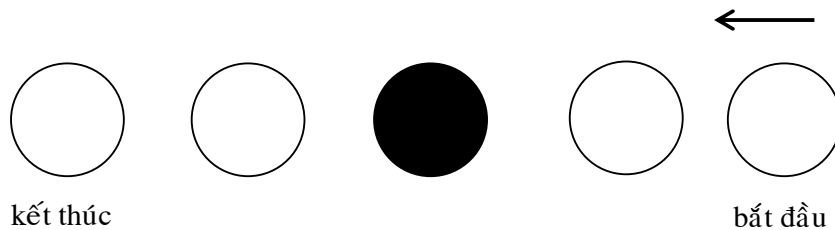
trên mặt đất theo hướng từ tây sang đông, quét một dải rộng 270km, dài vài ngàn km. Những vùng nằm trong dải này sẽ tuần tự thấy pha toàn phần vào những thời điểm khác nhau. Còn những người ở vùng bán dạ (B) ngay ở pha toàn phần cũng không thấy Mặt trời bị che toàn bộ mà chỉ thấy một phần (Nhật thực một phần). Vì ánh Mặt trời rất sáng nên chỉ khi Nhật thực toàn phần ta mới cảm nhận hết sự kỳ vĩ của hiện tượng này, còn khi xem nhật thực một phần ta hầu như không nhận thấy có gì khác biệt.



Hình 84. Sự di chuyển của bóng chùy tối

+ *Diễn biến:*

- Bóng Mặt trăng in lên Mặt trời bắt đầu từ bờ phải Mặt trời, sau đó lớn dần. Đến pha cực đại (pha toàn phần) nếu người quan sát ở vào vùng trung tâm nhật thực sẽ thấy Mặt trời bị che khuất hoàn toàn (nếu là nhật thực toàn phần) hoặc còn chừa một vòng bên ngoài (nếu nhật thực hình khuyên). Pha toàn phần kéo dài 2 đến 3 phút, tối đa 7 phút (nhật thực toàn phần năm 2186 sẽ kéo dài 7 phút 29 giây ở pha toàn phần). Sau đó Mặt trăng ra khỏi Mặt trời bờ phải sáng như lưới liềm. Phần sáng lớn dần và khi Mặt trăng ra khỏi Mặt trời thì nhật thực kết thúc. Toàn bộ quá trình kéo dài cỡ 2 giờ 30 phút (tại một nơi). Trên toàn Trái đất là 6 giờ. Ở vùng bán dạ chỉ thấy được nhật thực một phần, mức độ che tùy theo ở gần hay ở xa vùng trung tâm.



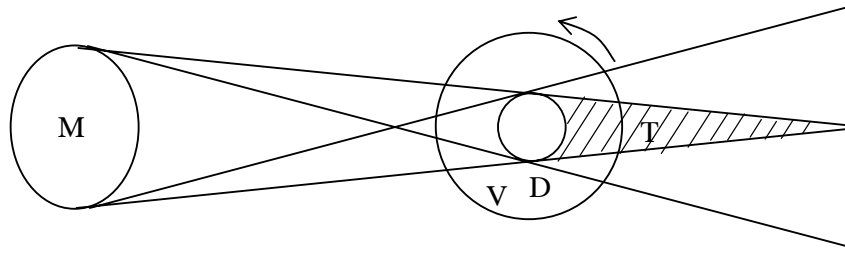
Hình 85. Các pha của NTTTP trung tâm

+ Ở nhật thực toàn phần (total eclipse) tại pha toàn phần (totality) Mặt trời bị đĩa Mặt trăng che khuất hoàn toàn, khiến trời tối gần như đêm. Trên trời thấy rõ các vì sao. Chỉ có đường chân trời mờ mờ sáng. Vành nhật hoa của Mặt trời (corona) sẽ hiện ra quanh đĩa Mặt trời bị che khuất rất đẹp. Đây là dịp tốt để nghiên cứu vành nhật hoa, một thành phần quan trọng của Mặt trời mà bình thường rất khó quan sát.

Bản thân tác giả được tham gia 2 lần nhật thực toàn phần (24 - 10 - 1995 tại Việt Nam và 11 - 08 - 1999 tại Romania) đã thu được nhiều kinh nghiệm quý báu và ghi nhận nhiều ấn tượng rất sâu sắc.

b) *Nguyệt thực:*

Vào kỳ trăng tròn Mặt trăng có khả năng di chuyển vào bóng tối Trái đất. Khi đó Mặt trăng không còn phản chiếu được ánh sáng Mặt trời nên tối sầm - đó là nguyệt thực.



Hình 86

Diễn biến: Nguyệt thực diễn ra lâu hơn nhật thực. Do Trái đất quay và Mặt trăng chuyển động nên trên Trái đất sẽ thấy bờ trái của mặt trăng bị che trước. Bóng Trái đất in lên Mặt trăng cho thấy Trái đất có dạng hình cầu. Vì bóng tối Trái đất khá lớn nên Mặt trăng có thể nằm gọn trong phần chùy tối. Nửa Trái đất sẽ thấy nguyệt thực diễn ra cùng một lúc và như nhau. Khi Mặt trăng ở vùng chùy tối ta thấy nguyệt thực toàn phần. Nó có thể kéo dài 2 giờ. Khi đó Mặt trăng bị che hoàn toàn. Nhưng do hiện tượng khúc xạ, tán xạ của khí quyển Trái đất nên Mặt trăng không hoàn toàn đen kịt mà có màu đỏ sẫm. Khi Mặt trăng ở vào phần bán dạ của bóng tối Trái đất ta thấy nguyệt thực bán phần. Toàn bộ quá trình nguyệt thực có thể kéo dài 6 tiếng. Khi Mặt trăng không nằm hoàn toàn trong vùng chùy tối, tức khi Mặt trăng ở xa Trái đất, chùy bóng tối chỉ chạm vào một phần Mặt trăng ta có nguyệt thực một phần.

4. Dự đoán nhật - nguyệt thực. Sarot.

Bài toán xét chuyển động của Mặt trời - Mặt trăng - Trái đất là bài toán 3 vật. Giải quyết nó ta có thể biết được thời điểm 3 thiên thể đó thẳng hàng, tức có nhật, nguyệt thực. Tuy nhiên, đây là bài toán khá phức tạp mà người ta chỉ tìm được cách giải gần đúng. Độ chính xác ngày càng được nâng cao nhờ vào máy điện toán. Ngày nay người ta có thể dự đoán nhật nguyệt thực sẽ xảy ra ở đâu, lúc nào một cách rất chính xác từ trước đó rất lâu (xem phụ lục).

Người xưa khi nghiên cứu nhật nguyệt thực đã phát hiện ra tính qui luật của hiện tượng này. Họ nhận thấy cứ sau một thời gian 18 năm 11, 32 ngày các trình tự nhật nguyệt thực lại được lặp lại. Theo tiếng Hy Lạp người ta gọi nó là sarot (lặp lại). Trong một sarot có 70 nhật nguyệt thực, gồm 41 nhật thực và 29 nguyệt thực. Tuy nhiên ở một nơi trên Trái đất dễ thấy nguyệt thực nhiều hơn nhật thực (vì khi nguyệt thực cả nửa Trái đất đều thấy, còn nhật thực toàn phần chỉ thấy ở một khu vực nhỏ). Ở tại một nơi trên Trái đất nhật thực toàn phần lặp lại sau 250 - 300 năm. Vì vậy, ở một nơi trên Trái đất để thấy được pha toàn phần huy hoàng của nhật thực kéo dài chỉ mấy phút là một dịp duy nhất trong đời người. Vì chu kỳ sarot không chứa số nguyên ngày (phần lẻ 1/3 ngày) nên khu vực xảy ra nhật nguyệt thực ở chu kỳ tiếp không giống ở chu kỳ trước, mà dịch về tây khoảng 1200.

Ta có thể nhận thấy sarot chính là bội số chung nhỏ nhất của các chu kỳ thành phần: tuần trăng, tháng tiết điểm, năm tiết điểm. Đó là do Mặt trăng, Mặt trời (Trái đất) chuyển động có chu kỳ xác định. Sarot chính là quãng thời gian để 3 thiên thể lặp lại 1 vị trí xác định, tức lặp lại vị trí quanh tiết điểm và giao hội (hay xung đối) để có nhật, nguyệt thực.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ sarot} &= 18 \text{ năm } 11,32 \text{ ngày} = 6585,32 \text{ ngày} \\
 &= 223 \text{ tuần trăng} & &= 223 \times 29,53 = 6585,32 \text{ ngày} \\
 &= 242 \text{ tháng tiết điểm} & &= 242 \times 27,21 = 6585,32 \text{ ngày} \\
 &= 19 \text{ năm tiết điểm} & &= 19 \times 346,62 = 6585,32 \text{ ngày}
 \end{aligned}$$

Dựa vào chu kỳ sarot có thể dự đoán nhật, nguyệt thực với độ chính xác còn thấp. Ở Việt Nam, từ năm 1960 các nhà khí tượng Việt Nam dựa vào phương pháp của Oppolzer

(người Áo) và Newcomb đã dự đoán được nhật - nguyệt thực ở Việt Nam từ 1960 đến 2000 (và cho nhật thực toàn phần đến 2147) chính xác về thời gian và địa điểm đến hàng giây. Đây là một thành tựu lớn của thiên văn Việt Nam, góp phần đẩy lùi mê tín, dị đoan trong nhân dân (xem phụ lục).

5. Ý nghĩa của việc quan sát Nhật - Nguyệt thực.

- Nhật nguyệt thực là những hiện tượng kỳ vĩ của thiên nhiên đáng để cho con người ngưỡng mộ. Đó chỉ là hiện tượng tự nhiên thông thường, không có gì thần bí. Việc dự đoán trước nhật - nguyệt thực chứng tỏ sức mạnh của khoa học, góp phần nâng cao dân trí, đập tan mọi âm mưu dựa vào mê tín dị đoan reo rắc tin thất thiệt.

Về mặt khoa học thuần túy việc giải bài toán 3 vật, một bài toán cơ bản và rất khó của cơ học, sẽ được kiểm chứng và hoàn thiện qua dự đoán và khảo sát nhật - nguyệt thực.

Nhật thực, đặc biệt là nhật thực toàn phần với pha toàn phần dù chỉ kéo dài vài phút cũng cho ta những thông tin hết sức quý giá về Mặt trời, một ngôi sao gần chúng ta nhất và có ảnh hưởng nhiều nhất đến cuộc sống của chúng ta. Các ngôi sao và cả Mặt trời đều ở rất xa, chúng ta không thể tiếp cận được mà chỉ mô tả chúng bằng các mô hình vật lý. Các mô hình này cần phải được kiểm chứng độ chính xác của chúng. Những thông tin về Mặt trời cho phép ta kiểm chứng mô hình Mặt trời. Trong cấu tạo Mặt trời có nhật hoa, một thành phần quan trọng của Mặt trời, ta thấy rõ bằng mắt thường trong nhật thực toàn phần, khi Mặt trời được Mặt trăng che khuất phần quang cầu. Các thông tin từ vành nhật hoa cho ta biết về phương thức truyền nhiệt trong Mặt trời, từ đó kiểm chứng mô hình cấu trúc Mặt trời; cho phép đánh giá các vết đen Mặt trời hay vấn đề từ trường Mặt trời; kiểm chứng lại số notrinô Mặt trời để hiểu cơ chế sinh năng lượng của Mặt trời v.v... Ngoài ra trong dịp này, ta cũng đối chiếu các phương pháp nghiên cứu khác nhau về Mặt trời để đánh giá, kết luận. Thuyết tương đối rộng của Einstein cũng tìm thấy sự kiểm chứng qua nhật thực toàn phần. Tóm lại đây là một hiện tượng thiên nhiên kỳ thú và đầy ý nghĩa khoa học.

PHẦN B

THIÊN VĂN VẬT LÝ (Astrophysics)

Chương 5

CƠ SỞ CỦA THIÊN VĂN VẬT LÝ

Thiên văn vật lý là nội dung chính của thiên văn hiện đại. Nó đề cập những vấn đề vật lý xảy ra trong các thiên thể như sự bức xạ của các thiên thể, cấu trúc của thiên thể và quá trình hình thành, tiến hóa của thiên thể, của vũ trụ... Trong khuôn khổ của giáo trình này, ta không thể trình bày một cách cặn kẽ, chi tiết và đầy đủ các vấn đề của thiên văn vật lý, mà chỉ có thể giới thiệu một số nét cơ bản nhất, cần thiết nhất mà thôi.

Các thiên thể dù phức tạp đến đâu cũng được cấu tạo từ những phần tử nhỏ nhất của vật chất như: Phân tử, nguyên tử, các hạt cơ bản... Trong quá trình vận động chúng phát ra các bức xạ. Ví dụ: Bức xạ nhiệt phản ánh quá trình chuyển động nhiệt của các phân tử khí trong các sao; bức xạ quang phổ vạch phản ánh quá trình thay đổi mức năng lượng của electron trong các nguyên tử vật chất của thiên thể v.v... Nguồn bức xạ điện từ này trên đường đến trái đất sẽ bị hấp thụ hoặc chịu các ảnh hưởng khác, điều này cho ta biết thêm thông tin về vật chất giữa trái đất và các thiên thể. Việc thu nhận, nghiên cứu các bức xạ trên bằng các phương tiện trên mặt đất (hoặc đặt ngoài trái đất để tránh ảnh hưởng của khí quyển) như các kính thiên văn quang học, kính thiên văn vô tuyến, các máy phân tích quang phổ v.v... sẽ giúp chúng ta hiểu biết được về cấu tạo và các quá trình vật lý trên các thiên thể và trong vũ trụ nói chung.

I. BỨC XẠ ĐIỆN TỪ.

1. Thang sóng điện từ.

Tùy theo trạng thái vật lý của mình các thiên thể có thể bức xạ sóng điện từ với tần số trải rộng từ bức xạ vô tuyến (10^{-2} - 10^2 m), bức xạ hồng ngoại ($1\mu\text{m}$ - 10^{-2} m), bức xạ nhìn thấy (4000Å - 7000Å), bức xạ tử ngoại (10nm - 100nm) đến bức xạ Ronghen ($0,1\text{nm}$ - 1nm), tức gần như toàn bộ các vùng của thang sóng điện từ.

Ví dụ: Các vì sao bức xạ ánh sáng nhìn thấy khiến ta nhìn được chúng.

- Các đám mây khí lạnh trong không gian giữa các vì sao bức xạ ở vùng phổ vô tuyến.
- Các đám mây cực nóng (vật chất quanh lỗ đen) bức xạ ở vùng sóng Ronghen.

Ta chú ý đặc tính của sóng điện từ là: $c = \lambda \cdot \nu$

Trong đó λ - bước sóng

ν - Tần số

c - Vận tốc truyền sóng

$c \approx 3.108\text{m/s}$ (trong chân không)

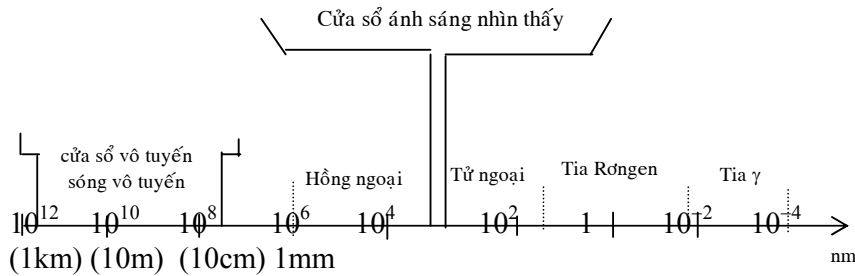
Ta có hệ thức về năng lượng của sóng điện từ ứng với tần số ν và bước sóng λ :

$$\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

với h : Hằng số Plank

$h = 6,62.10^{-34}\text{J.s}$ (Hệ SI)

(Tuy nhiên, không phải tất cả các bức xạ từ thiên thể đều có thể đến được trái đất. Hầu hết chúng đều bị cản trở (hấp thụ) bởi lớp khí quyển của trái đất. Chỉ 2 vùng phổ có thể tới được bề mặt trái đất, được gọi là 2 cửa sổ là vùng ánh sáng nhìn thấy và vùng sóng vô tuyến. Vì vậy trong các thiết bị quan sát thiên thể ta thấy có kính thiên văn quang học và kính thiên văn vô tuyến.



Hình 87. Thang sóng điện từ và cửa sổ quan sát được.

Bảng 4: Bức xạ điện từ của thiên thể.

Loại bức xạ	Bước sóng (nm)	Nhiệt độ tương ứng	Nguồn bức xạ
Tia gamma γ	dưới 0,01	trên 10 ⁸ K	Không có vật thể thiên văn nào nóng như vậy. Một số tia (được tạo ra trong phản ứng hạt nhân
Tia Ronghen X	0,01 - 20	10 ⁶ - 10 ⁸ K	Khí trong các quần sao, tàn dư sao siêu mới, vành Nhật hoa mặt trời
Tử ngoại	20 - 400	10 ⁴ - 10 ⁶ K	Tàn dư sao siêu mới, sao rất nóng
Nhìn thấy	400 - 700	10 ³ - 10 ⁴ K	Các sao
Hồng ngoại	10 ³ - 10 ⁶	10 ³ - 10 ³ K	Các đám mây lạnh, bụi và khí hành tinh, thiên thạch
Vô tuyến	hơn 10 ⁶	dưới 100K	Không có vật thể nào lạnh thế, bức xạ của các electron chuyển động trong từ trường (bức xạ synchrotron)

2. Quang phổ liên tục - Bức xạ nhiệt.

Các thiên thể nóng sáng đều bức xạ năng lượng theo đủ loại bước sóng trong thang sóng điện từ, gọi là bức xạ nhiệt, tạo nên quang phổ liên tục của thiên thể. Cường độ bức xạ của các vùng phổ khác nhau phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn bức xạ.

- Ở nhiệt độ thấp (dưới 10000K) bức xạ hồng ngoại và vô tuyến.
- Nhiệt độ tăng : Bức xạ ánh sáng nhìn thấy, bức xạ sóng ngắn tăng dần.

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.

- Ví dụ : từ 2000o – 3000o K : màu đỏ
- 4000o – 5000o K : màu vàng

Tuy nhiên, sự phân bố chính xác về năng lượng và dạng cụ thể của phổ bức xạ còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác (thành phần hóa học và trạng thái vật lý).

Người ta nhận thấy quang phổ ở bề mặt của các ngôi sao có tính chất giống quang phổ của vật đen tuyệt đối, vì vậy việc nghiên cứu quang phổ của vật đen tuyệt đối có ý nghĩa quan trọng trong thiên văn.

3. Bức xạ của vật đen tuyệt đối.

Vật đen tuyệt đối là một mô hình vật lý, trong đó vật bức xạ được coi là cách ly hoàn toàn khỏi môi trường xung quanh bằng những tấm cách nhiệt. Khi nhiệt độ của mọi điểm của vật trong giới hạn của tấm cách nhiệt là như nhau thì vật ở trạng thái cân bằng nhiệt. Trong

trường hợp này bức xạ của nó được xác định chỉ bởi nhiệt độ. Trong thực tế không có vật đen tuyệt đối. Nhưng lớp bề mặt của các ngôi sao được bao phủ bởi các lớp khí quyển dày không trong suốt, có thể coi như vật đen tuyệt đối.

Các định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối được nghiên cứu từ thế kỷ XIX và trình bày đầy đủ trong các giáo trình vật lý, ở đây ta chỉ nhắc lại một số điểm.

a) Công thức Plank.

Biểu thức của hàm phổ biến $f(\nu, T)$ tức năng suất phát xạ đơn sắc của vật đen tuyệt đối:

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (1)$$

Trong đó k là hằng số Boltzmann

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}^\circ$$

- Hay người ta có thể viết theo bước sóng: Hàm ϵ_λ với $\epsilon_\lambda \cdot d\lambda$ là lượng bức xạ của 1m² bề mặt của vật theo mọi phương trong khoảng phổ có bước sóng từ λ đến $\lambda + d\lambda$.

$$\epsilon_\lambda d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \cdot d\lambda$$

Tức hàm phổ biến ϵ_λ là:

$$\epsilon_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (1')$$

b) Từ công thức Plank ta rút ra được công thức tính công suất bức xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối hay công thức Stefan - Boltzmann:

$$\epsilon = \sigma T^4 \quad (2)$$

(Xem biến đổi trong Lương Duyên Bình - Vật lý đại cương tập 3).

Vậy: Công suất bức xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối tỷ lệ với lũy thừa bậc bốn nhiệt độ của nó.

Trong đó σ - Hằng số Stefan - Boltzmann

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^{\circ 4}$$

c) Từ hàm phổ biến (1) ta có thể biểu diễn trên đồ thị các đường cong có cực đại ứng với bước sóng xác định. Lấy đạo hàm $f(\nu T)$ theo ν ta có thể tìm ra bước sóng ứng với cực đại đó:

$$\lambda_{\max} T = b \quad (3)$$

đó là công thức Wien, còn gọi là định luật chuyển dời: Nhiệt độ càng tăng thì cực đại của bức xạ của vật đen tuyệt đối càng dịch về phía sóng ngắn của phổ bức xạ.

Trong đó b : Hằng số Wien

$$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}^\circ \quad (*)$$

có nghĩa là: Đối với vật đen tuyệt đối, bước sóng (max của chùm bức xạ đơn sắc mang nhiều năng lượng nhất tỷ lệ nghịch với nhiệt độ tuyệt đối của vật.

d) Trong công thức (1') nếu bước sóng lớn (λ lớn) thì

$$e^{\frac{hc}{\lambda kT}} \approx 1 + \frac{hc}{\lambda kT}$$

Ta tìm được công thức Reyleigh-Jeans cho hàm phổ biến.

(*) Thực ra, độ Kelin ký hiệu là K chứ không phải là K°

$$\epsilon_{\lambda} = \frac{2\pi c}{\lambda^4} kT \quad (4)$$

Công thức này ứng dụng khi nghiên cứu đặc tính của các bức xạ vô tuyến vũ trụ.

Tóm lại: Ta có thể xác định được nhiệt độ bề mặt của các thiên thể dựa vào các công thức bức xạ của vật đen tuyệt đối (2), (3), (4), khi quan trắc được các đại lượng λ_{\max} , ϵ , ϵ_{λ} .

4. Quang phổ đặc trưng - Quang phổ vạch.

Khi nghiên cứu vật lý nguyên tử ta biết các electron trong nguyên tử tồn tại ở những trạng thái ứng với những mức năng lượng xác định khác nhau. Khi thay đổi trạng thái nguyên tử có thể bức xạ hoặc hấp thụ sóng điện từ có bước sóng xác định. Đó là quang phổ vạch của nguyên tử. Vì mỗi nguyên tử của một nguyên tố có một cấu trúc năng lượng khác nhau do đó sẽ phát xạ (hoặc hấp thụ) một cách khác nhau, hay sẽ cho những quang phổ vạch đặc trưng cho nguyên tử của nguyên tố đó. Vậy dựa vào quang phổ vạch ta có thể biết được thành phần cấu tạo của thiên thể.

Phổ bức xạ đặc trưng của nguyên tử Hydro là trường hợp phổ đặc trưng đơn giản nhất mà ta sẽ xét sau.

-Trong trường hợp các ion riêng rẽ bức xạ nó cũng cho ra phổ đặc trưng giống với phổ nguyên tử của nguyên tố đó với một số sai biệt.

-Ngay cả hạt nhân nguyên tử cũng có cấu trúc năng lượng đặc trưng cho nên trong các quá trình phản ứng hạt nhân cũng có bức xạ tia γ đặc trưng cho từng hạt nhân nguyên tố.

-Bức xạ Ronghen đặc trưng cũng cho ra quang phổ đặc trưng của nguyên tử của từng nguyên tố.

Trong thiên văn khi nghiên cứu một thiên thể người ta so sánh quang phổ vạch của thiên thể với quang phổ vạch của các nguyên tố hóa học đã biết. Qua đó người ta có thể đoán nhận được cấu tạo của thiên thể, nhiệt độ, áp suất, mật độ của các thành phần vật chất cấu tạo nên thiên thể v.v...

Trong thiên văn vật lý người ta có thể thu nhận đồng thời một lúc 3 quang phổ: quang phổ liên tục, quang phổ vạch, quang phổ hấp thụ và phát xạ trên nền phổ liên tục. Ví dụ: Một nguồn sáng phát ra phổ liên tục. Nhưng khi đi qua một đám mây khí trên nền phổ liên tục sẽ có những vạch hấp thụ của các nguyên tố trong đám mây. Đồng thời ở một hướng khác ta có thể nhận được quang phổ vạch phát xạ của chính đám mây đó. Như vậy, khi nghiên cứu quang phổ thu được ta chẳng những biết về chính thiên thể mà còn biết được cả những vật quanh nó.

Tóm lại trong quá trình phát xạ và truyền bức xạ từ thiên thể còn có rất nhiều vấn đề mà ta chưa có dịp để nghiên cứu kỹ.

Sự nghiên cứu quang phổ đặc trưng cho thấy nguyên tố Hydro là nguyên tố phổ biến nhất trong vũ trụ. Đồng thời trên trái đất có hầu hết các nguyên tố mà người ta tìm thấy trong vũ trụ.

(Bảng 5 thống kê chỉ số các nguyên tử của các nguyên tố hóa học phổ biến nhất trong vũ trụ (so với nguyên tố Hdro, với qui ước số nguyên tử Hydro = 1.000.000))

Bảng 5

Nguyên tố		Chỉ số	Nguyên tố		Chỉ số
Hydro	H	1.000.000	Lưu huỳnh	S	20
Heli	He	100.000	Manhe	Mg	20
Oxy	O	700	Sắt	Fe	6
Cacbon	C	400	Natri	Na	2

Nitơ	N	70	Nhôm	Al	2
Silic	Si	60	Argon	Ar	2
			Canxi	Ca	1

Như vậy ta sẽ nghiên cứu kỹ hơn về quang phổ của nguyên tử Hydro.

5. Quang phổ của nguyên tử Hydro (và các ion tương tự)

Trong các nguyên tố hóa học chỉ có nguyên tử Hydro là có cấu tạo đơn giản nhất, chỉ gồm 1e- quay xung quanh hạt nhân. Các nguyên tử của nguyên tố khác nếu bị ion hóa nhiều lần, mất gần hết e-, chỉ còn lại 1e- được coi là ion tương tự Hydro.

Trong nguyên tử H (và các ion tương tự) năng lượng liên kết được lượng tử hóa:

$$E_n = -\frac{Z^2}{n^2} \cdot Rhc$$

Trong đó R- hằng số Ridberg.

$$R = 1,09737 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-1}$$

n: số lượng tử chính, là những số nguyên liên tiếp 1, 2, 3...

c: vận tốc ánh sáng ; h: hằng số Plank.

Ở trạng thái cơ bản n = 1, trạng thái n > 1 gọi là trạng thái kích thích; với H năng lượng của trạng thái cơ bản là: $E_0 = -13,53 \text{ eV}$.

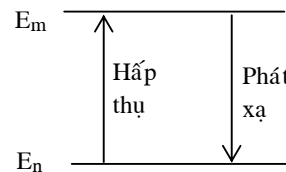
Bình thường nguyên tử H ở trạng thái cơ bản. Nhưng khi bị kích thích, nó có thể hấp thụ, thu nhận năng lượng và chuyển lên các mức cao hơn. Nhưng nó ở đó không lâu mà mau chóng chuyển về các mức năng lượng thấp hơn bằng cách phát xạ. Hiệu 2 mức năng lượng tỷ lệ với tần số phát xạ (hoặc hấp thụ).

$$\Delta E = E_m - E_n = h\nu$$

$$E_m > E_n$$

Khi chuyển từ n lên m : Hấp thụ

chuyển từ m xuống n : Phát xạ



Hình 88

- Tần số hay bước sóng của vạch phát xạ được xác định bằng công thức Balmer :

$$S = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

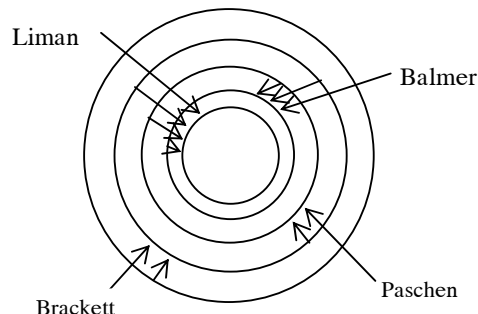
Dây Lyman : Tử ngoại n = 1 m = 2,3...

Dây Balmer : Biểu kiến n = 2 m = 3,4...

Dây Paschen : Hồng ngoại n = 3 m = 4,5...

Đó chính là quang phổ vạch đặc trưng của nguyên tử Hydro. Đối với các ion tương tự Hydro thì

$$S = Z^2 \cdot R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$



Hình 89. Các quỹ đạo dừng của nguyên tử hydro và cơ chế phát xạ

Trong quang phổ của đa số thiên thể đặc biệt hầu hết các thiên hà có những vạch đậm nét của nguyên tố Hydro là:

$$H_{\alpha} \quad \text{với} \quad \lambda = 6563 \text{ \AA}$$

$$H_{\beta} \quad \lambda = 4861 \text{ \AA}$$

$$H_{\gamma} \quad \lambda = 4340 \text{ \AA}$$

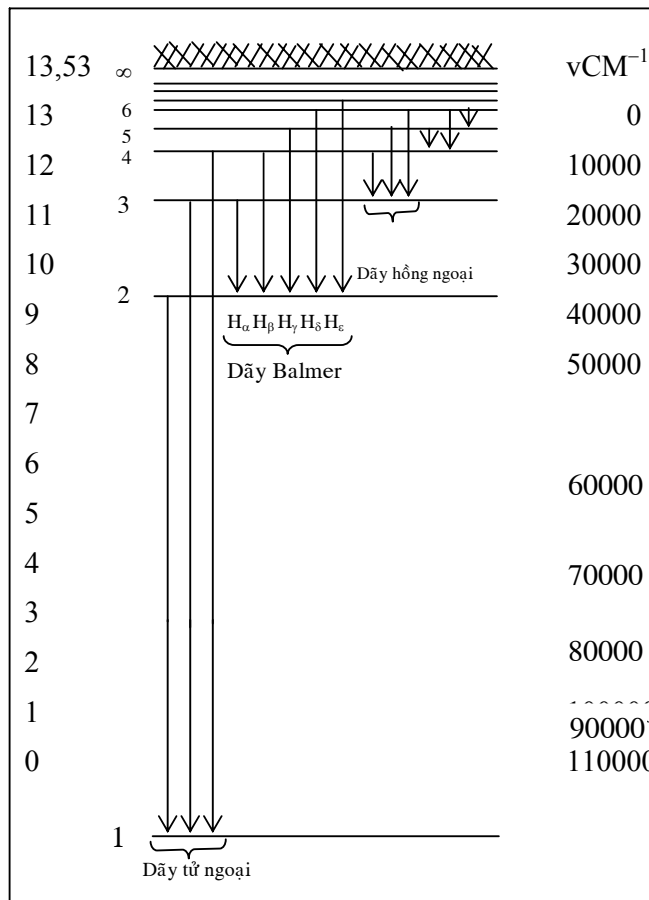
$$H_{\delta} \quad \lambda = 4102 \text{ \AA}$$

(Đều thuộc dãy ánh sáng nhìn thấy Balmer)

Ngoài ra còn có các vạch của các nguyên tố khác như Heli, natri, canxi và một số hợp chất phân tử đơn giản.

Phổ vạch của các ion cũng được tìm thấy trong quang phổ của Nhật hoa mặt trời với các nguyên tố: Sắt, kền, Argon, canxi...

* Đối với nguyên tố Hydro còn có 1 loại bức xạ đặc biệt, rất phổ biến trong vũ trụ, đó là vạch bức xạ 21cm. Vạch này phát ra do sự chuyển mức năng lượng có được do sự tương tác của mômen xung lượng của electron và proton. Khi H ở trạng thái cơ bản ($n=1, \tilde{G}=0$)



Hình 90. Sơ đồ đường mức năng lượng của nguyên tử Hydro

Ta biết cấu tạo nguyên tố H gồm 1 proton và 1 electron. Hai hạt này đều có mômen xung lượng (Spin), có 2 mức năng lượng ứng với sự song song hoặc đối song song của hai mômen này. Hiệu 2 mức là $\Delta E = 5.10^{-10} \text{ eV}$. Sự chuyển dời tương ứng phát ra vạch (= 21cm). Thường sự chuyển dời là rất hiếm, cứ 11 triệu năm mới có (đối với H trong phòng thí nghiệm). Nhưng trên vũ trụ do va chạm nhiều giữa các nguyên tử H nên chỉ còn 400 năm. Ở trong vũ trụ có rất nhiều H nên vạch bức xạ này rất phổ biến.

Ngoài ra, trong thiên văn ta còn thấy các loại bức xạ sau:

- Bức xạ của e- chuyển động có gia tốc (phổ Ronghen liên tục do e- hãm trong môi trường khí quanh các sao; bức xạ Synchrotron của các Punxa).

- Bức xạ cường bức do sự đảo lộn mật độ phân tử khí : MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Bức xạ này có được khi sóng vô tuyến của 1 thiên thể được khuếch đại bằng hiệu ứng MASER khi truyền qua các đám khí vũ trụ.

- Các nguyên tử khi kết hợp thành các phân tử cũng có thể phát ra bức xạ với các vạch sóng được xác định theo cơ học lượng tử. Việc phân tích phổ này cho ta biết được tên phân tử. Ngày nay các nhà thiên văn đã tìm được khá nhiều phân tử trong vũ trụ, trong đó có cả các phân tử hữu cơ. Một trong những nhà thiên văn hàng đầu trong lĩnh vực này là nhà thiên văn Nguyễn Quang Riệu.

II. CÁC TRẠNG THÁI VẬT LÝ CỦA CÁC THIÊN THỂ.

- Khi nghiên cứu các sao và các tinh vân, bụi khí v.v... người ta thường coi chúng được cấu tạo từ chất khí lý tưởng và sử dụng những định luật vật lý trong nhiệt động học dùng cho khí lý tưởng. Ví dụ: Phương trình cân bằng nhiệt (phương trình Clapeyron - Mendeleev).

$$P = \frac{R}{\mu} \rho T$$

Ở đây P : Áp suất khí
T : Nhiệt độ khí
 ρ : Mật độ khí
R : Hằng số khí lý tưởng = 8,314J
 μ : Phân tử khối

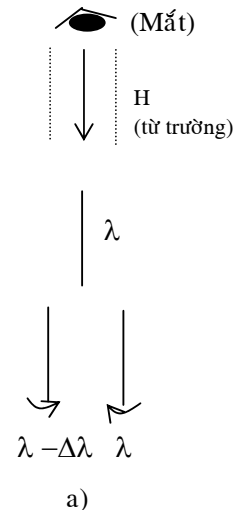
- Thực ra trong các sao tồn tại một dạng vật chất đặc biệt. Các sao là các lò phản ứng hạt nhân, nhiệt độ rất cao, vật chất bị ion hóa cao độ, nên chúng đều mang điện. Dạng vật chất đó gọi là plas-ma. Khi nghiên cứu các quá trình nội tại của các thiên thể ta phải áp dụng vật lý plas-ma.

III. MỘT SỐ HIỆU ỨNG VẬT LÝ TRONG THIÊN VĂN.

1. Hiệu ứng Zeeman.

Là hiện tượng vạch quang phổ bức xạ của các nguyên tử trong từ trường bị tách ra thành những thành phần phụ. Đó là do các mức năng của nguyên tử ở trong từ trường đã thu thêm năng lượng phụ của từ trường và tách ra thành những mức phụ. Sự chuyển mức của e- trong nguyên tử khi đó sẽ có thêm nhiều vạch phụ, được xác định theo các qui tắc của cơ học lượng tử.

- Nếu các đường sức của từ trường H nằm song song với tia nhìn của mắt thì vạch quang phổ (bị tách làm đôi: $(\lambda - \Delta\lambda$ và $\lambda + \Delta\lambda)$ và ánh sáng ứng với mỗi vạch bị phân cực tròn theo chiều ngược nhau (Hình a)

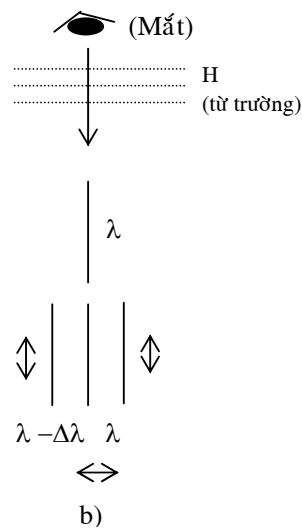


Hình 91

(Nếu các đường sức từ H nằm vuông góc với tia nhìn thì vạch bị tách thành 3 thành phần và ánh sáng bị phân cực thẳng. Khoảng cách giữa các vạch (hay độ gia của bước sóng) tỉ lệ với cường độ từ trường H:

$$\Delta\lambda = \frac{e\lambda^2}{4\pi mc^2} H$$

Trong đó e : Điện tích e-
m : Khối lượng e-
c : vận tốc ánh sáng

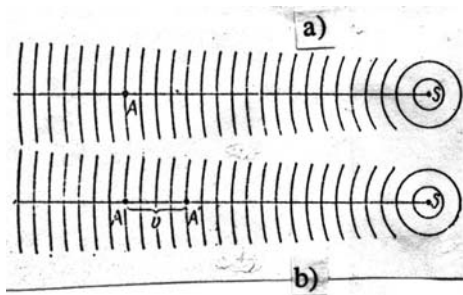


Như vậy ta có thể xác định được phương và cường độ của từ trường của thiên thể qua quan sát số vạch và khoảng cách $\Delta\lambda$ giữa chúng.

Kết quả quan sát cho thấy hầu hết các thiên thể đều có từ trường. Chẳng hạn, vết đen mặt trời có từ trường khoảng 10^{-2} tesla.

2. Hiệu ứng Doppler và sự dịch chuyển của các vạch quang phổ.

Trong phần âm học của giáo trình cơ học ta đã học qua hiệu ứng Doppler. Đó là sự thay đổi tần số (và do đó, là sự thay đổi bước sóng) của nguồn phát xạ, khi có sự dịch chuyển giữa nguồn phát sóng và người quan sát.



Hình 92

Đối với sóng điện từ hiệu ứng Doppler có dạng như sau:

Giả sử khi nguồn sóng đứng yên so với người quan sát thì sóng thu được có tần số ν_0 . Nếu có sự dịch chuyển tương đối giữa nguồn sóng và người quan sát thì tần số thu được sẽ thay đổi (như trong trường hợp sóng âm) :

$$\nu = \nu_0 \left(1 - \frac{v}{c} \right)$$

Trong đó:

v - vận tốc tương đối giữa nguồn và người quan sát;

c - vận tốc ánh sáng

v có giá trị dương nếu khoảng cách tăng, âm nếu khoảng cách giảm.

Với sóng ánh sáng (hay sóng điện từ nói chung) ta có:

$$\lambda \nu = c = \text{const}$$

Vậy :
$$\nu = \frac{c}{\lambda}; \quad \nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$$

Thay vào (1) ta được:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\lambda_0}{1 - \frac{v}{c}} \\ &= \lambda_0 \left(\frac{c - v + v}{c - v} \right) = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c - v} \right) \end{aligned}$$

Vì $c \gg v$ nên ta có thể :

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

Từ đó:

$$\lambda - \lambda_0 = \Delta\lambda = \frac{v}{c} \lambda_0$$

Hay
$$\Delta\lambda = \lambda_0 \frac{v}{c} \quad \text{và} \quad \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Độ biến thiên bước sóng $\Delta\lambda$ gọi là độ dịch chuyển Doppler.

So sánh với vạch phổ của nguyên tử phát ra nguồn khi đứng yên thì phổ phát ra khi nguồn chuyển động có sự dịch chuyển:

- Nếu khoảng cách tăng (nguồn rời xa người quan sát) thì bước sóng tăng $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$. Phổ thu được trong trường hợp này sẽ có sự dịch chuyển về phía đỏ (Redshifts).

- Nếu khoảng cách giảm (nguồn tiến lại gần người quan sát) ta sẽ thấy bước sóng giảm $\lambda = \lambda_0 - \Delta\lambda$. Phổ có sự dịch chuyển về phía xanh (Blueshifts).

- Hiệu ứng Doppler có vị trí quan trọng trong thiên văn học vì nó cho phép khảo sát chuyển động của các thiên thể.

Thí dụ: Bằng các phương pháp khác người ta tính được vận tốc chuyển động của trái đất quanh mặt trời là 30Km/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 (xanh) với $\Delta\lambda$ thỏa mãn.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Với tia sáng màu lam ($\lambda_0 = 5000\text{Å}$), thì độ dịch xác định là $\Delta\lambda = 0,5 \text{ Å}$, từ đó ta cũng thu được $v = 30\text{km/s}$

$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$$

$$= \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 10^5}{5000} = 30 \text{ km/s}$$

Hiệu ứng Doppler cũng cho phép ta xác định sự quay của các thiên thể.

Vào đầu thế kỷ này nhà thiên văn Mỹ Hubble đã nhận thấy trong phổ của các thiên hà đều có sự lệch về phía đỏ, chứng tỏ các thiên hà đang chạy lùi xa nhau : Vũ trụ đang nở ra.

IV. SƠ LƯỢC VỀ PHÉP TRẮC QUANG TRONG THIÊN VĂN (ASTROPHOTOMETRY).

Trắc quang thiên văn là một phân của thiên văn vật lý nghiên cứu cường độ bức xạ đến được trái đất của thiên thể. Bức xạ đó được đặc trưng bởi độ rọi (Brightness). Nói chung, cường độ bức xạ nhìn thấy của một thiên thể được xác định bởi độ rọi mà nó tạo ra. Độ rọi trong thiên văn không nhận đơn vị (và cách định nghĩa) giống như trong quang học mà nhận hệ đơn vị của thiên văn gọi là cấp sao. (Độ rọi trong vật lý được tính qua lux). Việc đánh giá độ rọi của sao qua cấp sao được nhà thiên văn Hy Lạp Hipparchus tìm ra từ trước công nguyên (Thế kỷ II TCN). Nó dựa trên cơ sở mắt người có thể nhận ra sự khác biệt giữa hai nguồn sáng nếu độ rọi của chúng hơn nhau 2,5 lần (đây là một qui luật tâm lý mà mãi đến thế kỷ XIX người ta mới nhận ra). Trong khuôn khổ giáo trình ta sẽ làm quen với một số khái niệm sau :

1. Cấp sao nhìn thấy (Apparent Magnitude).

Cấp sao nhìn thấy là thang xác định độ rọi sáng của các thiên thể (và dựa trên sự cảm nhận của mắt với bước sóng ánh sáng nhìn thấy (= 5550Å))

Trong quang học ta biết độ rọi là:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Trong đó ϕ : Quang thông đi qua đơn vị diện tích vật thu ánh sáng, (thí dụ: mắt, kính thiên văn)

S : diện tích vật thu.

Nếu vật có dạng tròn, đường kính D thì

Như vậy độ rọi tỷ lệ nghịch với đường kính vật thu.

$$E \sim \frac{1}{D^2}$$

Trong thiên văn, đơn vị độ rọi biểu diễn qua 1 thang đặc biệt gọi là cấp sao nhìn thấy, ký hiệu là m với qui ước là : sao có độ rọi càng lớn ứng với cấp sao nhìn thấy càng bé. Hai sao khác nhau một cấp có độ rọi khác nhau 2,512 lần. Hai sao khác nhau n cấp có độ rọi khác nhau (2,512)ⁿ lần. Hay ta có tỷ số độ rọi:

$$\frac{E_1}{E_2} = (2,512)^{m_2 - m_1}$$

trong đó m₁ : Cấp sao nhìn thấy ứng với E₁

m₂ : Cấp sao nhìn thấy ứng với E₂

Như vậy 2 sao khác nhau 5 cấp có độ rọi khác nhau 100 lần.

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^5 = 100$$

Hay ta có thể viết dưới dạng khác :

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_2 - m_1)$$

Công thức trên mang tên nhà thiên văn Anh N.R. Pogson (gọi là công thức Pogson).

Dưới đây là bảng cấp sao của 1 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 là sao cấp 6. Với kính thiên văn ta có thể thấy được sao cấp 20. Như vậy kính thiên văn có công dụng phát hiện thêm những thiên thể trên bầu trời mà mắt trần không nhìn thấy.

Cấp sao nhìn thấy là một đại lượng có thể xác định được bằng quan trắc (thông qua đo độ rọi). Vì cấp sao nhìn thấy của một ngôi sao ổn định là không thay đổi nên độ rọi là một đại lượng không đổi, đặc trưng cho ngôi sao đó. Tuy nhiên nó không biểu thị năng lượng bức xạ của sao.

2. Cấp sao tuyệt đối (Absolute Magnitude).

Về mặt vật lý, nếu coi vật phát xạ là nguồn sáng thì độ rọi

$$E = \frac{B\sigma}{R^2}$$

trong đó B : độ chói

R : Khoảng cách giữa nguồn sáng và bề mặt vật được chiếu sáng.

σ : Mặt phẳng vuông góc tia nhìn.

Vậy E tỷ lệ nghịch với khoảng cách: $E \sim \frac{1}{R^2}$

Như vậy cấp sao không chỉ phụ thuộc vào năng lượng bức xạ mà còn phụ thuộc khoảng cách từ thiên thể đến trái đất. Cấp sao nhìn thấy không thể hiện được điều này.

Vậy nên trong thiên văn người ta qui định thêm cấp sao tuyệt đối (M).

Cấp sao tuyệt đối (M) của các sao được qui ước là cấp sao nhìn thấy của chúng nếu như khoảng cách từ chúng đến trái đất bằng nhau (và không tính đến sự hấp thụ của khí quyển). Khoảng cách qui ước này là 10 pascal (1 pascal ứng với góc thị sai hàng năm bằng 1 giây). Ta có thể xác định cấp sao tuyệt đối M của sao qua cấp sao nhìn thấy m và thị sai hàng năm π :

- Gọi m là cấp sao nhìn thấy của một sao với khoảng cách thực là d pascal.

m' là cấp sao nhìn thấy của sao đó nếu như nó cách ta là 10 pascal (tức chính là cấp sao tuyệt đối). Khi đó thì vì E tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách nên :

$$\frac{E_m}{E_{m'}} = \frac{E_m}{E_M} = \left[\frac{10}{d} \right]^2 \quad (\text{vì } m' \text{ chính là } M) \quad (1)$$

Kết hợp với công thức Pogson :

$$\lg \frac{E_m}{E_{m'}} = 0,4 (m' - m) \Leftrightarrow \lg \frac{E_m}{E_M} = 0,4 (M - m) \quad (2)$$

Thay (1) vào (2) :

$$\begin{aligned}
\lg\left(\frac{10}{d}\right)^2 &= 0,4(M - m) \\
2 \lg 10 - 2 \lg d &= 0,4 (M - m) \\
2 - 2 \lg d &= 0,4 (M - m) \\
5 - 5 \lg d &= M - m \\
M &= m + 5 - 5 \lg d
\end{aligned} \tag{3}$$

Vì thị sai hàng năm và khoảng cách thiên thể tỷ lệ nghịch với nhau : $d = \frac{1}{\pi}$ nên có thể viết lại công thức (3) thành :

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi$$

Công thức trên cho phép xác định cấp sao tuyệt đối M của một thiên thể khi biết cấp sao nhìn thấy m và thị sai hàng năm π của nó.

Chẳng hạn Mặt trời có:

$$m = -26,8 ; d = 1 \text{ đvtv} = \frac{1}{206265} \text{ ps}$$

$$\begin{aligned}
\text{thì } M_{\odot} &= -26,8 + 5 - 5 \lg \frac{1}{206265} \\
&= -26,8 + 5 + 5 \lg 206265 \\
&= -26,8 + 5 + 26,6 \\
M_{\odot} &= 4,8
\end{aligned}$$

3. Độ trung (Luminosity).

Để đặc trưng cho công suất bức xạ của sao người ta đưa ra khái niệm độ trung (L). Tuy nhiên, khác với công suất bức xạ trong vật lý, độ trung trong thiên văn có liên hệ với cấp sao tuyệt đối của sao.

Ta có sự liên hệ giữa công suất bức xạ của sao với độ rọi mà sao nó tạo ra trên trái đất.

$$L = 4\pi d^2 E$$

d : Khoảng cách đến thiên thể.

Nếu ta tính tỷ số công suất bức xạ giữa hai thiên thể 1 và 2 thì:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{4\pi d_1^2 E_1}{4\pi d_2^2 E_2} = \frac{d_1^2 E_1}{d_2^2 E_2}$$

Nếu coi khoảng cách đến các thiên thể là như nhau thì từ (1) có:

$$\begin{aligned}
\frac{d_1^2 E_1}{d_2^2 E_2} &= \frac{E_{M_1}}{E_{M_2}} \\
\text{hay } \frac{L_1}{L_2} &= \frac{E_{M_1}}{E_{M_2}}
\end{aligned}$$

Ta có thể áp dụng công thức Pogson cho cấp sao tuyệt đối (sinh viên tự chứng minh)

$$\lg \frac{E_{M_1}}{E_{M_2}} = 0,4(M_2 - M_1)$$

Từ đó :

$$\lg \frac{L_1}{L_2} = 0,4(M_2 - M_1)$$

- Nếu so sánh với độ trung của mặt trời ta có biểu thức độ trung của các sao tính theo đơn vị là độ trung của mặt trời ($L_{\odot} = 1$)

$$\lg L = 0,4(M_{\odot} - M)$$

Ví dụ : Sao Thiên lang có cấp sao tuyệt đối là 1,3 thì

$$\lg L = 0,4(4,8 - 1,3)$$

$$L \approx 25 L_{\odot}$$

- Chú ý : Tính độ trung L_{\odot} của mặt trời:

Gọi Q là hằng số mặt trời, tức lượng năng lượng bức xạ toàn phần (đủ các bước sóng) của mặt trời truyền thẳng góc đến một diện tích 1cm² ở cách mặt trời một khoảng cách bằng 1đvtv trong 1 phút. Người ta đo được Q là :

$$Q = 1,95 \text{ Calo/cm}^2 \cdot \text{phút.}$$

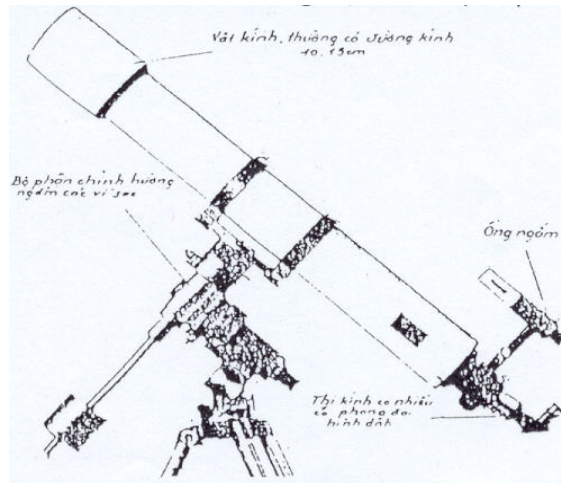
Đem nhân hằng số này với diện tích mặt cầu bán kính = 1đvtv ta thu được năng lượng bức xạ mặt trời trong 1 phút. Chia tiếp cho 60 ta được tổng công suất bức xạ của mặt trời, hay độ trung của nó (Q đổi ra jun, biết 1calo = 4,18Jun).

$$\begin{aligned} L &= \frac{Q \cdot 4\pi d^2}{60} \\ &= \frac{1,95 \cdot 4,18 \cdot 4 \cdot 3,14 (1,49 \cdot 10^{13})^2}{60} \\ &= 3,8 \cdot 10^{26} \text{ J/s} = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ w} \end{aligned}$$

* Như vậy cấp sao tuyệt đối phản ánh chính xác hơn về khả năng bức xạ của sao. Cấp sao tuyệt đối càng nhỏ năng suất bức xạ càng lớn.

V. KÍNH THIÊN VĂN (TELESCOPES) (hay Kính viễn vọng)

Kính thiên văn theo tiếng Hy Lạp là Telescope có nghĩa là dụng cụ để nhìn những vật ở xa. Đó là dụng cụ dùng để thu tín hiệu (bức xạ điện từ) phát ra từ thiên thể. Do khí quyển trái đất chỉ có hai cửa sổ cho bức xạ điện từ là vùng ánh sáng nhìn thấy và vùng sóng vô tuyến nên có thể có hai loại kính thiên văn đặt trên trái đất là kính thiên văn quang học và kính thiên văn vô tuyến. Ở đây ta sẽ xét kính quang học. Nguyên tắc của kính là thu gom ánh sáng từ thiên thể để có thể nhìn được những sao có cấp sao lớn, mắt thường không nhận ra và khuếch đại ảnh. Tuy nhiên tính năng thu gom là quan trọng hơn. Vì là dụng cụ quang học nên kính thường chịu những sai lệch quang học (quang sai, sắc sai) làm méo, nhòe ảnh nên người ta phải làm kính từ thủy tinh tốt và kết hợp chúng để loại trừ sai lệch. Ngoài ra, vì là dụng cụ thu bức xạ điện từ, là những bức xạ dễ bị ảnh hưởng của môi trường, nên kính thường phải được đặt ở những vùng núi cao, không khí trong lành khô ráo, khí quyển ít bị xáo động. Ngày nay, kính thiên văn là dụng cụ cần thiết không thể thiếu được trong quan sát thiên văn. Rất tiếc ở nước ta chưa có được một đài thiên văn nào tầm cỡ, với những kính thiên văn tối tân. Đó là vì đất nước còn nghèo nàn, lạc hậu. Nhưng cũng có thể là do khí hậu nước ta nóng ẩm, mưa bão nhiều, không tiện cho việc đặt kính quan sát.



Hình 93

1. Phân loại kính.

Tùy theo hệ thống quang học kính có thể được chia làm 2 loại:

a) Kính thiên văn khúc xạ (Refracting telescopes).

Kính thiên văn được cấu tạo chủ yếu bởi 2 phần: Vật kính và thị kính.

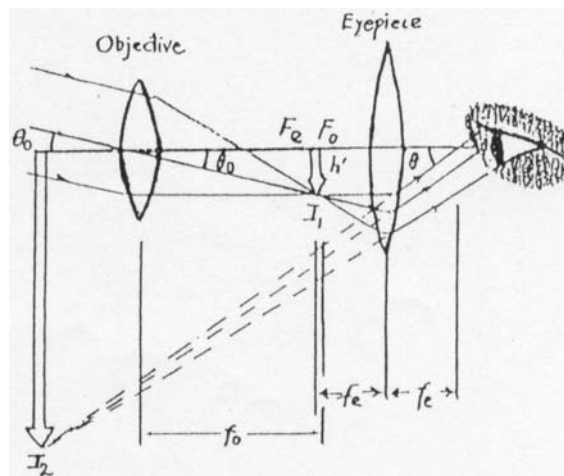
Ở loại kính khúc xạ vật kính là thấu kính (thị kính dĩ nhiên cũng là thấu kính, có tác dụng phóng đại ảnh).

Kính này được biết đến từ lâu, thường được gọi là ống nhòm. Trong số này có kính kiểu Kepler, kiểu Galileo...

Kính loại này lớn nhất hiện nay là ở Yeskes Observatory tại Wincosin (Mỹ), sử dụng từ năm 1890, có thông số :

- Đường kính vật kính $D = 1\text{m}$
- Tiêu cự vật kính $F = 19,8\text{m}$
- Tiêu cự thị kính $f = 2,8\text{m}$

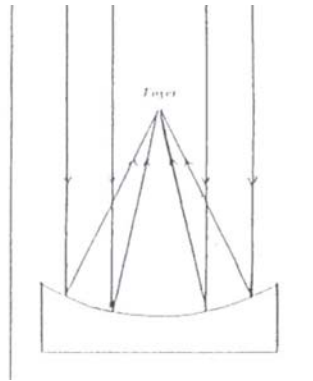
Nhược điểm của loại kính này là khả năng thu gom ánh sáng không cao và bị sắc sai làm nhòe ảnh.



Hình 94

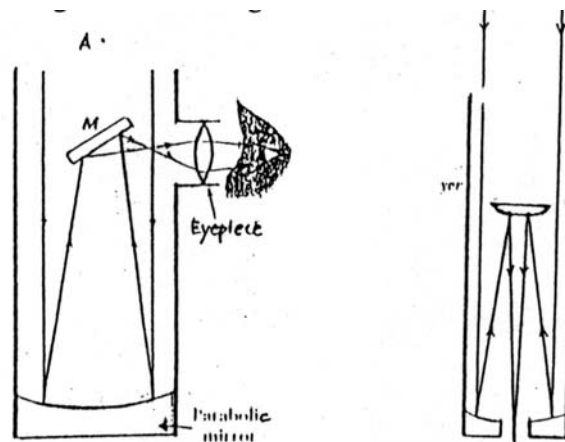
b) Kính thiên văn phản xạ (Reflecting telescopes).

Loại này có vật kính là gương cầu hoặc gương parabol. Thị kính vẫn là thấu kính. Có nhiều kiểu như kiểu Newton, kiểu Cassegrain, kiểu Grigorian, kiểu Conde (xem hình 95)



Hình 95. Kính Thiên văn phản xạ (nguyên lý chung)

Các kiểu khác nhau ở chỗ đặt thêm kính phụ tại tiêu điểm nhằm tăng thêm khả năng của kính.

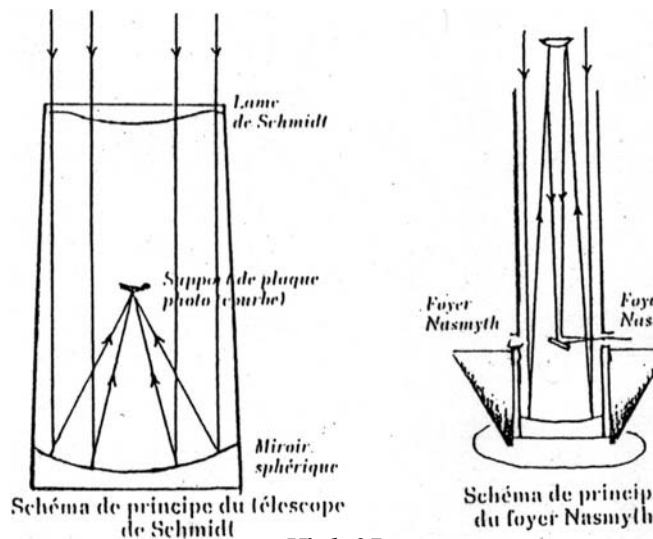


a) Kính kiểu Newton

b) Kính kiểu Cassegrain

Hình 96

Ngoài ra còn có các loại kính hỗn hợp để tăng cường khả năng của kính, khử độ méo, tăng thị trường. Hệ vật kính hỗn hợp gồm cả những gương và thấu kính. Đó là các kính như: Kiểu Schmidt, kiểu Schmidt-Cassegrain, kiểu Maksukov-Bouwer, kiểu Questar v.v...



Hình 97

Kính thiên văn ngày nay được hoàn thiện hơn nhiều, như có thêm CCD để xử lý số liệu v.v...

2. Các đặc trưng của kính thiên văn.

Mục đích của kính thiên văn là thu gom bức xạ của thiên thể để làm tăng mật độ bức xạ. Do đó nó có thể cho thấy cả những thiên thể mà mắt thường không thể thấy được và tách rõ các chi tiết ở gần làm ta phân biệt rõ các chi tiết của thiên thể. Kính cũng có khả năng phóng đại hình ảnh thiên thể. Nhưng ta sẽ thấy đây không phải là chức năng chính của kính.

a) Khả năng thu gom ánh sáng của kính thiên văn (Light - Gathering Power - LGP).

Là đại lượng đặc trưng cho khả năng thu gom ánh sáng của kính. Đó là đại lượng dùng để so sánh, không có thứ nguyên. Ta biết vật kính có đường kính D càng lớn thì càng gom được nhiều ánh sáng tức càng có khả năng nhận được những độ rọi thấp. (Vì quang thông ϕ có giá trị liên hệ với độ rọi là:

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{\phi}{\pi D^2}, \text{ nên } E \sim \frac{1}{D^2}$$

Mà độ rọi càng thấp thì cấp sao càng lớn, tức nhờ kính ta có thể nhìn thấy cả những sao mờ, mắt thường không thấy được.

Giả sử, kính 1 có đường kính D_1 thu được độ rọi là E_1 .

kính 2 có đường kính D_2 thu được độ rọi là E_2 .

Thì LGP là đại lượng so sánh giữa 2 kính :

$$LGP_{1,2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2$$

Như vậy, kính có đường kính lớn sẽ có LGP lớn.

- Thường người ta hay so sánh với mắt. Con người mắt có đường kính là $d = 6\text{mm}$ và có thể nhìn đến sao cấp + 6. (Ta ký hiệu là $m_{\text{mắt}}$). Giả sử có kính thiên văn có đường kính là D (tính ra mm). Ta xem so với mắt kính thu được đến cấp sao nào:

$$\text{Ta có : vì } E \sim \frac{1}{D^2}$$

$$\text{Nên } \frac{E_{\text{mắt}}}{E_{\text{kính}}} \sim \left[\frac{D}{d} \right]^2$$

Theo công thức Pogson 1

Vậy:

$$\lg \left(\frac{D}{d} \right)^2 = 0,4(m_{\text{kính}} - m_{\text{mắt}})$$

$$2 \lg D - 2 \lg d = 0,4(m_{\text{kính}} - m_{\text{mắt}})$$

$$5 \lg D - 5 \lg d = m_{\text{kính}} - m_{\text{mắt}}$$

$$m_{\text{kính}} = m_{\text{mắt}} - 5 \lg d + 5 \lg D$$

$$= 6 - 5 \cdot \lg 6 + 5 \lg D$$

$$= 6 - 3,9 + 5 \lg D$$

$$\boxed{m_{\text{kính}} = 2,1 + 5 \lg D}$$

Ta dùng công thức này để xác định khả năng nhìn thấy sao đến cấp nào của kính, khi biết đường kính vật kính của kính (tính ra mm - milimet).

Vật kính của kính thiên văn là một thông số rất quan trọng. Nó càng lớn thì ta càng có khả năng nhìn được nhiều vật thể trong vũ trụ hơn. Tuy nhiên không thể tăng D lên mãi được, vì sẽ làm tăng thêm những sai lệch quang học, làm ảnh không chính xác. Ở đài thiên văn Pastukhốp của Nga có kính thiên văn $D = 6\text{m}$ được coi là lớn nhất thế giới hiện nay. Ngày nay người ta phối hợp nhiều kính nhỏ để tăng D mà không làm méo ảnh.

b) *Độ bội giác - hay độ phóng đại (Magnifying Power - MP).*

Độ phóng đại của ảnh là:

$$K = \frac{F}{f}$$

trong đó : F - tiêu cự của vật kính

f - tiêu cự của thị kính

Ở kính thiên văn vật kính thường là cố định, ta có thể thay đổi thị kính để có độ phóng đại theo ý muốn. Tuy nhiên, trong thiên văn người ta chứng minh được độ bội giác tỷ lệ nghịch với khả năng thu gom ánh sáng. Có nghĩa ta càng phóng đại thì ảnh càng mờ. Vì vậy, độ phóng đại không phải là đặc tính quan trọng của kính thiên văn. Có thể hiểu như sau: Nếu tăng độ phóng đại bằng cách thay tiêu cự của thị kính thì ảnh to lên. Nhưng đường kính vật kính không đổi nên lượng ánh sáng gom được không đổi, tức ảnh phải mờ đi, nhìn không rõ nữa. Mà trong thiên văn điều ta cần là ánh sáng rõ, chứ không cần to lên.

Độ phóng đại của kính thiên văn cũng không phải là vô hạn. Khả năng phóng đại (theo chiều dài) cực đại của kính là:

$$K = 2D$$

trong đó D là đường kính vật kính tính ra mm (milimet)

c) *Năng suất phân giải (Resolving Power).*

Năng suất phân giải đặc trưng cho khoảng cách góc giới hạn giữa hai điểm của vật mà mắt còn phân biệt được.

Theo lý thuyết nhiễu xạ thì yêu cầu này thỏa mãn khi vân sáng nhiễu 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 (và đường kính vật kính D là:

$$e = 1,22 \frac{\lambda}{D} \text{ rad}$$

Nếu e tính ra giây cung, λ , D tính ra mm thì

$$e'' = 2,5 \cdot 10^5 \frac{\lambda}{D}$$

Mắt thường nhạy cảm với bước sóng $\lambda = 5 \cdot 10^{-4} \text{mm}$. Từ đó năng suất phân giải với kính thiên văn quang học là:

$$e'' = \frac{2,5 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{D} \approx \frac{120}{D}$$

hay :

$$e = \frac{120''}{D(\text{m.m})}$$

- Liên hệ giữa năng suất phân giải và độ phóng đại:

Mắt người có thể phân giải được hai điểm ở cách nhau $2'$. Nếu nhìn qua kính có độ phóng đại K và năng suất phân giải e thì góc nhìn trực tiếp e được phóng đại lên thành Ke . Vậy độ phóng đại K cần thiết của kính để giúp mắt có thể phân biệt được 2 điểm ở cách nhau một

khoảng bằng với khoảng cách ứng với năng suất phân giải của mắt phải thỏa mãn bất đẳng thức:

$$Ke \geq 2' \rightarrow K \geq \frac{2'}{e}$$

Thực tế cho thấy kính có năng suất phân giải tốt nhất khi có độ phóng đại thích hợp là
:K = $\frac{2'}{e}$

$$\text{Mặt khác, vì } e = \frac{120''}{D(\text{mm})} = \frac{2''}{D(\text{mm})}$$

nên $K = D(\text{mm})$.

Như vậy độ phóng đại thích hợp của kính khi quan sát thiên thể bằng mắt có trị số bằng đường kính của vật kính tính ra mm.

* Chú ý: Một số sách còn đưa ra khái niệm quang lực của kính (hay độ rộng khe tương đối) là đại lượng $G = \left[\frac{D}{F} \right]^2$, trong đó D là đường kính của thiên văn, F là tiêu cự của kính, đều tính ra mm. Độ sáng của ảnh thiên thể phụ thuộc vào quang lực.

- Một khái niệm khác là tỉ xích của ảnh, thường dùng trong chụp ảnh thiên thể.
- Ngoài ra để đánh giá điều kiện quan sát thiên văn người ta còn đưa ra các khái niệm như: seeing, transparency, Light Pollution v.v...

3. Các kiểu đặt kính.

a) *Lắp đặt phương vị (Altitude – Azimuth mount).*

Trong cách này hai trục quay của kính được đặt theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang. Do vậy ta có thể quan sát được thiên thể trong hệ tọa độ chân trời. Vì hệ này phụ thuộc nhật động nên chỉ có thể dùng để quan sát nhất thời.

b) *Lắp đặt xích đạo (Equatorial mount).*

Trong cách này một trục của kính (gọi là trục cực) được đặt song song chính xác với trục trái đất. Trục vuông góc với trục cực (gọi là trục nghiêng) sẽ song song với xích đạo trời và xích đạo trái đất. Cách lắp đặt này cho phép quan sát vật trong hệ tọa độ xích đạo 2, tức không phụ thuộc nhật động.

Cần chú ý vì trái đất quay nên ta phải lắp thêm mô-đun điều khiển kính ngược chiều quay trái đất để có thể coi là trái đất đứng yên, không ảnh hưởng đến quan sát.

Bằng cách lắp đặt này ta có thể chụp được ảnh thiên thể và có thể quan sát thiên thể một cách liên tục.

Ngoài ra, hiện nay với sự tiến bộ của ngành hàng không vũ trụ, người ta có thể đặt kính ở ngoài trái đất, do đó tránh được ảnh hưởng của khí quyển và vì vậy thu được nhiều thông tin hơn. Chẳng hạn như kính viễn vọng Hubble của Mỹ (1990).

Chương 6

CÁC SAO

Sao là một vật thể phổ biến nhất trong vũ trụ. Sao là một quả cầu khí khổng lồ nóng sáng, nơi vật chất tồn tại dưới dạng plasma và là các lò phản ứng hạt nhân tỏa ra năng lượng vô cùng lớn. Mặt trời là một ngôi sao gần chúng ta nhất, đồng thời chi phối cuộc sống của chúng ta nhiều nhất. Do nóng sáng và quá xa nên chúng ta không thể trực tiếp tiếp xúc được với sao, mà chỉ có thể nghiên cứu chúng thông qua những thông tin chính là bức xạ điện từ. Việc mô tả các sao đều dựa trên các số liệu quan sát rồi lập ra các mô hình vật lý và sau đó là kiểm chứng lại xem mô hình có thích hợp với số liệu quan sát mới hay không. Ngay cả đối với mặt trời các mô hình hiện nay cũng vẫn còn nhiều vấn đề chưa giải quyết được. Để nghiên cứu về sao ta cần phải biết rất nhiều về vật lý và vật lý hiện đại. Trong khuôn khổ giáo trình này ta chỉ có thể đề cập sơ lược một số vấn đề chính.

I. ĐẠI CƯƠNG VỀ THẾ GIỚI SAO.

Thế giới sao muôn hình muôn vẻ có thể được chia làm hai dạng dựa vào bức xạ của chúng: Loại sao ở vào giai đoạn ổn định, cho bức xạ không đổi (do đó các đại lượng đặc trưng như: cấp sao, nhiệt độ, áp suất v.v... không đổi) gọi là sao thường mà Mặt trời là một đại diện. Tuy nhiên, các sao cũng có quá trình tiến hóa, có những giai đoạn bất ổn, cho ra tín hiệu bức xạ thay đổi, gọi là sao biến quang. Ta sẽ lần lượt đi qua các đặc trưng của các sao đó trong việc nghiên cứu quá trình tiến hóa của sao.

II. CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA SAO.

Thông tin chủ yếu mà ta thu được từ sao là các bức xạ điện từ, từ đó ta xác định được các đại lượng như : cấp sao nhìn thấy, cấp sao tuyệt đối và độ trung của sao. Dựa vào các đại lượng trên ta có thể xác định được các đặc trưng cơ bản của sao như bán kính, khối lượng v.v... Đồng thời dựa vào các định luật về bức xạ ta có thể xác định được nhiệt độ (và áp suất) trên bề mặt các sao, xác định quang phổ của các sao, từ đó suy ra được các quá trình vật lý đang diễn ra trên các sao. Ta đi qua một số nét chính như sau:

1. Xác định kích thước các sao.

Trong vật lý, theo định luật Stefan - Boltzmann công suất bức xạ toàn phần (của vật hình cầu, bán kính R, nhiệt độ T) là:

$$W = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

Vậy công suất bức xạ của mặt trời là :

$$W_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma T_{\odot}^4$$

Ta có tỷ số công thức bức xạ của sao so với mặt trời :

$$\frac{W_{\odot}}{W} = \frac{R_{\odot}^2 T_{\odot}^4}{R^2 T^4}$$

Mặt khác, đây chính là tỷ số độ trung của sao so với mặt trời:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \frac{W}{W_{\odot}} = \frac{R^2 T^4}{R_{\odot}^2 T_{\odot}^4}$$

Từ đó bán kính sao là:

$$R = R_{\odot} \left(\frac{T_{\odot}}{T} \right)^2 \sqrt{\frac{L}{L_{\odot}}}$$

Ví dụ: Sao Thiên lang có $\frac{L}{L_{\odot}}$ và $T = 10.000 \text{ oK}$
 biết $T_{\odot} = 60000 \text{ K}$

Vậy bán kính sao Thiên lang so với mặt trời là: $R = 1,8R_{\odot}$

Như vậy là vì các sao ở xa ta không thể xác định bán kính của nó theo thị sai được (như chương 3), mà phải xác định một cách gián tiếp, thông qua bức xạ của nó. Người ta thấy kích thước sao rất đa dạng: Có sao lớn hơn mặt trời cả ngàn lần, có sao bé hơn mặt trời cả trăm lần.

2. Xác định khối lượng các sao.

Ta có thể xác định khối lượng sao bằng định luật 3 Kepler; bằng cách so sánh tỷ số giữa cặp mặt trời- hành tinh và cặp sao. Như vậy phương pháp này không thể xác định được khối lượng của các sao đơn trong không gian mà chỉ xác định khối lượng các sao đôi, tức các cặp sao chuyển động quanh khối tâm chung của hệ dưới tác dụng của lực hấp dẫn (Binary: sao đôi).

Gọi T : Chu kỳ chuyển động của sao vệ tinh đối với sao chính.

a : Bán trục lớn của quỹ đạo chuyển động của sao vệ tinh.

$M_1 M_2$: Khối lượng 2 sao

Đối với hệ mặt trời - trái đất thì T_0, a_0 : Chu kỳ và bán trục lớn của chuyển động của trái đất quanh mặt trời.

m, M_{\odot} : Khối lượng trái đất, mặt trời.

Áp dụng định luật 3 Kepler ta có :

$$\frac{T^2(M_1 + M_2)}{a^3} = \frac{T_0^2(M_{\odot} + m)}{a_0^3} = \frac{4\pi^2}{G}$$

Vì $m \ll M_{\odot}$ từ đó :

$$\frac{M_1 + M_2}{M_{\odot}} = \left(\frac{a}{a_0}\right)^3 \left(\frac{T_0}{T}\right)^2$$

$$\text{Hay } M_1 + M_2 = M_{\odot} \left(\frac{a}{a_0}\right)^3 \left(\frac{T_0}{T}\right)^2$$

Ví dụ: Với sao đôi Cận tinh (chòm Bán nhân mã) có chu kỳ $T=80$ năm, $a=22$ dvtv thì khối lượng chung của hệ sao này là:

$$M_1 + M_2 = M_{\odot} (22)^3 \left(\frac{1}{80}\right)^2 = 1,7M_{\odot}$$

- Ngoài ra đối với các sao trong các dải của biểu đồ H - R (xem các mục tiếp theo) người ta tìm được liên hệ giữa độ trung và khối lượng. Ví dụ : đối với các sao ổn định, thuộc dải chính của biểu đồ thì : $L = M^{3,9}$. Từ đó ta có thể xác định được khối lượng của các sao đơn qua độ trung của nó mà không cần qua định luật 3 Kepler.

3. Xác định khoảng cách đến các sao.

Bằng phương pháp thị sai quang phổ (tức mối liên hệ giữa độ trung và quang phổ) người ta có thể xác định được khoảng cách đến các sao dựa vào cặp sao tuyệt đối của nó:

$$M = m + 5 - 5 \text{ Lgd}$$

(Xem phần cặp sao tuyệt đối)

Từ năm 1912 nhà nữ thiên văn Mỹ Leavitt đã nhận thấy một số sao biến quang trong chòm sao Cepheus (thiên vương) có chu kỳ biến quang tỷ lệ với cặp sao tuyệt đối : Chu kỳ càng dài, cặp sao càng lớn. Như vậy dựa vào chu kỳ biến quang của sao biến quang loại

này (gọi là các sao Cepheid) người ta có thể tính được cấp sao tuyệt đối của chúng, từ đó xác định được khoảng cách đến chúng (chu kỳ này rất dễ xác định bằng quang trắc thiên văn).

4. Phân loại sao theo đặc trưng quang phổ.

Bằng cách phân tích quang phổ của các sao người ta có thể biết được nhiệt độ và màu sắc ứng với nhiệt độ đó. Đồng thời phân tích quang phổ còn cho biết thành phần hóa học của vật chất cấu tạo sao. Dựa trên đặc tính quang phổ người ta chia sao thành 8 loại chính, được ký hiệu qua 8 chữ cái.

W - O - B - A - F - G - K - M.

Bảng 6: Đặc trưng cơ bản của sao theo quang phổ

Loại	Nhiệt độ (0K)	Màu	Vạch quang phổ nổi bật
W	50000	Lam	Vạch phát xạ He ⁺ , He, N
O	30000	Lam	Vạch hấp thụ He ⁺ , He, H và ion C, Si, N, O
B	20000	Trắng lam	Vạch He
A	10000	Trắng	Vạch H
F	8000	Trắng vàng	Vạch CA ⁺ , Mg ⁺ , H yếu
G	6000	Vàng	Vạch Ca ⁺ , Fe, Ti
K	4000	Da cam	Vạch Fe, Ti
M	3000	Đỏ	Dải hấp thụ của phân tử TiO

Ghi chú :

- Chỉ trong quang phổ loại W mới có các vạch phát xạ. Các sao loại này gọi là sao Wolf - Rayet.
- Mặt trời là sao có quang phổ loại G

III. NGUỒN GỐC NĂNG LƯỢNG CỦA CÁC SAO.

Nguồn năng lượng khổng lồ mà các sao có được chính là do các phản ứng tổng hợp hạt nhân trên các sao đó (phản ứng nhiệt hạch).

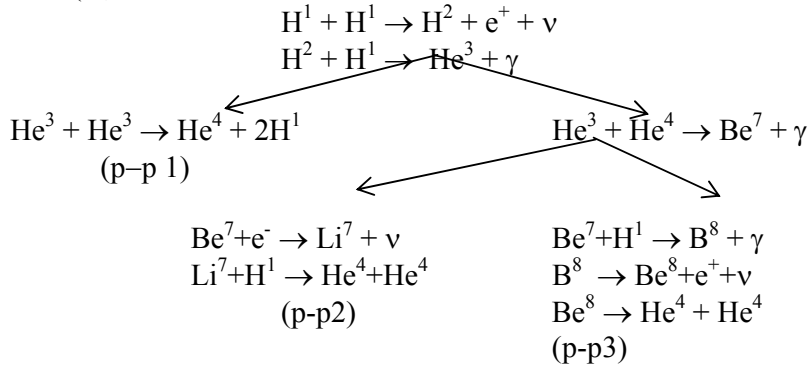
Trong các sao có thể xảy ra các phản ứng hạt nhân và kết quả cuối cùng như sau:

Bảng 7

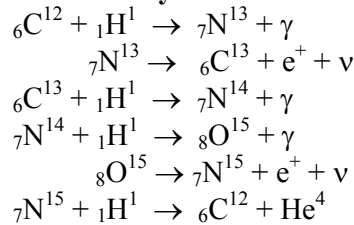
Quá trình	Nguyên liệu	Sản phẩm chính	Nhiệt độ Ko	Khối lượng M/M
Đốt Hydro	H	He	$1-3 \cdot 10^7$	0,1
Đốt Helium	He	C, O	$2 \cdot 10^8$	1
Đốt Cacbon	C	O, Ne, Na, Mg	$8 \cdot 10^8$	1,4
Đốt Neon	Ne	O Mg	$1,5 \cdot 10^9$	5
Đốt Oxy	O	Từ Mg đến S	$2 \cdot 10^9$	10
Đốt Silic	Từ Mg đến S	Các nguyên tố gần Fe	$3 \cdot 10^9$	20

Như vậy tùy theo khối lượng của sao các phản ứng hạt nhân trong nó sẽ dùng nguyên liệu nào. Ví dụ: Mặt trời là một ngôi sao đang đốt Hydro theo các chu trình sau :

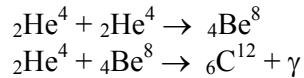
1. Chu trình proton – proton hay chu trình Critchfield. Nó có thể xảy ra trong các sao có T (1,5.10⁷ oK



2. Chu trình Cacbon hay chu trình Bethe. Trong đó cacbon chỉ là chất xúc tác :



(Các quá trình đốt Helium có thể diễn ra như sau (ở nhiệt độ cỡ 10⁸ 0K)

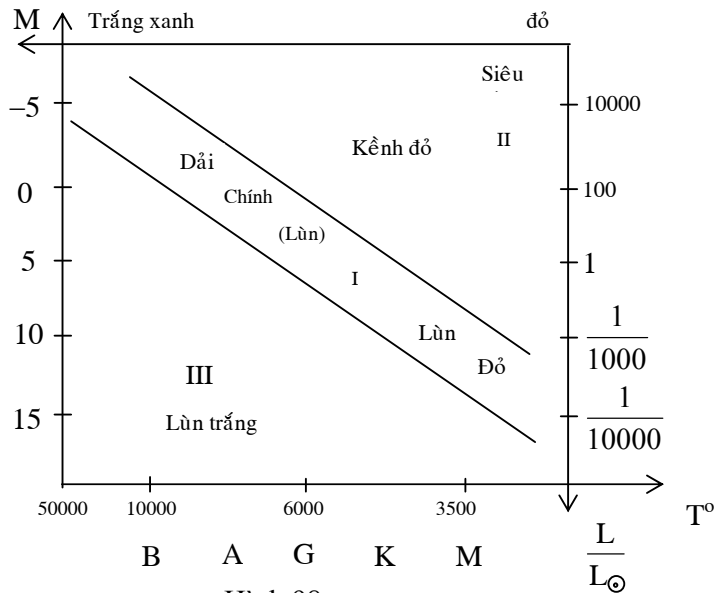


Trong giáo trình vật lý nguyên tử và hạt nhân ta biết phản ứng tổng hợp hạt nhân chính là sự kết hợp của các hạt nhân nhẹ tạo thành hạt nhân mới, khối lượng lớn hơn. Từ hệ thức Einstein về sự tương đương giữa khối lượng và năng lượng $E = mc^2$, ta có thể tính được năng lượng tỏa ra trong phản ứng này. Để phản ứng tổng hợp hạt nhân xảy ra các hạt nhân mang điện tích dương phải có được năng lượng để thắng lực đẩy Coulomb và tiến đến khoảng cách tác dụng của lực hạt nhân. Năng lượng này tương đương với nhiệt độ trung bình chuyển động nhiệt của hạt vào cỡ cả tỷ Kelvin. Trong các sao nhiệt độ này có thể đạt được do chuyển động nhiệt của các hạt nhân nhẹ dưới tác dụng của lực hấp dẫn. Ví dụ, đối với Mặt trời, nhiệt độ tại tâm vào cỡ 1,5.10⁷K, đủ để châm ngòi cho sự tổng hợp Hydro thành Heli.

Các hạt nhân nhẹ chỉ có thể tổng hợp cho đến sản phẩm cuối cùng là sắt (Fe). Quá trình hình thành các nguyên tố hóa học nặng hơn sắt diễn ra phức tạp hơn, ta sẽ nghiên cứu sau.

IV. BIỂU ĐỒ H - R (HERTZSPRUNG - RUSSELL DIAGRAMS).

Năm 1910, hai nhà thiên văn Đan Mạch là Hertzsprung và Mỹ là Russell đã xác lập được mối quan hệ giữa quang phổ (tức nhiệt độ) và độ trung (hay cấp sao tuyệt đối) của các sao bằng biểu đồ.



Hình 98

Các sao được biểu diễn trên biểu đồ thông qua cặp thông số của chúng là cấp sao tuyệt đối M và nhiệt độ (T) hay độ trung $\frac{L}{L_{\odot}}$ và quang phổ.

Người ta thấy các sao hợp thành những nhóm trên biểu đồ, trong các nhóm đó các sao có đặc tính khác nhau.

Phần lớn các sao tập trung theo một đường kéo dài theo đường chéo (trái trên - dưới phải) gọi là dải chính-dải I (Main - Sequence). Một số tập trung ở phía trên bên phải-dải II và phía dưới bên trái- dải III.

Mặt trời được biểu diễn như một sao nằm giữa dải chính (dấu +).

Như vậy, dựa trên biểu đồ người ta phân loại các sao như sau:

1. Các sao trên dải chính (Dwarfs).

Gọi là sao lùn (dwarfs). Chúng là những sao thường. Mặt trời là một sao lùn loại G. Một số sao dải chính không "lùn", lắm có nghĩa là chúng lớn và sáng (trên trái) Độ sáng của chúng bằng những sao kênh II. Một số ở góc phải dưới ứng với nhiệt độ thấp gọi là lùn đỏ (nhỏ và có nhiệt độ thấp).

2. Sao kênh - kênh đỏ - Siêu kênh II (Giants, Red Giants, Super Giants).

Các sao thuộc dải II ứng với nhiệt độ không lớn (quang phổ G -M, nhiệt độ 6000o – 3000oK), tức ứng với cấp sao tuyệt đối cỡ bằng 0 (hay độ trung là 100 L_{\odot}) là những sao có kích thước rất lớn, được gọi là sao kênh. Phổ của chúng thường là đỏ nên gọi là kênh đỏ. Trên chúng còn có các sao có độ trung lớn hơn rất nhiều. Đó là những sao có kích thước rất lớn, gọi là siêu kênh.

Tỷ lệ trên biểu đồ cho thấy: Ứng với 1 sao siêu kênh có khoảng 1000 sao kênh và hàng chục triệu sao thường.

3. Sao lùn trắng (white dwarfs).

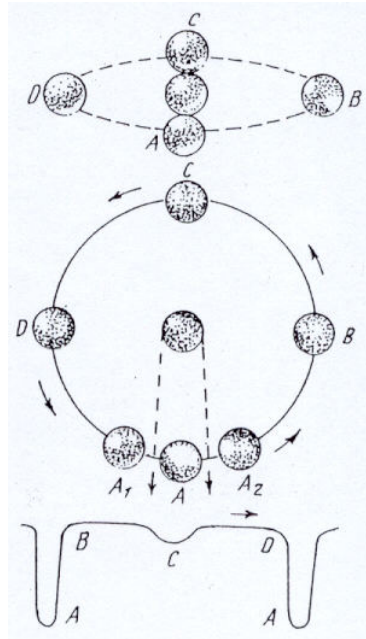
Là những sao thuộc dải III. Chúng có nhiệt độ rất cao (Quang phổ B - A - F hay $T = 20.000 - 8000\text{oK}$) với cấp sao cao (cỡ $+5 \rightarrow +10$), tức ứng với độ trung thấp. Vậy chúng phải có kích thước rất nhỏ tức rất lùn, vì có màu trắng nên gọi là lùn trắng.

Ngoài ra, cùng các tên gọi sao như trên ta còn có các tên lùn nâu, lùn đen, các sao biến quang, các sao nổ... Thực ra có khi các tên đó chỉ để mô tả cùng một ngôi sao, nhưng trong các giai đoạn tiến hóa khác nhau của nó.

V. CÁC SAO BIẾN QUANG.

1. Sao biến quang do che khuất.

Chúng thường là các hệ sao kép (Double - stars) hay sao đôi (Binary - stars). Độ sáng của từng sao không thay đổi, nhưng trong quá trình chuyển động quanh khối tâm chung chúng có lúc che khuất nhau, dẫn đến quang thông tổng cộng đến trái đất (và do đó là cấp sao) biến thiên tuần hoàn. Tiêu biểu là sao Angon trong chòm Thiên vương (Cepheus).



Hình 99. Sao biến quang do che khuất

2. Sao biến quang co nở. (Variable - Stars)

Sao này có độ sáng (cấp sao) thực sự biến đổi một cách tuần hoàn do sự vận động vật chất của sao tạo nên: Các lớp vỏ của sao co nở như một con lắc cầu không lồ, làm cho cấp sao biến thiên tuần hoàn. Các sao này thường nằm giữa giải chính và dải sao kền trên biểu đồ H - R. Càng gần dải sao kền chúng có chu kỳ co nở càng lớn. Tức là khối lượng riêng càng nhỏ, chu kỳ co nở càng lớn. Người ta đã xây dựng được lý thuyết mô tả sự co nở này, nhưng chưa hiểu rõ được nguyên nhân của nó.

3. Sao biến quang đột biến - Sao mới và sao siêu mới (Novae - Supernovae).

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 hàng chục vạn lần (sao mới) hoặc cỡ triệu lần rồi lại tắt đi. Đó là các sao mới và sao siêu mới.

a) Sao mới (Novae).

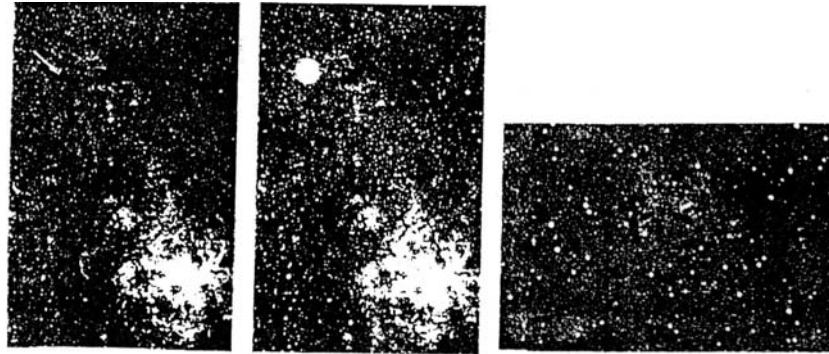
Sao mới thực ra không phải là sao mới sinh ra, mà là các sao đã già (ta sẽ hiểu rõ hơn khi học đến quá trình tiến hóa của sao). Khi một sao trong hệ sao đôi trở thành sao lùn trắng còn sao kia vẫn ở giai đoạn bình thường thì sao lùn trắng có thể hút vật chất của sao thường (vì mật độ vật chất của lùn trắng rất lớn, nên lực hút rất mạnh). Vật chất của sao thường phần lớn là Hydro chưa bị đốt. Khi bề mặt sao lùn trắng tích lũy được lượng Hydro ở mức một phần vạn khối lượng mặt trời, mật độ và nhiệt độ ở đây đủ để xảy ra phản ứng tổng hợp Hydro thành Heli. Vụ bộc phát được châm ngòi như vậy làm cho sao lùn trắng sáng

bùng lên một cách đột ngột gọi là bộc phát sao mới. Trong Ngân hà 1 năm có thể có 50 vụ bộc phát sao mới.

b) Sao siêu mới (Supernovae).

Sự bộc phát sao siêu mới diễn ra mãnh liệt hơn sao mới rất nhiều. Nó để lại tàn dư trong vũ trụ cùng với nhiều bức xạ Synchrotron mà ta còn có thể quan sát được hàng ngàn năm sau. Nổi tiếng là vụ sao Khách, tức sao lạ theo thiên văn Trung Quốc cổ - là vụ nổ sao siêu mới ở chòm sao Kim ngưu (Taurus) tạo nên tinh Vân cua (Crab) năm 1054. Hay gần đây, 1987, vụ nổ trong thiên hà đại tinh vân Magellan.

Sao siêu mới có 2 loại I, II với các đặc tính khác nhau. Ta sẽ hiểu rõ vai trò sao siêu mới trong sự tiến hóa của các sao, đặc biệt hiểu được cơ chế tạo thành các nguyên tố nặng và cả sự tạo thành một loại sao đặc biệt: Sao Notron.



Ảnh chụp siêu sao mới SN1987A trước (chỗ mũi tên bên trái) và sau khi xuất hiện (bên phải) trong thiên hà Đại Tinh vân Magienlăng.

Tinh vân Con Cua là tinh vân được các nhà thiên văn Trung Quốc biết đến từ 1054 với tên gọi là sao Khách.

Hình 100

Bảng 8. Các loại sao siêu mới

	Loại I	Loại II
Nguồn Quang phổ	Lùn trắng trong sao đôi không có vạch Hydro	Sao nặng, trẻ Có vạch Hydro
Độ sáng	sáng hơn loại II 1,5 cấp	
Địa điểm	Trong tất cả các loại thiên hà	
Tốc độ nổ	10000 km/s	Chỉ có trong thiên hà xoắn ốc.
Bức xạ vô tuyến	không có	5000km/s có

V. SAO NOTRON (NEUTRON(STARS) VÀ LỖ ĐEN (BLACK HOLES).

Trong thiên văn còn có những thiên thể mà việc mô tả nó được xây dựng trên lý thuyết. Đó là sao Notron và lỗ đen (Stellar black holes).

1. Sao Notron (Neutron-Stars) và sao xung (Pulsars).

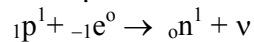
Năm 1932 nhà vật lý người Anh là J. Chadwick đã phát hiện ra một hạt cơ bản cấu tạo nên hạt nhân. Đó là hạt Notron (neutron), là hạt không mang điện, có khối lượng xấp xỉ (lớn hơn) hạt proton. Cũng năm đó, nhà vật lý Liên Xô (cũ) Landau cho rằng trong vũ trụ có thể tồn tại một loại thiên thể đặc biệt, có mật độ cao, do hạt notron tạo thành. Năm 1934 các nhà thiên văn Mỹ như Baode đã đưa ra giả thuyết về sao notron như cái lõi còn sót lại sau khi sao siêu mới bộc phát và bị nén chặt lại tạo thành notron. Năm 1939 nhà vật lý Mỹ Oppenheimer đã xây dựng mô hình kết cấu đầu tiên cho sao notron.

Muốn hiểu rõ sự tạo thành sao neutron ta phải xem quá trình tiến hóa của sao. Trong đó, ở giai đoạn cuối của cuộc đời các sao có thể tiến hóa thành một trong 3 loại: Lùn trắng (sau đó là lùn đen), sao neutron và lỗ đen, tùy theo khối lượng của nó.

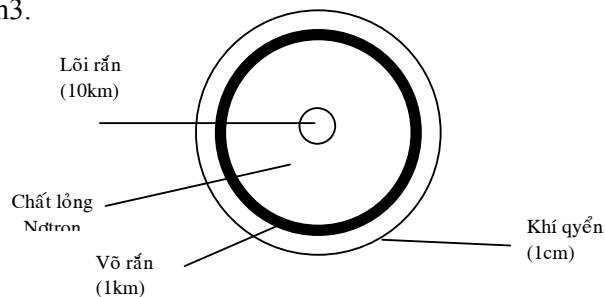
Chandrasekhar (nhà thiên văn Mỹ gốc Ấn Độ - Nobel vật lý năm 1983) đã tìm ra được giới hạn khối lượng cho từng loại dựa vào nguyên lý loại trừ Pauli trong cơ học lượng tử. Đó là giới hạn $M_{gh} = 1,4 M_{\odot}$.

- Các sao có khối lượng $M < M_{gh}$ (tức $< 1,4 M_{\odot}$) sẽ chuyển hóa thành sao lùn trắng.

- Các sao có khối lượng từ $1,4 - 2 M_{\odot}$ sau khi đến giai đoạn cuối cùng sẽ bị co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của bản thân, sinh ra một lớp áp lực lớn đến mức đẩy các electron (e^-) bên ngoài hạt nhân tọt vào trong hạt nhân. Sau đó, các proton bên trong hạt nhân sẽ kết hợp với electron để tạo thành neutron:



Kết quả là tạo nên sao neutron có cấu tạo khác thường: Ở lớp vỏ ngoài là một lớp sắt (tinh thể) dày 1km. Sau đó là chất lỏng neutron siêu chảy (một trạng thái vật lý đặc biệt) có mật độ rất cao cỡ 1 tỷ tấn/cm³.

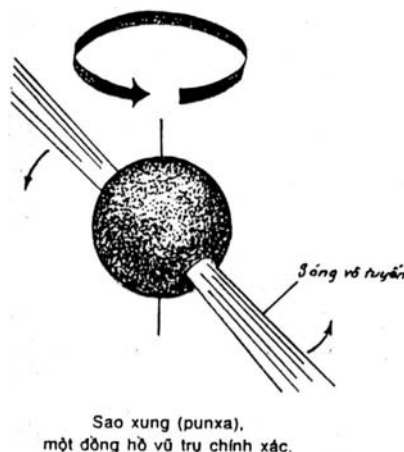


Hình 101. Hình sao Neutron

Như vậy, bán kính của sao neutron rất nhỏ. Một sao có khối lượng cỡ 2 lần mặt trời $M = 2M_{\odot}$ có bán kính cỡ 12km.

Vì kích thước nhỏ nên sao neutron quay rất nhanh (sinh viên tự chứng minh lấy), đồng thời cảm ứng từ trên bề mặt của nó cũng rất lớn.

Như vậy sao neutron là sao siêu đặc cấu tạo chủ yếu từ neutron, tự quay rất nhanh và có từ trường rất mạnh. Do vậy nó phát sóng điện từ ở vùng vô tuyến. Vì trục từ không trùng với trục quay của nó nên trái đất có thể bắt được sóng của nó dưới dạng các xung đều đặn. Do đó các sao neutron còn được gọi là các sao xung hay punxa (pulsar). Năm 1967 ở Anh người ta đã ghi nhận được những xung vô tuyến lạ và cho rằng đó là dấu hiệu của những người ngoài hành tinh. Té ra đó chỉ là các xung của một pulsar. (Do một nữ sinh viên Anh là Jocelyn Burnell ghi nhận được, và thầy cô là A. Hewish đã nhận được giải Nobel vì phát kiến này).



Hình 102. Sao Neutron (pulsar)

2. Lỗ đen (Stellar - Black holes).

Mô hình lỗ đen được xây dựng dựa vào thuyết tương đối rộng, bởi các nhà bác học như Oppenheimer, Penrose, Hawking. Theo đó, bản chất của lực hấp dẫn được biểu hiện qua độ cong của không - thời gian, trong đó độ lệch khỏi không gian Euclide phụ thuộc vào khối lượng của vật và khoảng cách đến vật. Hệ quả của thuyết là: lực hấp dẫn lên một vật khối lượng M có thể tăng lên vô cực nếu bán kính vật là:

$$R_g = \frac{2GM}{c^2}$$

(khi $r \rightarrow R_g$ thì $F_{hd} \rightarrow \infty$)

R_g gọi là bán kính hấp dẫn của vật M (hay bán kính Schwarzschild).

Với mặt trời $R_g = 2,96\text{km}$

Trái đất $R_g = 0,9\text{cm}$

Mặt cầu bán kính R_g bao quanh M được gọi là cầu hấp dẫn.

Với giả thiết một sao có khối lượng M co rút lại vào trong cầu hấp dẫn của nó thì khối lượng riêng trung bình của nó sẽ là:

$$\bar{\rho} = 2.10^{16} \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^2 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

trong đó M_{\odot} là khối lượng mặt trời.

Với mặt trời $\bar{\rho}_{\odot} = 2.10^{16} \text{ g/cm}^3 = 2.10^{10} \text{ tấn/cm}^3$ nghĩa là lớn hơn khối lượng riêng của hạt nhân nguyên tử $\bar{\rho}_{hn} = 10^{14} \text{ g/cm}^3$. Thật là một khối lượng khủng khiếp.

Theo cách tiến hóa thứ 3 của sao, những sao lớn hơn giới hạn Chandrasekhar nhiều lần ($M = 8 \div 10 M_{\odot}$) có thể co mãi đến mức tới hạn, tạo thành lỗ đen. Vì sao lại gọi là lỗ đen : Ta lý giải như sau :

Theo thuyết tương đối thì quanh vật thể có khối lượng lớn thì không - thời gian bị biến đổi.

Giả sử Δt là khoảng thời gian giữa hai sự kiện xảy ra trên thiên thể có khối lượng M và bán kính r (thời gian riêng), (t' là khoảng thời gian giữa hai sự kiện đó được người quan sát ở ngoài thiên thể ghi nhận (thời gian tọa độ) thì:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{rc^2}}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{R_g}{r}}}$$

Ta thấy nếu $r \gg R_g$ thì $\Delta t' = \Delta t$

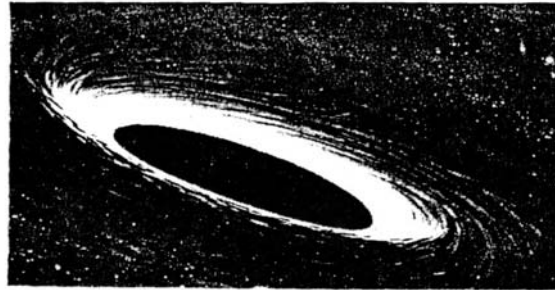
Nhưng nếu $r \rightarrow R_g$ thì $\Delta t' \rightarrow \infty$, tức khi thiên thể có bán kính co rút đến gần trị số bán kính hấp dẫn R_g của nó thì thời gian tọa độ sẽ trở nên vô cùng lớn, thời gian kéo dài ra. Như vậy, giả sử sao khi bình thường phát sóng $\lambda_0 = cT_0$ (trong đó: T_0 - chu kỳ sóng) thì khi sao co rút đến bán kính $r = R_g$ thì:

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{R_g}{r}}} = \infty$$

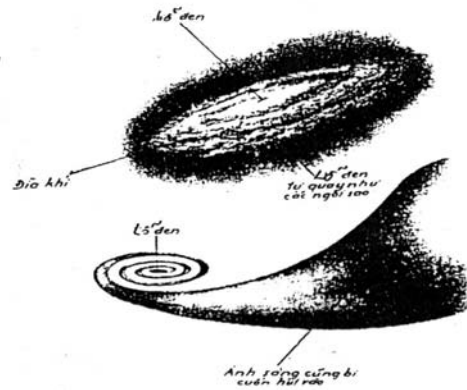
Vậy bước sóng $\lambda = cT = \infty$

Điều đó có nghĩa khi sao biến thành lỗ đen thì ta không thể thu được sóng điện từ của nó - tức là cả ánh sáng - Sao đã tắt ngấm và được gọi là lỗ đen. Thậm chí vật chất cũng không thoát ra được khỏi lỗ đen. Hay lỗ đen là một con quái vật hút tất cả những gì đến gần nó.

Vậy làm sao có thể phát hiện được lỗ đen? Nếu nó là thành viên của hệ sao đôi thì nó sẽ hút vật chất của sao thành viên, tạo thành bụi khí chuyển động theo quỹ đạo xoáy tròn ốc, nóng hàng chục triệu độ, tức tạo ra nguồn bức xạ tia Ronghen rất mạnh.



Hình 103a. Lỗ đen cuốn hút vật chất từ đồng hành, cọ sát nhau và nóng lên hàng triệu độ.



Hình 103b. Lỗ đen cuốn hút như một xoáy ốc dữ dội mọi vật chất và ánh sáng đến gần lỗ đen.

Một trong những ứng cử viên của lỗ đen là sao HDE 226868 thuộc chòm thiên nga (Cygnus) X -1, có lỗ đen với khối lượng $M_{\odot} = 10M_{\odot}$.

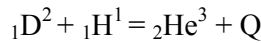
VII. GIẢ THUYẾT VỀ SỰ TIẾN HÓA CỦA CÁC SAO.

Thiên văn cổ điển coi các sao trên trời không có tiến hóa, nó đã tồn tại như vậy và mãi mãi vẫn vậy. Ngày nay, nhìn vào biểu đồ H - R người ta có thể nghĩ rằng đó là biểu đồ mô tả những giai đoạn phát triển khác nhau của sao. Tuy nhiên, tuổi đời của con người, thậm chí của loài người, thật quá ngắn ngủi so với một đời sao. Không ai có thể chứng kiến các sao đã sinh ra, lớn lên, già đi rồi chết như thế nào hết. Vì vậy chỉ có thể đưa ra giả thuyết về sự tiến hóa của chúng mà thôi.

1. Giai đoạn tiền sao.

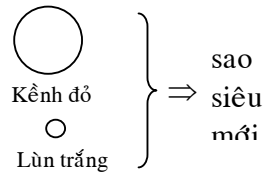
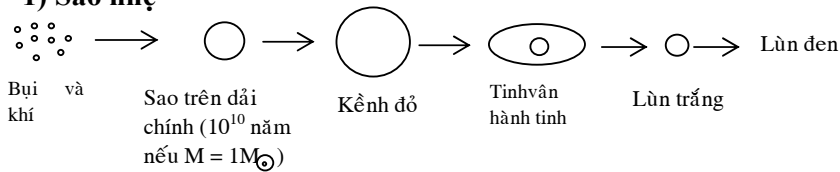
Các nhà khoa học đều cho rằng các sao được hình thành từ các đám mây bụi và khí (có được sau vụ nổ Big - Bang hoặc sau các vụ nổ của các sao trước đó). Thành phần chủ yếu của các đám mây khí là Hydro. Dưới tác dụng của lực hấp dẫn chúng tích tụ lại, co lại. Phần trung tâm co nhanh và chúng trở thành các phôi sao (Proto star). Các phôi này nóng dần lên do va chạm và sức nén của lực hấp dẫn. Tuy nhiên, lúc này nhiệt độ bề mặt của chúng chỉ cỡ vài trăm độ K và sao bức xạ tia hồng ngoại nên gọi là sao lùn đỏ (Red Dwarfs). Đồng thời xung quanh sao vẫn bị bao bọc bởi lớp khí bụi bình thường nên rất khó quan sát. Phôi sao tiếp tục co và các nguyên tử khí bị cọ sát làm nhiệt độ tăng lên, cho đến khi đạt cỡ 10^7 °K thì phản ứng hạt nhân bắt đầu. Tùy theo khối lượng mà sao tích tụ được chúng sẽ trở thành sao loại nào trên của biểu đồ. Có những sao có khối lượng nhỏ (chỉ

bằng $1/12 M_{\odot}$) thì nhiệt độ có được không lớn lắm, không đủ để có thể phản ứng tổng hợp H thành He, nhưng có thể đủ nhiệt độ để châm ngòi cho phản ứng với deuteri (đồng vị của H, viết tắt là ${}^2\text{D}$).

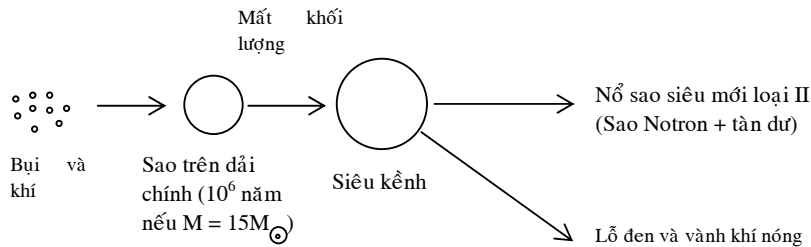


Đó là sao lùn nâu (Brown-Dwarfs). Do lượng ${}^2\text{D}$ ít nên chúng chỉ tồn tại cỡ mấy triệu năm, cạn kiệt nhiên liệu, không phát sáng và trở thành lùn đen (Black Dwarfs). Các sao khác có quá trình tiến hóa theo sơ đồ sau:

1) Sao nhẹ



2) Sao nặng



Hình 104. Sơ đồ tóm tắt sự tiến hóa của các sao

2. Giai đoạn sao ổn định.

- Nếu sao đạt khối lượng cỡ $>1/12 M_{\odot}$ thì nhiệt độ có thể lên đến 10^7 K , đủ để xảy ra phản ứng nhiệt hạch tổng hợp Hydro (như của mặt trời). Một sao đã hình thành. Nó còn tồn tại khi bảo đảm các điều kiện cân bằng thủy động học giữa lực phát sinh bởi khối khí tham gia phản ứng hạt nhân và lực hấp dẫn. Đây là những phương trình rất phức tạp, ta chỉ cần biết qua:

- Phương trình cân bằng thủy động học: (Hydrostatic equilibrium)

$$\frac{dP}{dr} = - \frac{GM(r)\rho(r)}{r^2}$$

- Khối lượng liên tục (Mass continuity)

$$\frac{dM}{dr} = 4 \pi r^2 \rho(r)$$

- Năng lượng truyền dẫn (Energy transport - radiative and convective: truyền dẫn bằng bức xạ hay đối lưu)

$$\frac{dT}{dr} = \left[\frac{-3K(r)\rho(r)}{64\pi\sigma r^2 T^3(r)} \right] L(r)$$

$$\frac{dT}{dr} = \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) \left[\frac{T(r)}{P(r)} \right] \frac{dP}{dr}$$

- Cân bằng nhiệt động: (Energy generation - Thermal equilibrium).

$$\frac{dL}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r) \epsilon(r)$$

- Phương trình trạng thái (Equation of State):

$$P(r) = \frac{k\rho(r)T(r)}{\mu(r)m_H}$$

Trong đó :
 P : Áp suất
 T : Nhiệt độ
 M : Khối lượng
 ρ : Mật độ
 L : Độ trung
 μ : Nguyên tử khối
 ϵ : Năng lượng tạo thành
 r : Bán kính sao
 K : Hệ số hấp thụ

$$\gamma : \text{Tỷ số nhiệt và áp suất để khí là khí lý tưởng} = \frac{3}{5}$$

Ta thấy như vậy sự cân bằng của 1 ngôi sao phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, trong đó có cả phương thức truyền nhiệt bên trong của nó (bằng đối lưu hay bức xạ).

- Tùy theo khối lượng của sao mà nó có thể đốt đến nguyên liệu hạt nhân nào (bảng 7) và do đó sẽ sống lâu hay chết yểu. Sao càng nhỏ thì nhiệt độ càng thấp, nên không thể có được những phản ứng hạt nhân đòi hỏi nhiệt độ cao. Ví dụ: Mặt trời sau khi đốt hết H chỉ có thể đốt đến He rồi chuyển sang giai đoạn già. Còn các sao nặng hơn, có khối lượng lớn hơn, có thể đốt nguyên liệu tuần tự cho đến khi tạo ra sắt (Fe). Tuy nhiên, sao càng lớn càng đốt nhiên liệu nhanh hơn. Người ta tính được thời gian tồn tại của các sao trên dải chính như sau :

$$t = \frac{10^{10}}{M^3} \text{ năm}$$

(Trong đó M tính qua M_{\odot}).

Như vậy mặt trời có thể sống được 1010 năm (10 tỷ năm). Tuổi của nó hiện nay là khoảng 4.5 tỷ. Còn trẻ chán! Các sao lớn ($15M_{\odot}$) chỉ sống được vài triệu năm mà thôi.

- Mặt khác, quá trình đốt nhiên liệu có thể xảy ra theo từng lớp của sao. Nhiệt độ ở nhân bao giờ cũng cao hơn nhiệt độ ở lớp vỏ ngoài. Do đó hầu hết trong nhân của các sao là sắt, niken, coban và lớp vỏ ngoài là các nguyên tố nhẹ.

- Sự đốt nhiên liệu có thể xảy ra như sau: Sau chu trình đốt H thành He thì phản ứng hạt nhân này ngừng, làm cho sao không có áp suất của phản ứng hạt nhân chống đỡ với lực hấp dẫn, do đó nó sẽ co lại. Vì co lại nên nhiệt độ lại tăng lên, đủ để châm ngòi cho những phản ứng hạt nhân mới, tổng hợp nguyên tố nặng hơn. Trong quá trình tiến hóa có thể có 60% lượng Hydro ban đầu bị sử dụng, chỉ còn 40% được giữ nguyên.

3. Sự già đi và cái chết của các sao. (xem hình 104)

Tùy theo khối lượng mà các sao có tuổi già và cái chết khác nhau. Sự phân định đó là giới hạn Chandrasekhar.

$$M_{gh} = 1,4 M_{\odot}$$

a) Với các sao có khối lượng $M = 1$ ($1,4 M_{\odot}$ khi nhân của sao co đến cỡ $0,01 R_{\odot}$ (với mật độ ($= 10^6 \text{ g/cm}^3$) thì lớp vỏ nở rộng ra, chúng chuyển sang giai đoạn sao kền, tức lớp vỏ ở ngoài đã phồng lên gấp mấy chục lần kích thước ban đầu. Vì nhiệt độ bên ngoài giảm nên chúng có màu đỏ - kền đỏ (Red Giants). Quá trình này kéo dài cả chục ngàn năm. Khi đó các nguyên liệu ban đầu có thể biến thành Cacbon. Sau đó, trong khi nhân sao co lại thì nó đồng thời phun vật chất tạo thành lớp vỏ và bụi bao bọc xung quanh (Tinh vân).

Lớp vỏ này, ví dụ đối với mặt trời, có thể “nuốt chửng” cả các hành tinh, vì vậy được gọi là tinh vân hành tinh (Planetary Nebula). Riêng cái lõi bị biến thành sao lùn trắng - một dạng sao rất đặc biệt được mô tả như một mô hình vật lý như sau:

Khi các sao loại này ở giai đoạn cuối, lõi bị co lại, các hạt vật chất (chủ yếu là các e-) bị ép sát vào nhau. Nhưng theo nguyên lý loại trừ Pauli thì các e- chỉ đến gần nhau được đến một mức nhất định (vì mỗi mức năng lượng trong hệ chỉ có thể có 2 e- khác nhau về spin). Vì vậy các hạt có xu hướng đẩy nhau, làm cho sao nở ra. Các e- như vậy gọi là e- tái sinh (Degenerated electron gaz). Chúng có đặc trưng là có tính siêu dẫn, do đó nhiệt độ trong lòng sao có thể lên tới 10^7 K cho hết bán kính bằng 0,98 R của nó, (trong khi đó nhiệt độ bề mặt của sao cỡ 10.000oK), nhưng độ trung của sao lại thấp nên nó ở vào bên trái dưới của biểu đồ H-R. Bán kính R của sao phụ thuộc vào khối lượng sao: $R \sim \frac{1}{\sqrt[3]{M}}$,

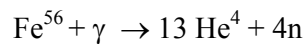
nghĩa là sao lùn trắng càng nặng, bán kính càng nhỏ. Ví dụ sao lùn trắng có khối lượng bằng mặt trời $M = M_{\odot}$ sẽ có kích thước $R = 0,007 R_{\odot} = 5000$ km (tức cỡ trái đất). Vì vậy mật độ của nó rất lớn, trung bình cỡ 4.10^6 g/cm³, ở nhân có thể gấp 6 lần. Sao lùn trắng có thể tồn tại như vậy hàng tỷ năm. Sau đó nó mất hết năng lượng trở thành sao lùn đen (Black Dwarf) lặng lẽ trong vũ trụ.

Khi một sao lùn trắng ở gần một sao kền đỏ thì có thể sinh ra nổ sao siêu mới loại I. Khi đó lùn trắng hút vật chất của sao kền, đủ để xảy ra phản ứng nhiệt hạt nhân, làm sao sáng bùng lên tức nổ sao siêu mới. (Thường xuyên nhìn thấy vì nó sáng hơn nổ siêu sao loại II gấp 4 lần và phổ biến trong vũ trụ). Sao lùn trắng được phát hiện đầu tiên là bạn của sao Thiên lang, có nhiệt độ bề mặt tới 230000K.

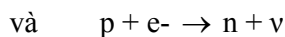
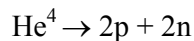
b) Các sao nặng:

Sự tiến hóa của các sao nặng xảy ra nhanh chóng và quyết liệt hơn (xem hình 104) tạo thành các sao Neutron hoặc lỗ đen (Xem mục VI). Ở đây ta cần chú ý quá trình sản sinh các nguyên tố nặng trong các vụ nổ sao siêu mới loại II.

Các sao có khối lượng cỡ 10 - 20 M_{\odot} ở cuối đời có cấu tạo gồm lõi sắt và các lớp vỏ (C, He, H ở rất xa ở ngoài). Nhân này co lại và nhiệt độ tăng đến cỡ 10^9 K, đủ để phân rã hạt nhân sắt thành Heli (một hạt nhân bền vững hơn):



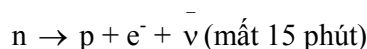
phản ứng này đòi hỏi 100Mev, làm cho nhiệt độ ở nhân giảm, nhân co lại nhanh hơn. Lúc này He biến thành:



Tức dẫn tới việc sinh ra neutron - khí (Neutron gaz) siêu dẫn.

Đồng thời các lớp khí bên ngoài lõi rơi nhanh vào tâm làm nhiệt độ tăng cao, xảy ra nổ sao siêu mới, các lớp vật chất bị bắn tung ra ngoài.

Trong quá trình này vật chất có thể cướp các nơ tron mới sinh ra, hoặc nơ tron sẽ tự phân rã (β^-)

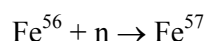


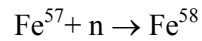
Có thể xảy ra 2 quá trình:

Quá trình r : Sự cướp neutron nhanh hơn sự phân rã neutron, tạo ra các hạt nhân mới giàu nơ tron.

Quá trình s : Sự cướp neutron chậm hơn sự phân rã neutron tạo nên các hạt nhân giàu proton.

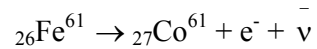
Ví dụ : Quá trình r bắt đầu từ Fe⁵⁶





tiếp tục... $\rightarrow \text{Fe}^{61}$

Và Fe^{61} có thời gian sống ngắn hơn phân rã (6 phút, do đó nó phân rã:



(tức xảy ra quá trình s)

Trong nổ sao siêu mới loại II thời gian rất ngắn, quá trình r xảy ra hiệu quả, tạo nên tất cả các nguyên tố nặng của bảng tuần hoàn, đến tận Uran và Thôri.

Quá trình tạo nguyên tố nặng có thể xảy ra ở các sao siêu kình bằng quá trình s nhưng chỉ tạo được tối đa đến chì (Pb) mà thôi.

Trên trái đất có tất cả các nguyên tố trong bảng tuần hoàn. Vì vậy có thể nói trái đất là hậu duệ của các sao trước đó rất lâu.

Tóm lại, quá trình vật lý xảy ra trong các sao là hết sức phức tạp. Hiện nay chúng ta vẫn chưa hiểu được tường tận và chính xác.

Chương 7

THIÊN HÀ

Trong vũ trụ các thiên thể thường tập hợp lại thành hệ thống. Hệ thống lớn nhất là các thiên hà (galaxies).

Thiên hà trong đó có chứa hệ mặt trời của chúng ta gọi là Ngân hà.

I. THIÊN HÀ CỦA CHÚNG TA - NGÂN HÀ.

Nhìn lên bầu trời đêm ta thường thấy những vết trắng mờ mờ như sữa. Đó là các thiên hà xa xăm. Theo tiếng Hy Lạp “galaxy” có nghĩa là sữa. Từ lâu người ta đã chú ý đến một dải trắng như sữa vắt ngang bầu trời đêm và gọi đó là con đường sữa (Milky way), hay tiếng Việt là Ngân hà. Đó là thiên hà đầu tiên được con người biết đến và có chứa trái đất chúng ta. Ngoài ra, trên bầu trời còn vô số các thiên hà khác. Ngày nay, chữ Thiên hà (hay Galaxy) viết hoa là để chỉ Ngân hà, thiên hà của chúng ta còn viết thường: thiên hà, “galaxy” là để chỉ các thiên hà khác.

Ngân hà là tập hợp các sao. Hầu như tất cả các sao sáng trên bầu trời đêm ở Bắc bán cầu đều thuộc Ngân hà. Vào đêm hè ở Bắc bán cầu ta thấy Ngân hà vắt ngang theo hướng Bắc - Nam, qua các chòm: Thiên vương, Thiên hậu, Thiên nga, Nhân mã, Thần nông. Vào đầu đông nó xoay nửa kia theo hướng đông - tây vắt qua các chòm Anh tiên, Kim ngưu, Lạp hộ, Đại khuyển. Dải Ngân hà thấy rõ nhất khi nó in trên các chòm Nhân mã, Thập tự phương Nam và Bán nhân mã. Nói chung, Ngân hà trải gần như theo một đường tròn lớn, nghiêng với xích đạo trời một góc 62° và có tọa độ của cực Bắc, Nam là $\delta = \pm 28^\circ$, $\alpha = 191^\circ$. Tâm của thiên hà hướng tới chòm Nhân mã (Sagittarius), có tọa độ $\delta = 29^\circ$, $\alpha = 265^\circ$. Càng xa tâm mật độ sao càng giảm, tức Ngân hà là một hệ có giới hạn.

Tính đến cấp sao 21 Ngân hà có 2.109 ngôi sao, khối lượng Ngân hà là $2.1011 M_\odot$. Đường kính cỡ 30.000ps hay 100.000nas. Bề dày cỡ 6500 nas. Nhìn ngang, Ngân hà có dạng 2 cái đĩa úp vào nhau, còn nhìn từ trên xuống nó có dạng những cánh tay hình xoắn ốc (nhánh). Vậy thiên hà của chúng ta là Thiên hà xoắn ốc (Spiral galaxy). Thực ra hình ảnh Ngân hà là do con người xây dựng từ hình ảnh của những thiên hà khác mà con người quan sát được, chứ chúng ta chưa thể bay ra khỏi Ngân hà để ngắm lại ngôi nhà của mình.

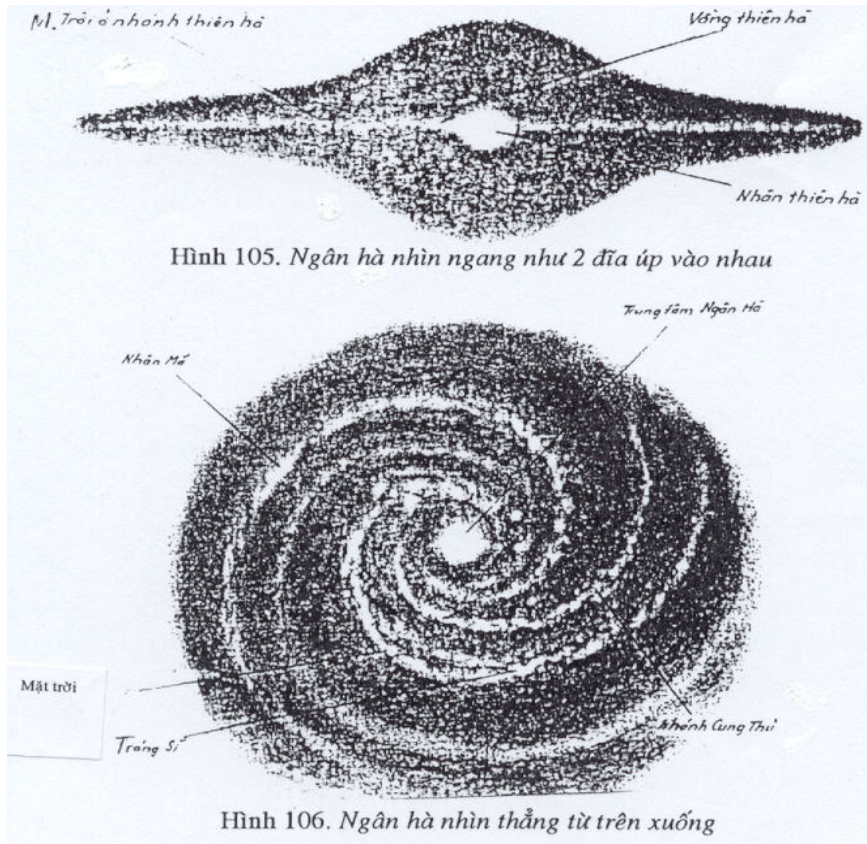
Các sao trong Ngân hà thường tập trung lại thành từng đám gọi là quần sao (clusters) có 2 loại: Quần sao hình cầu (*Globular Clusters*) và quần sao phân tán (*Associations Clusters*).

(Mặt trời chỉ là một ngôi sao bình thường trong Ngân hà. Nó không nằm tại tâm mà nằm trong cánh tay Ngân hà, ở nhánh Lạp hộ (tráng sĩ), cách tâm khoảng 10kps và ở trên mặt phẳng Ngân hà là 10-15ps. Do Ngân hà quay theo chiều kim đồng hồ (nếu nhìn về hoàng cực Bắc) càng ra xa tâm càng chậm (tức vận tốc góc phần trong lớn hơn phần ngoài) nên mặt trời quay quanh tâm Ngân hà, hướng tới chòm Thiên nga với vận tốc 250km/s, tức hết 200 triệu năm/1 vòng (năm thiên hà). Ngoài ra, mặt trời còn chuyển động tương đối với các sao gần, hướng tới điểm gọi là Apec trong chòm Vũ tiên (Hercule) có tọa độ $\delta = 30^\circ \pm 1^\circ$, $\alpha = 271^\circ \pm 2^\circ$ với vận tốc là 16km/s.

Trong các khoảng không giữa các ngôi sao trong thiên hà còn có các đám mây bụi và khí, gọi là các tinh vân (Nebular) trong đó chứa phần lớn là Hydro trung hòa. Ngoài ra còn có các phân tử hữu cơ đơn giản.

Ngân hà của chúng ta có lẽ hình thành đã lâu, có lẽ bằng tuổi vũ trụ (phần ta quan sát được, tức 15 tỷ năm).

Ngày nay, các vấn đề như từ trường của thiên hà, các cánh tay xoắn ốc của nó... đang được các nhà thiên văn vật lý lưu tâm nghiên cứu.



Hình 105. Ngân hà nhìn ngang như 2 đĩa úp vào nhau

Hình 106. Ngân hà nhìn thẳng từ trên xuống

II. CÁC THIÊN HÀ KHÁC.

Từ thế kỷ thứ 18 Herschel đã nhận thấy trong vũ trụ có nhiều vật thể dạng đám mây (tinh vân), trong đó có loại có dạng xoắn ốc. Năm 1924 bằng kính thiên văn 2,5m nhà thiên văn Mỹ Hubble đã chụp được ảnh tinh vân Tiên nữ và thấy nó gồm vô số các sao, có cả các sao mới, sao siêu mới, các quần tinh hình cầu, quần tinh phân tán... Đặc biệt là có các sao biến quang Cepheid. Dựa vào các sao biến quang loại Cepheid ông đã xác định được khoảng cách tới tinh vân này rất xa (cỡ 2 triệu năm ánh sáng). Như vậy đây là một thiên hà ở ngoài thiên hà của chúng ta. Ngày nay bằng kính thiên văn hiện đại người ta đã phát hiện ra rất nhiều thiên hà khác (với kính 5m có thể thấy cả tỷ thiên hà).

Các thiên hà được ký hiệu theo danh mục Messier (nhà thiên văn Pháp 1730 - 1817). Ví dụ thiên hà Tiên nữ (Andromeda) là M31. Ngày nay người ta còn sử dụng hệ danh mục mới mang tên nhà thiên văn Drayer lập năm 1888 (New general Catalogue), trong đó thiên hà Tiên nữ là NGC 224.

1. Phân loại.

Dựa vào hình dạng thiên hà, Hubble đã đưa ra bảng phân loại thiên hà năm 1920.

Nhóm 1: Dạng thiên hà Elip (Ellipticals), chiếm (30% trong vũ trụ, ký hiệu E. Có 8 loại riêng rẽ, từ E0 (E7.

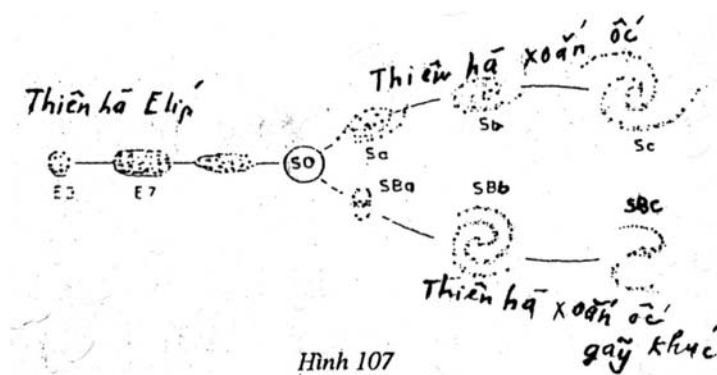
Nhóm 2: + Dạng thiên hà xoắn ốc (Spirals). Chiếm 70%, loại này có các tay xoắn ốc. Có 3 dạng : Sa, Sb, Sc.

+ Dạng thiên hà xoắn ốc gãy khúc (Barred - Spirals), ký hiệu SBa, SBb, SBc.

Nhóm 3: Dạng thiên hà vô định hình (Irregular), chiếm 1%.

Ngoài ra, còn một số thiên hà có tâm phóng ra những nguồn nhiên liệu khổng lồ, không thể giải thích được bằng sự tiến hóa của các sao thường. Những thiên hà này hiện đang được

chú ý và phân thành nhóm 4: Dạng thiên hà hoạt động (Active). Trong nhóm này có các loại như: thiên hà loại Seyfert, thiên hà vô tuyến, Quasars và Blazars (chiếm (1%).



Hình 107

2. Đặc tính chung.

a) Sự quay:

Khi quan trắc các thiên hà người ta thấy quang phổ của chúng có độ lệch do hiệu ứng Doppler. Điều này là do các mép của thiên hà lúc tiến đến gần, lúc lùi xa ta (nếu ta quan trắc tâm thiên hà theo phương thẳng góc với trục quay). Chứng tỏ các thiên hà đều quay.

b) Khối lượng:

Dựa vào sự quay của thiên hà người ta có thể tính toán được khối lượng của chúng

$$G \frac{M.m}{R^2} = M = \frac{Rv^2}{G} = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{d}$$

$$\frac{T_s}{360^0}$$

$$\alpha^0$$

$$\perp$$

$$\rightarrow$$

$$a_0$$

$$\left[\frac{D}{F} \right]^2$$

$$\frac{120''}{D(mm)} = \frac{2''}{D(mm)}$$

$$\frac{L}{L}$$

$$\div 10^{70} \sim$$

$$\frac{gR^2}{G} = \frac{9,81(6,4 \cdot 10^6)^2}{6,68 \cdot 10^{-11}} = 6 \cdot 10^{24}$$

$$\rightarrow$$

bằng sự liên hệ giữa lực hướng tâm và lực hấp dẫn

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{360^0}{24g} = 15^0 /$$

$$\frac{1}{\sqrt[3]{M}}$$

$$\rightarrow$$

Với M: khối lượng thiên hà tập trung ở tâm

m: khối lượng một ngôi sao nào đó trong thiên hà
 v : Vận tốc quay của ngôi sao quanh tâm thiên hà
 G : Hằng số hấp dẫn
 R : là khoảng cách từ tâm thiên hà đến ngôi sao

Vậy:
$$M = \frac{Rv^2}{G}$$

Sự thực thì khối lượng không tập trung ở tâm thiên hà nên người ta còn tính khối lượng bằng phương pháp khác như phương pháp thế năng, hoặc phương pháp độ trung. Kết quả cho thấy đa số thiên hà có khối lượng cỡ 1011 M_☉ (Hàng trăm tỷ mặt trời).

c) *Khoảng cách:*

Người ta xác định khoảng cách đến thiên hà dựa vào định luật Hubble nổi tiếng (mà ta sẽ nói sau) :

$$d = \frac{v}{H}$$

H : Hằng số Hubble : cỡ 50 - 100km/s.Mps

3. Hiện tượng lệch về phía đỏ (Red - Shifts) - Định luật Hubble.

Vào đầu thế kỷ này người ta đã chụp ảnh được quang phổ của trên 70 thiên hà và thấy chúng đều bị lệch về phía đỏ, chứng tỏ các thiên hà đang chạy xa chúng ta.

Năm 1929 Hubble đã tìm cách liên hệ giữa độ lệch Doppler đó và khoảng cách đến thiên thể. Từ công thức độ lệch Doppler là:

$$\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad \text{cho} \quad \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = Z$$

thì $v = c.Z$

Ông thấy các thiên hà càng ở xa chúng ta càng chạy nhanh, có nghĩa là vận tốc tỷ lệ với khoảng cách $v \sim d$, và hệ số tỷ lệ là H - mang tên ông là hằng số Hubble H. Ngày nay, người ta đang còn tranh cãi về giá trị của H. Nó có thể có giá trị từ 50km/s. Mps đến 100km/s.Mpc.

Định luật Hubble có dạng :

$$v = H.d$$

Trong đó: v - vận tốc của thiên thể theo phương nhìn, được xác định từ độ lệch Doppler

$$v = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

H - Hằng số Hubble

d - Khoảng cách từ trái đất đến thiên thể.

Các kết quả quan sát cho thấy các thiên thể đều dần ra xa nhau, chứ không phải xa một tâm nào cố định (y như các điểm trên quả bong bóng, khi thổi bong bóng lên, bong bóng nở ra, các điểm đều xa nhau). Điều này giúp người ta kết luận là phần vũ trụ quan sát được của chúng ta đang nở ra. Và đó là chứng cứ cho học thuyết về nguồn gốc vũ trụ: Big - Bang.

Ý nghĩa của hằng số Hubble.

Ta có : $H = \frac{v}{d} = 100 \text{ km/s.Mps}$ (lấy trung bình)

có nghĩa là nếu thiên hà ở xa 1 Mps (1.000.000 ps) thì có vận tốc chuyển động xa chúng ta là 100km/s.

* Nếu tính qua đơn vị nas (năm ánh sáng) thì

$$H = 22\text{km/s. M. nas.}$$

Chú ý: 1Mnas = 106nas

Do đó: 1Mnas = 9,46.1018km

Từ đó: $H = 2,32.10^{-18}/s$

Có nghĩa là hằng số Hubble (lấy trung bình) có giá trị tỷ lệ nghịch với thời gian. Từ đó ta có thể suy ra tuổi ước tính của vũ trụ, gọi là thời gian Hubble (Hubble's time).

$$t_H = \frac{1}{H} = \frac{1}{2,32.10^{-18}} = 4,3.10^{17} s$$
$$= 1,36.10^{10} \text{ năm}$$

Có nghĩa là tuổi vũ trụ cỡ 13 tỷ năm. Ngày nay, người ta lấy trung bình giữa 10 tỷ và 20 tỷ, tức tuổi vũ trụ cỡ 15 tỷ năm.

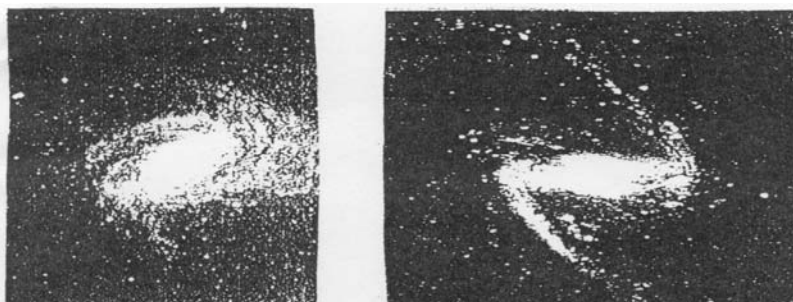
* Người ta cũng ước lượng kích thước vũ trụ qua hằng số Hubble. Biết vận tốc ánh sáng $c = 3.108m/s$ người ta có thể tính khoảng cách Hubble (Hubble's Distance) từ trái đất là:

$$d_H = c.t_H = (3.10^8) (4,3.10^{17})$$
$$= 1,3.10^{26}m = 1,3.10^{10}nas$$

Khoảng cách này còn gọi là chân trời vũ trụ (Horizon of the Universe). Thiên thể xa nhất, già nhất trong vũ trụ mà tính đến năm 1989 người ta quan sát được là một quasar trong chòm Đại hùng, cách ta 1,4.1010nas.

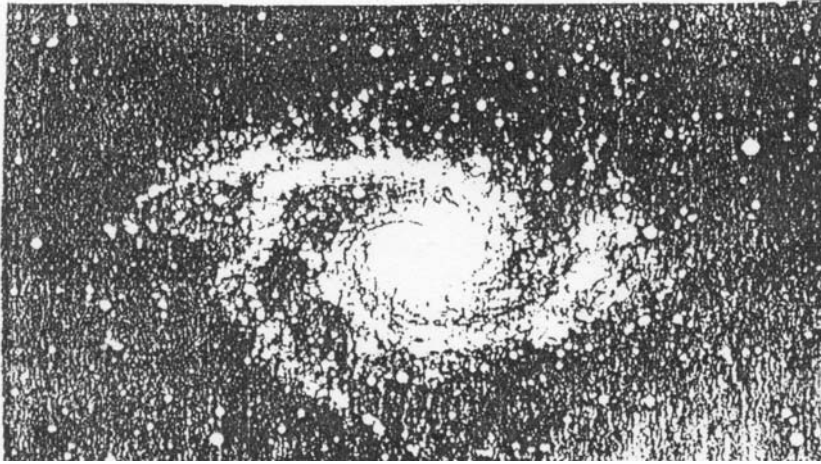
4. Quasar - Vật thể kỳ lạ trong vũ trụ.

Ngày nay bằng những phương tiện hiện đại người ta có thể phát hiện ra những vật thể ở rất xa và do đó, rất già trong vũ trụ. Đó là Quasar - còn dịch là Á sao. Đó là vì chúng không giống các sao thông thường. Chúng có thể phát ra một lượng năng lượng rất lớn, trong khi thể tích của chúng không lớn. Người ta cho rằng chúng đang ở trong 1 trạng thái “trụ biến” hay một dạng khác lạ nào đó trong quá trình vận động và chuyển hóa của vật chất mà vật lý ngày nay còn chưa đủ sức lý giải.

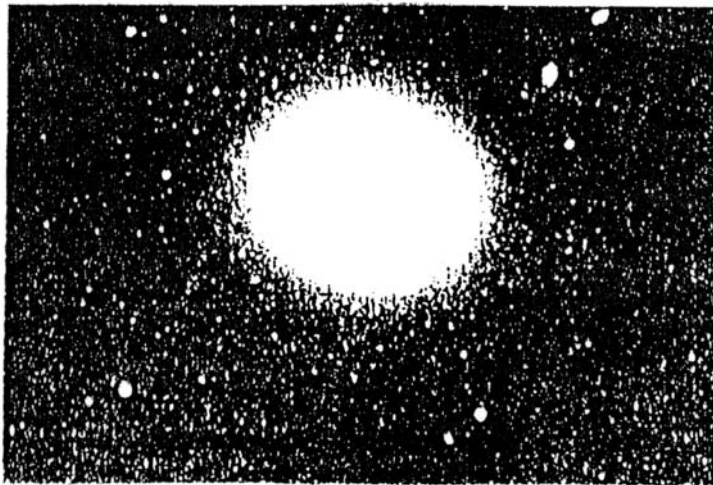


Thiên hà M83 có hình xoắn ốc

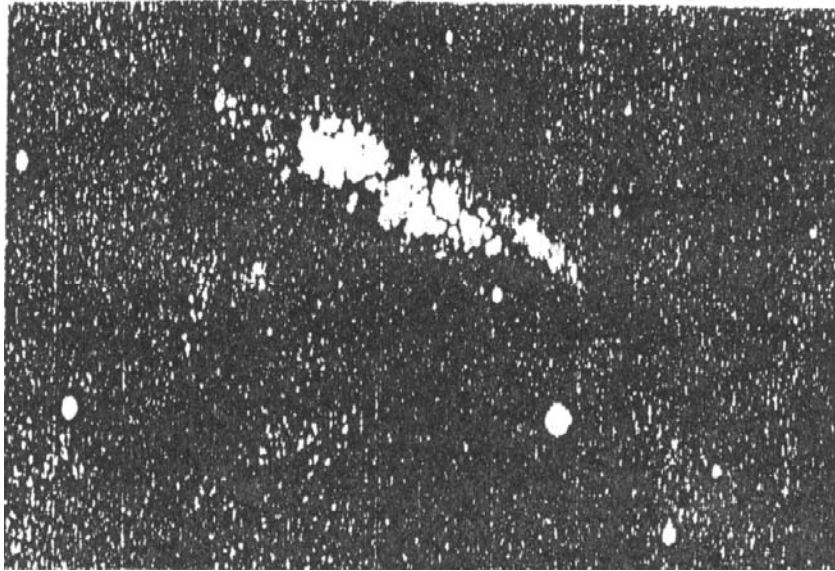
Thiên hà xoắn ốc gãy khúc NGC 1.365 nhìn thấy rõ một trục đầy sao từ tâm ra, trước khi xoắn ốc



Thiên hà NGC 2.997 là thiên hà xoắn ốc có hình dáng như Ngân Hà chúng ta.



Thiên hà elíp M87 có màu vàng cam của các ngôi sao lạnh và già



Thiên hà vô định hình M82 nằm ở hướng chòm sao Đại hùng,
ở cách chúng ta 10.000 NAS

PHẦN ĐỌC THÊM

MẶT TRỜI

Giới thiệu : Các lớp của Mặt Trời *

Mặt trời là một ngôi sao bình thường. Nó đặc biệt đối với con người vì nó là ngôi sao ở gần chúng ta nhất. Chương này đề cập đến khí quyển Mặt trời, hoạt động của Mặt trời và ảnh hưởng của nó đối với Trái đất, bên trong Mặt trời, đặc biệt là phản ứng hạt nhân cung cấp năng lượng cho Mặt trời.

Mặt trời hoàn toàn là khí. Khoảng 75% (của mỗi kg khí) là hiđrô, 23% là hêli, các khí còn lại chỉ chiếm 2%. Nếu chúng ta tưởng tượng thực hiện một cuộc hành trình từ tâm Mặt trời đi ra ngoài, qua các hành tinh, thì mật độ khí luôn luôn giảm xuống. Mật độ khí giảm cỡ 10²⁶ lần. Đầu óc của con người nghĩ về những con số như thế này không phải rất dễ dàng. Bởi vậy để hiểu biết về Mặt trời, chúng ta chia Mặt trời thành các lớp khác nhau một cách thuận tiện. Hình 1 chỉ rõ những lớp này. Nhân ở tâm rất nóng ($T \sim 1,5 \cdot 10^7$ K). Ở đó, nhiệt năng được tạo bởi những phản ứng hạt nhân. Bức xạ rất mạnh ở nhân. Từ đó, bức xạ khuếch tán từ từ ra phía ngoài mang năng lượng tới những vùng ít nóng hơn. Ở ngoài xa hơn nữa, năng lượng được mang bởi sự đối lưu hơn là bức xạ. Cuối cùng, khi nhiệt độ giảm xuống tới khoảng $6 \cdot 10^3$ K, mật độ thấp đến nỗi dường như tất cả bức xạ có thể thoát vào vũ trụ. Đó chính là lớp mà chúng ta quan sát thấy như là bề mặt của Mặt trời – Quang quyển. Khi chúng ta đi ra ngoài xa hơn nữa, nhiệt độ đột ngột tăng lên tới khoảng $2 \cdot 10^6$ K. Các khí nóng này, vành nhật hoa của Mặt trời, có thể được nhìn thấy, ví dụ trong suốt một nhật thực toàn phần, chẳng hạn như nhật thực toàn phần xảy ra ở Việt Nam vào năm 1995. Các lớp phía ngoài của Mặt trời kể cả quang quyển và vành nhật hoa, được gọi là khí quyển Mặt trời. Khi chúng ta đi ra ngoài xa hơn nữa, các khí của Mặt Trời chuyển động ra xa Mặt trời. Đó là gió Mặt trời. Nó thổi qua các hành tinh và gặp các khí giữa các sao ở cách Mặt trời khoảng 150 đơn vị thiên văn (đ.v.t.v).

KHÍ QUYỂN MẶT TRỜI

QUANG QUYỂN.

Bề mặt của Mặt trời là lớp khí mà từ đó ánh sáng tới chúng ta, lớp mà chúng ta có thể chụp ảnh được. Lớp này – được gọi là quang quyển, hiện ra như một mép sắc cạnh của Mặt trời vì độ dày của nó, khoảng 3.10² km, là nhỏ so với những chi tiết nhỏ nhất mà chúng ta có thể nhận ra (thậm chí với các kính thiên văn) khi chúng nhìn vào Mặt trời qua khí quyển Trái đất. Bán kính Mặt trời được xác định như là khoảng cách của quang quyển tính từ tâm Mặt trời, $R = 7 \times 10^5$ km. Màu sắc và cường độ của ánh sáng Mặt trời (được xác định tương ứng theo định luật dịch chuyển Wien và định luật Stefan-Boltzmann) đều cho nhiệt độ bề mặt vào khoảng $5,8 \cdot 10^3$ K.

Ánh sáng Mặt trời có cường độ rất mạnh. Không được nhìn vào Mặt trời bằng mắt trần và đặc biệt là không được nhìn vào Mặt trời qua các thấu kính hoặc kính thiên văn. Một số kính thiên văn có thể được sử dụng để chiếu sáng Mặt trời vào một bề mặt màu trắng. Hình ảnh này là an toàn nếu nhìn vào đó.

PHỔ CỦA MẶT TRỜI.

Nếu chúng ta đo cường độ của ánh sáng Mặt trời ở những bước sóng khác nhau thì kết quả thu được rất giống với phổ nhiệt Planck Dấu sao, ở nhiều bước sóng xác định, ánh

sáng bị hấp thụ trước khi rời khỏi Mặt trời. Trên phổ có những vạch hấp thụ tối màu ở những bước sóng này.

Những vạch phổ này chứa rất nhiều thông tin.

Thứ nhất, chúng ta là những vạch phổ hẹp. Điều này nói lên rằng Mặt Trời được cấu tạo bởi các chất khí bởi vì các chất rắn và các chất lỏng có phổ với những vạch rất rộng.

Thứ hai, những bước sóng xác định của các vạch phổ hấp thụ xác định các nguyên tố có ở trong Mặt trời. Những vạch tốt nhất là các vạch phổ của hiđrô, canxi, natri và có nhiều vạch phổ của sắt. Ngoài ra cũng có những vạch phổ của tất cả những nguyên tố bền.

Thứ ba, với những kiến thức về vật lý nguyên tử và lý thuyết, chúng ta có thể suy ra độ phổ cập của mỗi nguyên tố (số lượng của nguyên tố so với hiđrô). Vào đầu thế kỷ XX, các nhà thiên văn cho rằng những nguyên tố có các vạch phổ mạnh nhất, H, Ca, Na và nguyên tố cho nhiều vạch phổ nhất, Fe, có độ phổ cập như nhau. Tuy nhiên, vào những năm 1920, một trong những nhà nữ thiên văn đầu tiên, Cecilia Payne-Gaposhkin, phân tích một cách chi tiết theo vật lý nguyên tử và sau vài năm đã thuyết phục các nhà thiên văn hoài nghi rằng những nhận định ban đầu của họ là sai. Ngày nay, chúng ta biết rằng Mặt Trời chứa chủ yếu là hiđrô và một ít hêli. Những nguyên tố nặng hơn hiđrô và hêli đóng góp một phần rất nhỏ vào khối lượng của Mặt trời. Các vạch phổ của Ca và Na là quá mạnh và các vạch phổ của Fe là quá nhiều là do những tính chất của nguyên tử quyết định.

Thứ tư, những vạch phổ được lựa chọn một cách cẩn thận có thể được dùng để xác định từ trường trong các khí Mặt Trời (theo sự tách vạch Zeeman, xem phần dưới) hoặc để xác định vận tốc của khí (bờ độ dịch vạch theo hiệu ứng Doppler).

VẾT ĐEN MẶT TRỜI: DÒNG ĐIỆN VÀ TỪ TRƯỜNG CỦA CHÚNG.

Galileo là người đầu tiên quan sát Mặt trời và các vết đen của nó dường như mỗi ngày. Ông quan sát thấy rằng những vết đen Mặt trời rộng hơn và tồn tại lâu hơn hiện ra ở một phía của Mặt trời, sau đó di chuyển ngang qua bề mặt Mặt trời và biến mất ở phía khác sau khoảng 2 tuần. Galileo đã khẳng định rằng những vết đen Mặt trời phải thực sự là một phần của Mặt trời và quay cùng với Mặt trời. Ông đã kết luận rằng Mặt trời tự quay một vòng trong khoảng 28 ngày và Mặt trời không phải là một quả cầu lí tưởng như Aristotle và những người ủng hộ ông đã từng tuyên bố.

Đường kính của các vết đen rộng nhất vào cỡ 104 km, nghĩa là gấp vài lần đường kính Trái đất. Những vết đen rộng nhất tồn tại trong khoảng 2 tháng. Khoảng thời gian này là đủ dài để các vết đen biến mất ở một phía của đĩa Mặt trời và tái xuất hiện ở phía khác hai tuần sau đó. Hầu hết các vết đen được quan sát thấy trong vài ngày và sau đó biến mất, để được thay thế bởi những vết đen khác.

Hầu hết các bức ảnh vết đen Mặt trời được in sao cho các vết đen Mặt trời hiện ra có màu đen. Các vết đen Mặt trời hoàn toàn không phải đen. Độ sáng bề mặt của chúng điển hình vào khoảng $\frac{1}{4}$ độ sáng của môi trường xung quanh. Độ sáng này vẫn dễ làm mù mắt mọi người. Theo định luật Stefan-Boltzmann, nhiệt độ của các vết đen vào khoảng 4.103 K.

Cơ sở vật lý : Hiệu ứng Zeeman.

Từ trường trong một chất khí có thể được phát hiện bởi vì các bước sóng của một số vạch phổ xác định, ví dụ một số vạch phổ của các nguyên tử Fe, bị thay đổi bởi từ trường. Hiện tượng này được gọi là hiệu ứng Zeeman. Tại sao các vạch phổ này lại thay đổi? Chúng ta có thể hình dung các electron trong nguyên tử đang quay trên các quỹ đạo xung quang hạt nhân, mv^2/r cân bằng với lực hút tĩnh điện của hạt nhân. Nhưng đồng thời các electron cũng chịu tác dụng của một lực có cường độ yếu hơn nhiều do từ trường xung quanh tác động lên chúng. Mỗi electron có xu hướng quay theo một hướng trong từ trường. Cần có năng lượng để buộc electron quay theo hướng khác. Bởi vậy, năng lượng của một electron trong nguyên tử hơi lớn hơn nếu các electron quay theo một chiều nào đó xung

quanh từ trường và bé hơn nếu electron quay theo hướng ngược lại. Khi các electron trong nguyên tử trong một từ trường nhảy từ một mức nguyên tử tới một mức nguyên tử khác và phát xạ photon, chúng phát xạ photon với năng lượng hơi khác nhau tùy thuộc electron chuyển động trên quỹ đạo theo hướng nào. Nếu một chất khí chứa các nguyên tử Fe phát bức xạ về phía chúng ta và từ trường nằm dọc theo đường ngắm của chúng ta đến đám khí thì các bước sóng được phát xạ bị tách, nghĩa là các bước sóng hơi cao hơn và hơi thấp hơn mức bình thường (và bức xạ ở hai bước sóng có độ phân cực tròn trái ngược nhau). Sự chênh lệch giữa hai bước sóng, được gọi là sự tách vạch Zeeman, cho chúng ta biết cường độ từ trường nơi nguyên tử định vị.

Quan sát vết đen Mặt trời.

Bằng cách nào chúng ta có thể quan sát vạch Zeeman của bức xạ phát ra từ một vết đen Mặt trời? Một cái khe được đặt trên hình ảnh của vết đen Mặt trời như được chỉ ra ở phía bên trái của hình 5. Chỉ có ánh sáng đi qua khe mới được phép rơi vào khối kính (hoặc một lăng kính) và bị tách ra thành phổ của vết đen Mặt trời. Một vùng rất nhỏ của các bước sóng của phổ được chỉ ra ở bên phải. Ở phía trên và phía dưới có một vạch phổ hấp thụ đơn. Nơi khe cắt ngang vết đen, vạch phổ hấp thụ đơn thông thường bị tách.

Kết quả của sự quan sát này là gì? Thông thường, từ trường của vết đen có phương thẳng đứng so với bề mặt của Mặt trời. Giá trị của từ trường trong hầu hết các vết đen vào khoảng 0,1 đến 0,2 Tesla. Từ trường giảm tới gần giá trị 0 trong một vùng dày khoảng 103 km, mỏng so với đường kính của vết đen.

Dòng điện trong vết đen Mặt trời.

Vì toàn bộ Mặt trời là một quả cầu khí nên không thể có các vật chất từ rắn ở đó. Từ trường phải do dòng điện tạo ra, như đã xảy ra đối với một nam châm trong phòng thí nghiệm. Các dòng điện có thể chạy trong các chất khí hay không? Có. Có nhiều nguyên tử trong khí Mặt trời bị ion hóa bởi vậy có các electron tự do.

Khi các electron và các hạt mang điện của chúng chuyển động tương đối đối với các nguyên tử và các ion, có một dòng điện chạy trong chất khí.

Có thể lấy hình ảnh solenoid như một mô hình của vết đen Mặt trời: dây được quấn chặt theo dạng một ống hình trụ. “Dây” tương ứng với khí ở vùng biên giới của vết đen. Như vậy “dây” mà trong đó có các dòng điện chạy dày khoảng 103 km. (Những đường tối màu trên giản đồ vết đen). Các dòng điện quay xung quanh vết đen, với đường kính khoảng 104 km, ở đó từ trường là đồng nhất. Để đơn giản hóa, chúng ta sẽ giả sử rằng solenoid dài hơn rất nhiều so với đường kính của nó. Khi đó, từ trường trong ống dây là đồng nhất. Một solenoid dài “vô hạn” như vậy được quấn bởi n vòng dây trên một mét mang dòng điện I có từ trường đồng nhất ở bên trong với cường độ $B = 4\pi \times 10^{-7} nI$, nếu B được đo bởi tesla và I được đo bởi am-pe. Với $B = 0,15T$ quan sát được, chúng ta suy ra $nI = 1,2 \times 10^5 A/m$. Đây là dòng điện quay quanh solenoid dọc theo mỗi mét dài. (Giá trị của n không liên quan với khí liên tục. Chỉ có tích nI là quan trọng).

Sự ước tính tốt nhất của chúng ta đối với độ sâu thật sự đạt bởi một vết đen Mặt trời và từ trường của nó là 3. 104 km. Và dòng điện tổng cộng quay quanh solenoid, nghĩa là quay quanh vết đen Mặt trời, là $4 \times 10^{12} A$. Dòng điện này là rất mạnh! Tất nhiên, $B = 0,15 T$ cũng là một từ trường rất mạnh. Từ trường này mạnh gấp hàng ngàn lần từ trường của Trái đất và nằm trong một thể tích lớn hơn thể tích Trái đất. Mỗi vết đen Mặt trời phải được xem xét như một nam châm rất mạnh.

Có thêm một sự khác biệt giữa các vết đen Mặt trời ở thể khí và phòng thí nghiệm: Trong phòng thí nghiệm nếu chúng ta dùng dây mảnh thì dòng điện mạnh nung nóng dây. Dây càng dày thì có càng ít nhiệt. “Dây” Mặt trời dày như vết đen, 103 km. Thực tế không có nhiệt tỏa ra. Thực tế dòng điện có thể chạy mãi mãi nghĩa là cho đến khi có một lực

khác làm biến mất vết đen Mặt trời. Trong chừng mực nào đó, vết đen Mặt trời phải được xem xét như một nam châm siêu dẫn.

Các vết đen Mặt trời là một trong số nhiều ví dụ của các dòng điện và từ trường vũ trụ. Xung quanh các vết đen Mặt trời bình thường có nhiều vết đen Mặt trời bé. Các solenoid với từ trường và dòng điện tương tự nhưng với đường kính bé hơn nhiều, thường chỉ 100km. Tầm quan trọng của chúng sẽ được đề cập tới ở cuối chương này. Một số dòng điện và từ trường có thể được tìm thấy ở khắp nơi trên Mặt trời cũng như ở trên các hành tinh và trong không gian giữa các hành tinh. Dòng điện và từ trường tồn tại ở hầu hết các ngôi sao khác. Bức xạ synchrotron cho chúng ta biết rằng từ trường tồn tại khắp nơi trong không gian giữa các sao và thậm chí khắp toàn bộ các thiên hà. (Kiến thức vật lý: Vì không có nam châm rắn trong thiên văn vật lý và tất cả các dòng điện trong chất khí đều được tính đến một cách chính xác, không cần thiết phải xem xét một cách riêng rẽ từ trường H và cảm ứng từ hay mật độ thông lượng B . Trong thiên văn vật lý, B được xem như từ trường).

CÁC TAI LỬA.

Khi đĩa sáng của Mặt trời bị che phủ, ví dụ trong dịp nhật thực, chúng ta thấy hiện ra trên bầu trời đen các vòng khí màu đỏ, điển hình khoảng 104 km phía trên bề mặt Mặt trời. Khí này được gọi là các tai lửa vì chúng ta thấy chúng nhô ra từ Mặt trời. Chúng tồn tại ở phía trên bề mặt của Mặt trời trong một số ngày. Màu đỏ (bước sóng 656,3nm) cho chúng ta biết rằng chúng ta đang quan sát hiđrô nóng (khoảng 104 K). Tại sao những khí nóng này lại ở đó? Tại sao chúng không rơi vào bề mặt Mặt trời? Một bằng chứng được rút ra từ hình dáng của nhiều tai lửa. Hãy nhìn vào bức ảnh ở hình 7: Tai lửa sắc nét giống như hình ảnh của bột sắt xung quanh một nam châm rắn trong phòng thí nghiệm. Hình ảnh của bột sắt cho biết từ trường của nam châm. Rõ ràng là có một từ trường tạo nên tai lửa! Nếu ở đó cũng có dòng điện thì tai lửa có thể được nâng lên bởi các lực $I \times B$.

Nguồn của các dòng điện là gì? Liệu có vết đen Mặt trời ở dưới tai lửa hay không? Khi tai lửa được quan sát thấy ở cạnh của Mặt trời thì vết đen Mặt trời không hiện ra trên bề mặt Mặt trời. Đẩu sao, khi sự quay của Mặt trời mang tai lửa tới phía trước của đĩa thì chúng ta thực sự quan sát thấy các vết đen Mặt trời ở bề mặt Mặt trời nằm phía dưới (hoặc tối thiểu là ở gần) các tai lửa, Nếu thậm chí một phần rất bé (có lẽ 10^{-3} của dòng điện quay quanh vết đen (hoặc của các vết đen nhỏ ở cạnh nó) thoát vào các tai lửa thì lực $I \times B$ tạo thành có thể nâng các tai lửa thắng lực hấp dẫn. Việc các tai lửa được nâng lên như thế nào, một cách chi tiết, là một phần của việc nghiên cứu đang được chú ý hiện nay.

NHẬT THỰC VÀ VÀNH NHẬT HOA.

Trong suốt nhật thực toàn phần, khi Mặt trăng bao phủ đĩa sáng của Mặt trời, Mặt trời được bao bọc bởi ánh sáng yếu, huyền ảo, được gọi là vành nhật hoa (tiếng La tinh nghĩa là vương miện). Nhật thực toàn phần có thể kéo dài 7 phút, nhưng nhật thực xảy ra ở Việt Nam vào năm 1995 chỉ kéo dài gần 2 phút.

Nguyên nhân của ánh sáng nhìn thấy được phát ra từ vành nhật hoa là gì? Hầu hết ánh sáng này là ánh sáng Mặt trời được tán xạ về phía chúng ta bởi các electron tự do (bị bật ra khỏi các nguyên tử hiđrô bởi các vụ va chạm, xem phần dưới). Lí thuyết vật lý cho chúng ta biết khá chính xác về việc một electron chuyển bức xạ vào các hướng khác như thế nào, đặc biệt là việc chúng chuyển bức xạ đang chuyển động ra xa từ quang cầu tới hướng về phía chúng ta như thế nào. Từ độ sáng của ánh sáng Mặt trời bị tán xạ, chúng ta biết mật độ của electron và của các proton trong vành nhật hoa. Với các phần điển hình của vành nhật hoa như được nhìn thấy ở hình 8, mật độ khí có thể đạt 10^{-6} mật độ trong quang quyển. Không có gì đáng ngạc nhiên về việc vành nhật hoa mờ như vậy. Mật độ còn giảm hơn nữa ở phía ngoài.

Một phần khác của bức xạ từ vành nhật hoa là sự phát xạ, ở những bước sóng xác định, từ các nguyên tử bị ion hóa cao độ, như các ion sắt mất 8 đến 12 electron. Bằng cách nào các nguyên tử có thể bị ion hóa cao độ như vậy? Khi một ion được tích điện nhiều như vậy, cần rất nhiều năng lượng để dịch chuyển tiếp một electron. Những electron còn lại trong các ion phải bị đánh bật ra bởi những vụ va chạm rất mạnh với các electron hoặc ion khác. Năng lượng va chạm cao đòi hỏi chuyển động nhiệt với tốc độ lớn, do đó nhiệt độ cao. Vật lý nguyên tử cho chúng ta biết rằng nhiệt độ của vành nhật hoa phải vào khoảng $2 \times 10^6\text{K}$! Gần như tất cả hiđrô đều bị ion hóa ở nhiệt độ này.

Vì những vụ va chạm giữa các nguyên tử và electron mạnh như vậy nên các photon được phát ra mang năng lượng rất lớn. Ở nhiệt độ của vành nhật hoa, hầu hết các photon là tia X. Bởi vậy hình ảnh của vành nhật hoa có thể thu được bằng cách sử dụng một camera tia X. Vì tia X không xuyên qua khí quyển Trái Đất nên camera tia X phải được đặt trong vũ trụ. Hình 9 thu được nhờ trạm vũ trụ đầu tiên của Mỹ, Skylab. Màu trắng trong bức ảnh nói lên rằng có nhiều tia X.

Những bức ảnh tia X đầu tiên của vành nhật hoa, giống như bức ảnh 9, đã làm ngạc nhiên tất cả các chuyên gia. Họ đã hy vọng có một bức ảnh trơn tru. Nhưng thay vào đó họ thấy rằng tia X có hình ảnh vòng, đặc biệt là ở những nơi vành nhật hoa nằm trên các vết đen. Rõ ràng là khí nóng ở vành nhật hoa không được phân bố một cách đồng đều mà được sắp xếp trong các vòng. Chúng ta phải đặt ra câu hỏi mà chúng ta đã đặt ra đối với các tai lửa: Tại sao các khí này không rơi xuống bề mặt Mặt trời? Câu trả lời cũng tương tự như trong trường hợp tai lửa: Các vòng nói lên rằng có các dòng điện và từ trường, và lực $I \times B$ nâng khí thắng lực hấp dẫn. Ngay cả lực $I \times B$ ở xa Mặt trời cũng liên quan tới các vết đen và những vùng lân cận của chúng. Ví dụ, cấu trúc dài nhất trong bức ảnh nhật thực ở hình 8 có thể nối với một nhóm vết đen trên đĩa Mặt trời (nhưng chúng không được nhìn thấy trong bức ảnh nhật thực vì đĩa Mặt trời bị Mặt trăng che khuất). Bởi vậy sự ảnh hưởng của một phần nhỏ của những dòng điện rời khỏi vết đen Mặt trời đạt tới tối thiểu là 1 triệu km trong vũ trụ.

Các chuyên gia đồng ý rằng vành nhật hoa nóng vì dòng điện trong vành nhật hoa được biến đổi thành nhiệt. Nhưng các chuyên gia không đồng ý với nhau về cách thức diễn ra quá trình này. Cần phải thực hiện nhiều quan sát chi tiết hơn nữa. Hình 10 giới thiệu một bức ảnh tia X mới được chụp, ở bước sóng thích hợp đối với các ion sắt đã mất 8 electron. Nó cho thấy rất nhiều vòng mỏng trong khí của vành nhật hoa, nhiều vòng thoát ra từ một khu vực ở phía trên bên trái nơi có nhiều vết đen Mặt trời lớn (không được nhìn thấy ở bước sóng này). Mặt trời đang ngăn cản bước tiến của các nhà khoa học: mỗi khi một camera được chế tạo để ghi nhận chi tiết bé hơn thì người ta lại thấy rằng vẫn có nhiều chi tiết bé hơn nữa mà camera không thể ghi được.

GIÓ MẶT TRỜI VÀ TỪ QUYỀN CỦA TRÁI ĐẤT.

Vành nhật hoa ở hình 9 không hiện ra ở phần Mặt trời nằm phía dưới, bên phải. Tại sao lại không có vành nhật hoa ở đó? Không có các vết đen Mặt trời ở bề mặt gần đó? Rõ ràng là các khí nóng trong vành nhật hoa ở đó không được nâng bởi các lực $I \times B$ và các khí nóng ở đó có đủ áp suất khí để thắng lực hấp dẫn. Các khí dần dần được gia tốc ra ngoài. Khi các khí đạt tới 3 lần bán kính Mặt trời, chúng có tốc độ giữa 400km/s và 700km/s. Các khí đang chuyển động này là gió Mặt trời. Vì gió Mặt trời thoát ra từ Mặt trời nên chỉ một phần ít của khí còn lại phía sau để được quan sát như một vành nhật hoa. Trong bức ảnh nhật thực ở hình 9, phần trống rỗng của vành nhật hoa ở phía dưới, bên phải là trống rỗng bởi vì các khí ở đó đã thoát dưới dạng gió Mặt trời.

Gió Mặt trời thổi qua Trái đất. Tại sao gió Mặt trời không va vào Trái đất? Trái đất cũng là một nam châm. Từ trường của nó tạo ra một vành bảo vệ xung quanh Trái đất, được gọi là từ quyển. (Nó không có dạng cầu, mà bị kéo dài về phía đêm của Trái đất). Ở

phía trước của từ quyển, các dòng điện tạo ra lực $I \times B$ ngăn chặn gió Mặt trời và làm đổi hướng nó ở xung quanh vành đai bảo vệ. Vào năm 1910, tại sao chổi Halley có đuôi rất dài chuyển động qua Trái đất. Nhiều người sợ các phân tử khí độc trong đuôi, nhưng ngày nay chúng ta biết rằng đuôi này bị ngăn ở xa chúng ta nhờ vành đai bảo vệ từ trường của Trái đất.

Gió Mặt trời có thể thổi xa đến mức nào? Tàu thăm dò vũ trụ Pioneer 10, được phóng vào năm 1972, để đi tới Mộc Tinh và Thổ Tinh và tàu vũ trụ Voyager 1 hiện nay ở cách Mặt trời 70 đơn vị thiên văn, ở hướng ngược với Mặt trời. Cả hai tàu vũ trụ vẫn đang cho chúng ta biết rằng gió Mặt trời đang thổi qua chúng và thổi xa hơn vào vũ trụ. Ở một nơi nào đó, không xa hơn nhiều nơi hai tàu vũ trụ này đang ở, các khí của gió Mặt trời trộn lẫn với khí giữa các ngôi sao.

CHU KỲ VẾT ĐEN MẶT TRỜI.

Cuộc sống của con người phụ thuộc vào năng lượng Mặt trời. Năng lượng Mặt trời cho phép thực vật phát triển và sau đó con người và động vật thu được năng lượng từ thực vật. Năng lượng Mặt trời làm bốc hơi nước từ các đại dương và sau đó độ ẩm và mưa điều khiển khí hậu Trái đất. Sự cung cấp của năng lượng Mặt trời có thể dự đoán được đến nỗi chúng ta giả sử rằng Mặt trời bức xạ một năng lượng như nhau trong mọi thời điểm. Trong thực tế, chúng ta gọi năng lượng Mặt trời tới một đơn vị diện tích, sau một đơn vị thời gian, ở khoảng cách 1 đơn vị thiên văn là hằng số Mặt trời.

Tuy nhiên, trong vòng 20 năm qua, chúng ta đã biết rằng Mặt trời không hoàn toàn ổn định và sự thay đổi của Mặt trời có thể có ảnh hưởng quan trọng đối với nền văn minh kỹ thuật của chúng ta ở trên Trái đất. Dường như tất cả những sự thay đổi này là có chu kỳ, với chu kỳ khoảng 11 năm hoặc khoảng 22 năm. Như sẽ được chỉ ra ở phần dưới, các vết đen Mặt trời cũng hoạt động có chu kỳ, với chu kỳ khoảng 11 năm hoặc khoảng 22 năm. Bởi vậy chúng ta hy vọng rằng sự thay đổi trên Trái đất có liên quan mật thiết với các vết đen Mặt trời và môi trường xung quanh chúng.

Chu kỳ 11 năm của Mặt trời chủ yếu liên quan với số vết đen được quan sát thấy ở trên Mặt trời ở một thời điểm bất kỳ. Như được chỉ ra trên giản đồ, cứ vào khoảng 11 năm lại có hàng chục vết đen Mặt trời. Những khoảng thời gian này được xem là một cực đại của vết đen Mặt trời. Khoảng 6 năm sau đó, có rất ít vết đen Mặt trời hoặc không có vết đen nào. Những khoảng thời gian này được xem là một cực tiểu của vết đen Mặt trời.

Chu kỳ 11 năm của Mặt trời cũng liên quan đến vị trí của các vết đen Mặt trời. Những vết đen đầu tiên của một chu kỳ mới, ngay sau một cực tiểu Mặt trời, diễn ra ở các vĩ độ Mặt trời khoảng 35 độ Bắc và Nam. Khi những vết đen này biến mất, những vết đen mới hình thành ở gần đường xích đạo. Và quá trình cứ thế tiếp diễn. Tại cực đại của vết đen Mặt trời, hầu hết các vết đen Mặt trời nằm ở vĩ độ khoảng 15 độ Bắc và Nam. Vào cuối chu kỳ chúng hiện ra ở gần xích đạo.

Chu kỳ 22 năm liên quan tới hướng của từ trường của vết đen. Khi hiệu ứng Zeeman tách một vạch phổ, sự phân cực tròn của hai vạch cho chúng ta biết liệu từ trường được định hướng về phía chúng ta hay đi xa chúng ta. Hầu hết các vết đen xuất hiện thành cặp, định hướng Đông Tây, với từ trường trong một vết đen định hướng về phía chúng ta, từ trường trong vết đen khác định hướng đi xa chúng ta. Sự định hướng của từ trường được chỉ thị bởi N và S ở hình 13. Trong suốt một chu kỳ 11 năm, sự phân cực từ trường của các cặp vết đen ở phía Bắc của đường xích đạo là theo một hướng, ở phía Nam của đường xích đạo là theo hướng khác, như được chỉ ra ở hình 13. Trong suốt một chu kỳ 11 năm tiếp theo, sự định hướng của các cặp vết đen là ngược lại. Sau một chu kỳ 22 năm, sự phân cực lặp lại. Chưa có một lời giải thích thỏa đáng cho chu kỳ Mặt trời. Nhưng có nhiều ảnh hưởng của sự hoạt động có chu kỳ của Mặt trời đối với Trái đất.

HOẠT ĐỘNG CỦA MẶT TRỜI VÀ MỐI QUAN HỆ MẶT TRỜI – TRÁI ĐẤT.

1) Sự mất các vệ tinh quay quanh Trái đất. Vành nhật hoa của Mặt trời phát xạ chủ yếu tia X. Một số tia X này chạm vào khí quyển Trái đất. Khi tia X bị dừng lại bởi các nguyên tử và phân tử trong khí quyển Trái đất, khí quyển Trái đất bị nung nóng, nó nở ra. Nó chỉ có thể nở về phía trên. Vào những năm có nhiều vết đen Mặt trời, vành nhật hoa phát xạ nhiều tia X và khí quyển của Trái đất nở tới độ cao nơi quỹ đạo của các vệ tinh, khí quyển Trái đất tác dụng lực ma sát lên các vệ tinh. Ma sát này làm các vệ tinh mất độ cao, chuyển động vào khí quyển đậm đặc hơn, ở đó ma sát lớn hơn, quá trình cứ thế tiếp diễn cho đến khi vệ tinh bốc cháy và bay hơi trong khí quyển Trái đất.

Skylab là trạm vũ trụ đầu tiên của Mỹ. Nó được phóng vào năm 1973. Ba nhóm các nhà du hành vũ trụ đã sống trên Skylab, mỗi nhóm sống ở đó tối đa 3 tháng. Skylab đã quay quanh Trái Đất khoảng 35 ngàn lần. Nhưng vào năm 1978 và 1979 đã có nhiều vết đen Mặt trời (xem hình 12). Bởi vậy, khí quyển Trái đất rất cao vào năm ấy. Ma sát không khí vào Skylab rất lớn. Năm 1979, Skylab đi vào khí quyển Trái đất và bị phá hủy. Một số mảnh lớn rơi xuống nước Úc nhưng không gây nên thiệt hại gì. Tới tháng 4 năm 2000, trạm vũ trụ Hòa Bình của Nga vẫn ở trên quỹ đạo và người Nga đang tìm kinh phí để sửa chữa trạm này nhằm tiến hành các công việc nghiên cứu khoa học hoặc biến trạm thành một khách sạn Du lịch.

2) Tai lửa Mặt Trời. Thỉnh thoảng, bề mặt Mặt trời bùng sáng trong vài phút, có khi trong một giờ. Tai lửa quan sát được ở ánh sáng khả kiến được chỉ ra ở hình 14 bao phủ một vùng rộng khác thường của Mặt trời. Nếu tia X của Mặt Trời được đo ở thời điểm của một tai lửa, chúng ta thấy rằng các khí trong tai lửa được nung nóng tới khoảng 2.107K, nghĩa là 10 lần nhiệt độ bình thường của tai lửa. Một tai lửa thực sự là một vụ nổ khổng lồ trong vành nhật hoa. Nguyên nhân của nó là gì? Một bằng chứng: Tai lửa diễn ra trên một nhóm các vết đen Mặt trời với một hình ảnh phức tạp như là một nhóm lớn các vết đen ở hình 2. Hình ảnh phức tạp nói lên rằng dòng điện lớn một cách khác thường thoát từ các vết đen vào vành nhật hoa. Rõ ràng, sự chập mạch diễn ra trong các dòng điện chạy trong vòng nhật hoa ở phía trên các vết đen Mặt trời. Tai lửa nhất thiết là một tai lửa khổng lồ. Không ai có thể giải thích được nguyên nhân của tai lửa một cách chi tiết.

Sự bùng nổ của vành nhật hoa làm tăng tốc electron và tới gần tốc độ của ánh sáng. Một số electron chuyển động nhanh chuyển động xuống phía dưới về phía bề mặt của Mặt trời. Ở đó, chúng nung nóng khí xung quanh. Khí này chiếu sáng hơn, như được nhìn thấy trong bức ảnh ở hình 14. Các electron và proton chuyển động nhanh khác chuyển động về phía trên, vào vũ trụ. Khi chúng chạm tới Trái đất, chúng làm gián đoạn liên lạc vô tuyến. Khi, trong tương lai, chúng chạm vào người các nhà du hành vũ trụ đang bay tới Hỏa tinh, chúng sẽ làm ảnh hưởng tới sức khỏe của các nhà du hành vũ trụ.

3) Khí trong vòng nhật hoa phóng ra và sự nguy hiểm đối với cơ sở hạ tầng kỹ thuật. Thỉnh thoảng, một số vành khí nóng trong vành nhật hoa đột ngột dâng lên phía trên Mặt trời và dịch chuyển ra xa và vũ trụ (hình 15). Rõ ràng là chúng bật ra vì chúng đã trở nên quá lớn, đạt tới độ cao quá cao ở phía trên Mặt trời đến mức lực hấp dẫn của Mặt trời bé hơn đáng kể so với lực hấp dẫn ở bề mặt Mặt trời. Khí này đạt tới tốc độ 500 đến 1.000km/s, nhanh hơn tốc độ thoát từ Mặt trời ở những độ cao này. Lực nào làm chúng chuyển động tới độ cao như vậy? Trong một số trường hợp, những sự quan sát có thể được giải thích để suy ra lực $I \times B$ tác động lên khí. Gia tốc được tiên đoán của các vành khí phù hợp với gia tốc quan sát được trong phạm vi 10%, được xem là tuyệt vời. Thêm một lần nữa chúng ta phát hiện trong lực $I \times B$ hiệu ứng của dòng điện liên quan tới các vết đen Mặt trời (chỉ tạm thời).

Các khí từ Mặt trời chuyển động nhanh tới khoảng cách của Trái đất sau khoảng 2 ngày. Điều gì xảy ra nếu Trái đất nằm trên đường đi của những khí này? Khí va vào từ quyển của Trái đất. Từ quyển ngăn cản sự va chạm bằng cách tạo ra các dòng điện mới và các lực $I \times B$. Một phần của các dòng điện tới sâu vào trong từ quyển, thậm chí tới bề mặt

Trái đất, vào tháng giêng năm 1997, chúng gây ra một sự chập mạch trong một vệ tinh liên lạc mới, trị giá 400 triệu đôla và là cho vệ tinh này trở nên vô dụng.

Một chuỗi dài các sự kiện liên quan các vết đen Mặt trời với sự nung nóng vành nhật hoa, với sự thoát đột ngột của khí Mặt trời, với sự tới ở từ quyển Trái đất và với những hậu quả bất thường. Thông thường các nhà khoa học không nỗ lực giải quyết những vấn đề phức tạp như thế này. Nhưng trong trường hợp thực tế này, rõ ràng là rất cần thiết phải hiểu tất cả các hiện tượng diễn ra từ bề mặt Mặt trời cho tới bề mặt Trái đất.

4) Hằng số Mặt trời thay đổi. Vì các vết đen Mặt trời là khá tối nên chúng ta dự đoán rằng trong suốt một cực tiểu của vết đen Mặt trời có ít ánh sáng và ít năng lượng tới Trái đất. Có lẽ điều sẽ ảnh hưởng tới khí hậu Trái đất chăng? (Khí hậu là thời tiết được tính trung bình trong 1 năm hoặc trong vài năm). Việc đo một cách chính xác thông lượng của năng lượng Mặt trời tới Trái đất phải được tiến hành từ một vệ tinh và là rất khó khăn; xét về mặt kĩ thuật. Từ khoảng năm 1980, các vệ tinh đã đo được thông lượng của năng lượng Mặt trời với một độ chính xác tốt hơn 0,1%. Kết quả: Thực ra thông lượng của năng lượng Mặt trời ở khoảng cách 1 đơn vị thiên văn thay đổi. Hằng số Mặt trời không phải là một hằng số. Điều ngạc nhiên: Sự thay đổi ngược với tiên đoán!

Ở những thời điểm của cực đại của vết đen Mặt trời, Mặt trời phát ra năng lượng nhiều hơn khoảng 0,1% so với năng lượng được phát ra ở thời điểm của cực tiểu của vết đen Mặt trời. Tại sao? Để giải thích, trước hết, chúng ta phải xem xét những vết đen Mặt trời bình thường. Chúng ta mô hình hóa các vết đen Mặt trời như là solenoid với đường kính 104km hoặc lớn hơn. Các lực $I \times B$ tác động lên biên giới của vết đen làm áp suất khí và mật độ khí bé hơn và ở bên trong vết đen, khí trở nên trong suốt hơn so với ở cùng độ cao ở quang quyển bình thường. Bởi vậy, khi chúng ta nhìn vào một vết đen, chúng ta nhìn xa hơn vào Mặt trời so với khi chúng ta nhìn vào quang quyển bình thường. Bề mặt tương đối đen mà chúng ta chụp được thực sự nằm ở dưới quang quyển bình thường vài trăm km. Khi có hàng chục vết đen Mặt trời thì ở lân cận các vết đen cũng có nhiều vết đen nhỏ. Những vết đen nhỏ này cũng có thể được mô hình hóa như những solenoid với từ trường và dòng điện tương tự và tương tự với một bề mặt thấp hơn so với quang quyển bình thường. Tuy nhiên chúng có đường kính rất bé, chỉ cỡ 102km. Chúng bé đến nỗi rất khó được phát hiện ở trên Mặt trời. Chúng cũng bé đến nỗi khi chúng ta nhìn từ một góc bất kì, chúng ta thường không nhìn trực tiếp vào các vết đen nhỏ và chúng ta không nhìn vào bề mặt tối như chúng ta đã từng làm đối với các vết đen thông thường. Thay vào đó, chúng ta chủ yếu nhìn vào thành của những vết đen nhỏ. Xem hình 16. Thành của vết đen nhỏ bị nung nóng bởi khí xung quanh. Khí xung quanh, nằm phía dưới quang quyển bình thường, nóng hơn quang quyển bình thường. Bởi vậy, thành của các vết đen nhỏ nóng hơn quang quyển bình thường và chúng ta thu được nhiều bức xạ hơn so với những nơi không có các vết đen nhỏ. Năng lượng tăng lên do nhiều vết đen nhỏ thì lớn hơn năng lượng giảm xuống do các vết đen bình thường.

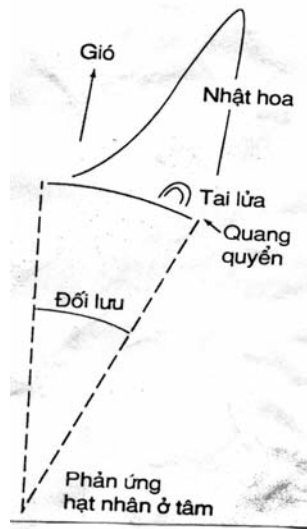
SỰ THAY ĐỔI TRÊN MẶT TRỜI VÀ TRÊN TRÁI ĐẤT SAU NHIỀU THẬP KỈ.

Sự thay đổi thông lượng của năng lượng Mặt trời trong suốt một chu kỳ 11 năm hiện nhiên không gây ra một sự thay đổi đáng kể trong khí hậu của Trái đất với chu kỳ 11 năm. Tuy nhiên, số vết đen Mặt trời cũng thay đổi một cách không bình thường qua hàng thập kỉ và thế kỉ. Đặc biệt, những ghi chép lịch sử cho thấy dường như không có vết đen Mặt trời trong các năm 1645 đến 1715 sau Công nguyên (xem hình 12). Nếu sự quan sát của thông lượng của năng lượng Mặt trời trong suốt 20 năm qua có thể được suy rộng trở ngược tới 3 thế kỉ thì chúng ta dự báo rằng Trái đất đã nhận ít năng lượng Mặt trời hơn trong suốt những năm dường như không có vết đen Mặt trời. Liệu khi ấy khí hậu Trái đất có lạnh hơn không? Chúng ta cần phải nhìn vào những đất nước có giữ những tài liệu lịch sử chi tiết về những năm này. Quả thực, ở châu Âu và Bắc Mỹ, các mùa hè đã lạnh đến nỗi mùa màng không kịp chín trước khi mùa đông bắt đầu và đã có nhiều nạn đói trong những năm này.

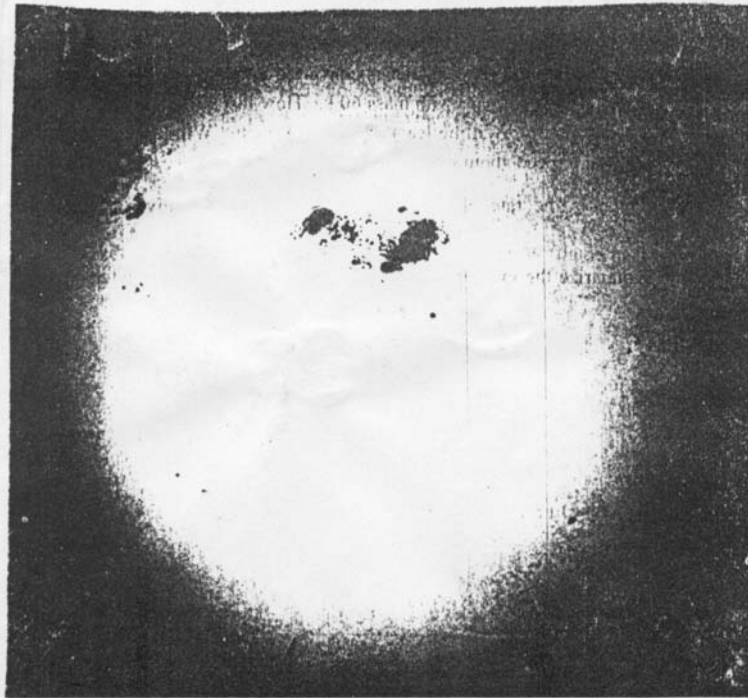
Liệu có phải thời kì có thời tiết lạnh đã thực sự được gây bởi sự giảm của thông lượng của năng lượng Mặt trời hay không? Chúng ta không thể trả lời câu hỏi này một cách trực tiếp vì chúng ta đã không đo thông lượng của năng lượng Mặt trời 3 thế kỉ trước. Dẫu sao, ngoài Mặt trời còn có nhiều ngôi sao có cùng chu kì vết đen tương tự. Từ những ngôi sao này, chúng ta ước tính rằng 3 thế kỉ trước Mặt trời phát xạ năng lượng khoảng 0,25% ít hơn so với năng lượng trung bình mà phát ra trong 20 năm qua. Điều này có thể khẳng định cho sự giá lạnh trong quá khứ, nhưng có một vài sự bất định trong phép tính này. Bởi vậy, sự lạnh giá ở khắp toàn cầu trong suốt những năm ấy có thể đã liên quan tới thông lượng năng lượng Mặt trời thấp hơn liên quan với sự thiếu vắng các vết đen trong những năm đó, nhưng điều này chỉ là có thể.

Ngoài ra cũng có một thời kì có khí hậu khác thường khác trong nhiều thế kỉ trước đây, liên quan tới (bởi những phép đo gián tiếp) các cực đại và cực tiểu của các vết đen Mặt trời. Quả thực, những chu kì có nhiều vết đen Mặt trời có liên quan tới những thời kì khí hậu nóng ở trên Trái đất. Điều này ủng hộ cho những ý kiến cho rằng khí hậu của Trái đất liên quan tới sự biến đổi trong thời gian dài của số các vết đen Mặt trời. Hầu hết các chuyên gia cho rằng mối liên hệ này là rất có thể.

Điều được quan tâm đặc biệt là trong vòng 40 năm qua có rất nhiều vết đen Mặt trời. Khí hậu của Trái đất đã trở nên nóng hơn trong vòng 30 năm qua. 10 năm gần đây, khí hậu trở nên rất nóng. Chúng ta nói tới sự nóng lên toàn cầu. Liệu có phải sự nóng lên toàn cầu này là do các vết đen Mặt trời hay không? Hầu hết (nhưng không phải tất cả) các chuyên gia trả lời: Không! Sự nóng lên toàn cầu mạnh hơn so với sự nóng lên tính toán được theo số vết đen Mặt trời. Rất có thể sự nóng lên toàn cầu là do hiệu ứng nhà kính mạnh được gây ra bởi nền văn minh kĩ thuật của con người.

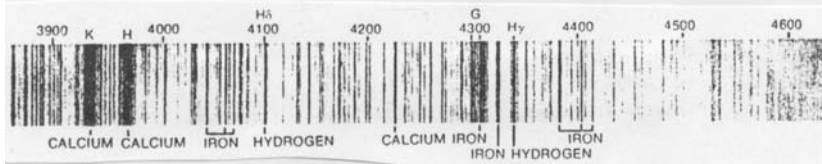


Hình 1



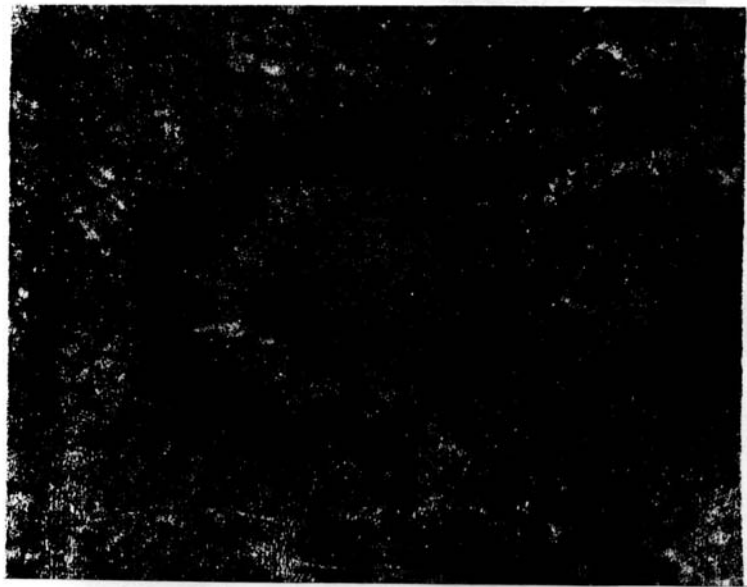
Hình 2

Ảnh của Mặt trời được chụp vào ngày 7/4/1947, ở thời điểm có một nhóm vết đen Mặt trời lớn một cách khác thường, nằm ở phía trên tâm bức ảnh. Một nhóm vết đen Mặt trời khác nằm ở bên trái và có một vài vết đen bình thường. (Ảnh : Carnegie Institution of Washington).



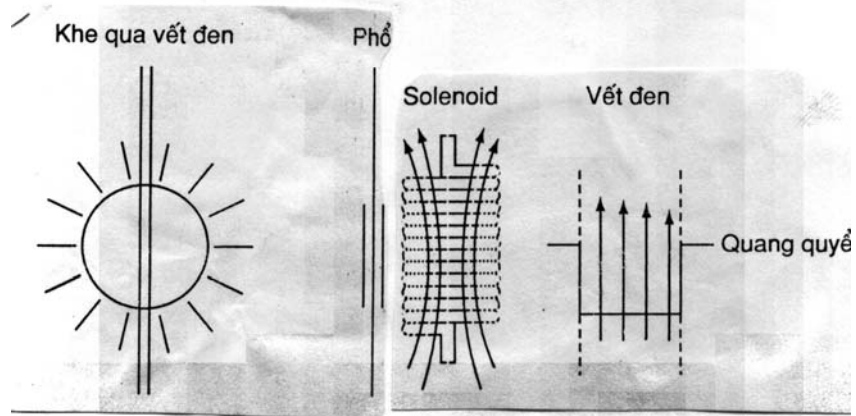
Hình 3

Một phần của phổ của Mặt trời từ màu xanh lam tới màu lục, có bước sóng từ khoảng $3,90 \times 10^7$ tới khoảng $4,60 \times 10^7$ m. Các nguyên tố gây ra các vạch phổ hấp thụ quan trọng nhất được xác định.



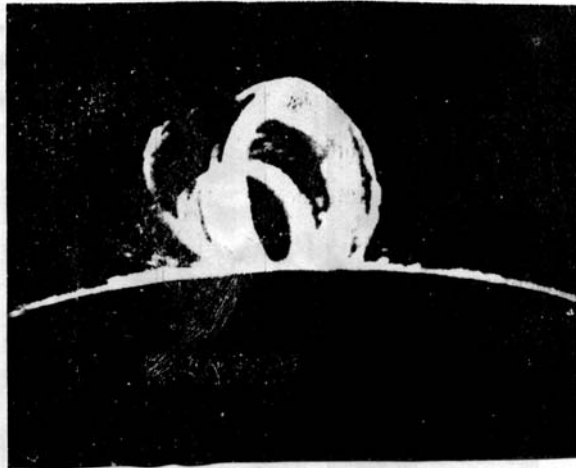
Hình 4

Một vết đen Mặt trời riêng lẻ, được chụp từ tàu vũ trụ Con Thoi vào tháng 8 năm 1995 với những chi tiết bé nhất có thể nhận ra được là 200km. Khu vực trung tâm, khá tối bị bao bọc bởi những hình ảnh có dạng sợi có đường kính gấp đôi đường kính Trái đất. Vết đen Mặt trời được bao bọc bởi các khí đối lưu Mặt trời thông thường; các khí sáng hơn và nóng hơn dâng lên và mang nhiệt từ bên trong lên trên; nhiệt của chúng sau đó được bức xạ vào vũ trụ; các khí nguội hơn và khá tối vừa được tạo thành chìm xuống dưới. (Ảnh : NASA and Lockheed Research Laboratories).



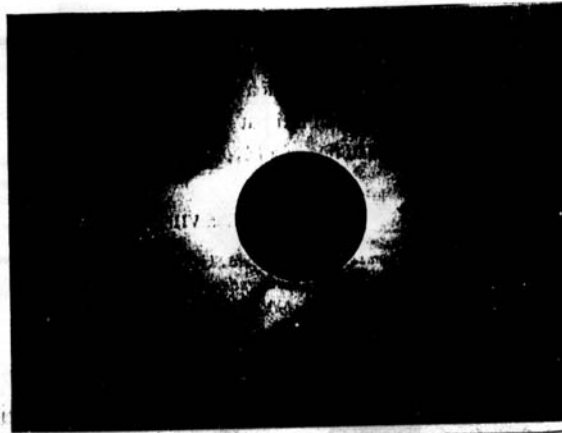
Hình 5

Hình 6



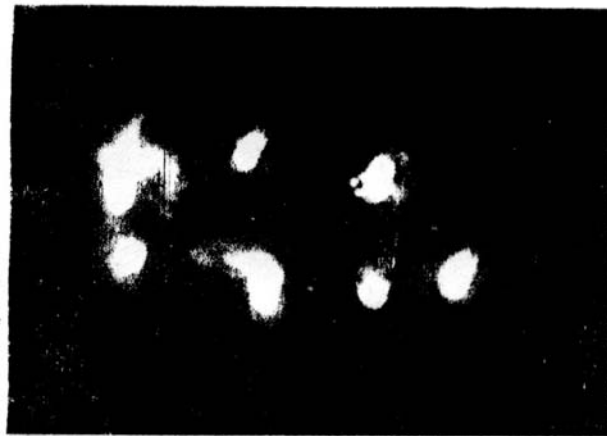
Hình 7

Tai lửa được quan sát ở ánh sáng hiđrô đỏ, hiện lên phía trên cạnh Mặt trời
(Ảnh : National Optical Astronomy Observatories)



Hình 8

Vành nhật hoa của Mặt trời được quan sát khi đĩa sáng của Mặt trời bị che bởi Mặt trăng trong suốt nhật thực toàn phần ngày 7/3/1970. Cấu trúc sáng ở gần đỉnh, khi được chiếu vào phía trước đĩa, nằm ngay phía trên một nhóm vết đen Mặt trời (Ảnh : Hig Altitude Observatory/NCAR).



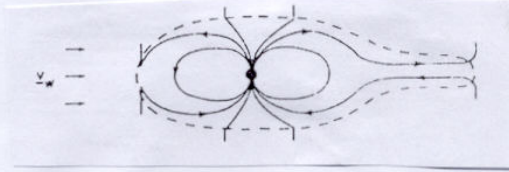
Hình 9

Mặt trời được quan sát ở vùng tia X, từ Skylab, ngày 5/9/1973. Nguồn tia X mạnh nhất hiện ra ở màu trắng. 7 nguồn nằm trong vành nhật hoa, mỗi nguồn nằm trên một nhóm các vết đen Mặt trời không được trông thấy ở tia X. Các nguồn tia X được nối bởi các vành khí phát xạ tia X (Ảnh : NASA).



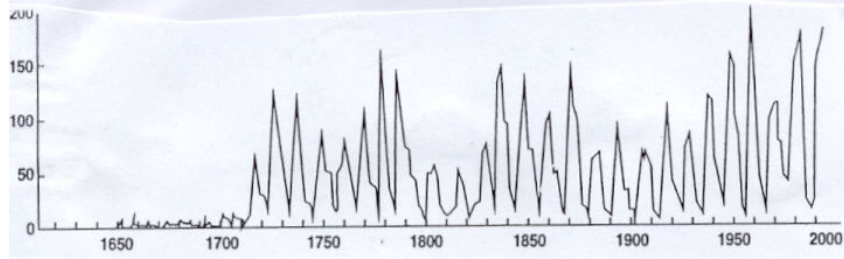
Hình 10

Một hình ảnh của tia X của vành nhật hoa được chụp vào năm 1998, trên một khu vực khoảng 1/10 đĩa Mặt trời, cho thấy các vòng hẹp đến mức camera tia X còn có thể thu được. Giá như một trong số các nguồn ở hình 9 đã được quan sát với một thiết bị mới hơn thì nó sẽ trông giống như nhiều vòng phát ra từ khu vực của các vết đen Mặt trời ở phía trên bên trái. (Ảnh : NASA).



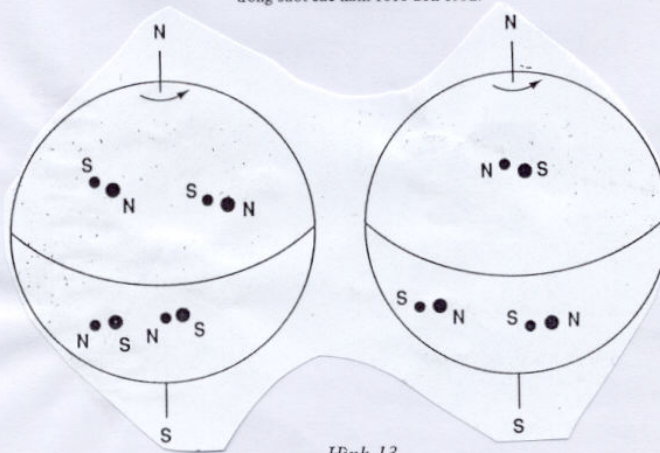
Hình 11

Gió Mặt trời đến từ phía trái và thổi xung quanh từ quyển (các đường kẻ vạch) điều khiển từ trường của Trái đất (các đường liên nét).



Hình 12

Đo số vết đen Mặt trời được quan sát thấy trên Mặt trời trong suốt các năm 1610 đến 1992.



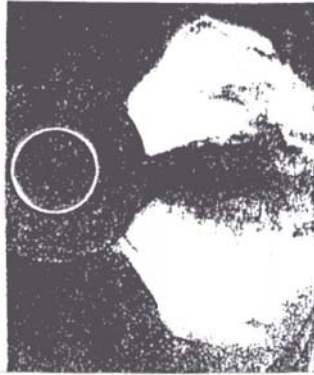
Hình 13

Sự phân cực của vết đen Mặt trời: Với mỗi chu kỳ 11 năm, sự phân cực của các cặp vết đen Mặt trời được tổ chức như ở bên trái, với chu kỳ tiếp theo, như ở bên phải. Hình ảnh từ trường lặp lại với một chu kỳ 22 năm. Ở mỗi thời điểm, độ phân cực ở bán cầu Bắc ngược với độ phân cực ở bán cầu Nam.



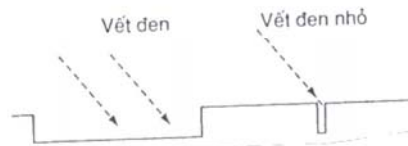
Hình 14

Tai lửa Mặt trời (sáng) được quan sát ở ánh sáng hiđrô đỏ, bước sóng 656,3nm, ngày 7/8/1972 từ Big Bear Observatory, California. Tai lửa này bùng sáng trong hơn một giờ và lan rộng tới hơn $1.4.10^5$ km. Nó gây ra những hiệu ứng khác thường rất mạnh ở trên Trái đất như sự chập mạch điện. Hai sợi tai lửa bao quanh một số vết đen lớn (Ảnh: Big Bear Solar Observatory, California.)



Hình 15

Khí thoát ra từ vành nhật hoa của Mặt trời với tốc độ cao, được chụp từ tàu vũ trụ SOHO nằm cố định trên đường nối Trái đất và Mặt trời. Vành tròn màu trắng có kích cỡ của đĩa Mặt Trời, khu vực xung quanh bị phơi sáng quá mức và không trông thấy. Khí đã chuyển động vào vũ trụ tới khoảng cách khoảng 5.10^6 km, nghĩa là 7 lần đường kính Mặt trời và 0,03 đơn vị thiên văn (Ảnh: NASA/ESA).



Hình 16

PHẦN HƯỚNG DẪN NGHIÊN CỨU THÊM

Trong giáo trình thiên văn học đáng lẽ còn có rất nhiều vấn đề cần phải đề cập. Do không đủ thời gian để giảng dạy trên lớp, những vấn đề này sẽ được nêu ra để sinh viên tự nghiên cứu dưới hình thức đọc thêm, làm bài seminar hoặc khóa luận, luận văn.... Đó là những phần sau :

1. Mặt trời.

Mặt trời là một ngôi sao gần chúng ta nhất và là điển hình của sao trên dải chính. Nghiên cứu về mặt trời có rất nhiều vấn đề mà ta phải chú ý như sau :

- Cấu tạo mặt trời : Chú ý đến thành phần cấu tạo và nhiệt độ của các lớp như quang, cầu sắc cầu, nhật hoa.

- Các quá trình vật lý bên trong mặt trời : Điều kiện nhiệt độ, áp suất, sự truyền nhiệt v.v...

- Đặc biệt chú ý đến hoạt động của mặt trời : Vấn đề vết đen và từ trường mặt trời.

(Nguồn gốc năng lượng mặt trời, vấn đề Notrinô mặt trời v.v...

2. Vật lý các hành tinh thuộc hệ mặt trời.

Nghiên cứu lý tính các hành tinh như điều kiện nhiệt độ áp suất, thành phần cấu tạo, các hoạt động kiến tạo v.v... Đặc biệt chú ý đến những thành tựu nghiên cứu gần đây nhờ du hành vũ trụ và các kính viễn vọng ngoài trái đất.

3. Nguồn gốc hệ mặt trời.

So sánh các đặc điểm của các thành viên trong hệ mặt trời, từ đó rút ra những điểm chung và kết luận chúng phải thuộc một hệ, được sinh ra đồng thời. Xét các giả thiết về nguồn gốc của hệ của Laplace, Kant và quan niệm hiện nay. Những tồn tại chưa giải đáp được v.v...

4. Nguồn gốc sự sống và đi tìm các nền văn minh ngoài trái đất.

- Định nghĩa sự sống. Vai trò của carbon.

- Những điều kiện cần thiết để phát sinh và duy trì sự sống.

- Những đặc điểm của trái đất hội đủ điều kiện để phát sinh sự sống. Vai trò của mặt trăng.

- Tìm kiếm sự sống trong các hành tinh thuộc hệ mặt trời.

- Tìm kiếm hành tinh trong các ngôi sao.

- Khả năng tồn tại các nền văn minh ngoài trái đất. Phương thức liên lạc hiện nay.

5. Du hành vũ trụ.

Lịch sử ngành hàng không - vũ trụ. Nguyên tắc hoạt động và cấu tạo của các tên lửa vũ trụ. Các thành tựu chinh phục vũ trụ.

6. Các thành viên khác của hệ mặt trời (sao chổi, thiên thạch, sao băng...).

Cấu tạo và các hiện tượng quan sát được.

7. Các hiện tượng vật lý trong đời sống có liên quan đến bầu trời.

Màu sắc bầu trời, cầu vồng v.v...

8. Vật chất khuếch tán giữa các sao trong vũ trụ (The Interstellar Medium).

Thành phần vật chất.

Các loại bức xạ (chú ý bức xạ vô tuyến).

Sự hình thành các sao các đám mây khí.

9. Nguồn gốc vũ trụ.

Vấn đề nguồn gốc vũ trụ là vấn đề rất lớn, rất phức tạp và vẫn chưa đi đến kết luận cuối cùng. Cần chú ý:

- Quan niệm trước đến nay về vũ trụ (vũ trụ tĩnh - vũ trụ có biến đổi).
- Quan niệm về không gian và thời gian.
- Thuyết tương đối rộng và hẹp của Einstein.

Hẹp : Vấn đề thời gian - không gian.

Giới hạn của vận tốc ($v \leq c$)

Rộng : Không - thời gian và sự hấp dẫn, từ đó rút ra hệ quả về vũ trụ có khởi điểm.

- Thuyết Big - Bang: Giả thuyết đang thịnh hành nhất hiện nay về sự hình thành vũ trụ.

Chú ý: Khái niệm khởi điểm: 1 kỳ dị toán học, không thể khảo sát được (Singularity) thường gọi là vụ nổ (Big (Bang). Chỉ khảo sát được từ thời điểm 10⁻⁴³ giây sau đó. Nguyên nhân của sự hạn chế đó là: Hệ thức bất định Heisenberg trong vật lý lượng tử.

Các quá trình vật lý tại thời điểm ban đầu của Big(Bang: Sự thống nhất 4 tương tác vật lý cơ bản (hấp dẫn, điện từ, mạnh, yếu), các hạt tiền cơ bản, vật lý năng lượng cao. Các mảng vật lý này cần phải được nâng cao nữa mới đủ sức giải quyết những vấn đề mà giả thuyết đề ra.

Các quá trình vật lý xảy ra từ sau Big - Bang để đạt được trật tự vũ trụ như hiện nay.

- **Chú ý: Giả thuyết này chưa có đầy đủ các cơ sở vật lý và chưa được thực tế chấp nhận hoàn toàn.** Và dù có cũng chỉ để cho phần vũ trụ quan sát được của chúng ta mà thôi.

PHẦN KẾT.

Chúng ta vừa học xong cuốn giáo trình Thiên văn học đại cương. Gấp cuốn sách lại, chúng ta không khỏi băn khoăn, dường như còn quá nhiều điều chưa nói hết. Đó là vì chúng ta không có đủ thời gian và trình độ để đi sâu hơn. Nhưng cũng vì một lẽ nữa là con đường tìm hiểu tự nhiên mãi mãi là vô tận. Vậy thì chúng ta đã học được điều cơ bản gì qua cuốn giáo trình hạn hẹp này?

Trước tiên, đó là lợi ích mà môn học đem tới cho người học. Sự hiểu biết về thế giới tự nhiên giúp chúng ta làm chủ bản thân, làm chủ thế giới. Người xưa từng nói:

“Cách vật thành ý chính tâm

Tu thân, tề gia, trị quốc, bình thiên hạ”.

Muốn làm được việc lớn phải bắt đầu từ việc học hỏi, quan sát tự nhiên, từ đó rút ra những kết luận đúng đắn về qui luật vận động của tự nhiên, hình thành cho mình nhân sinh quan, thế giới quan đúng đắn, giúp thành công trong cuộc sống. Học thiên văn chính là để trang bị cho mình một vũ trụ quan đúng đắn, tiên bộ, khoa học.

Tuy nhiên, việc học tập, nghiên cứu môn học này không phải một sớm một chiều, sự hiểu biết của con người về tự nhiên không phải là chân lý bất biến. Tự nhiên tồn tại khách quan và sự hiểu biết của con người là sự phản ánh chủ quan, nó luôn mang đậm dấu ấn thời đại. Vật lý là môn khoa học tìm hiểu qui luật vận động của vật chất trong không gian và theo thời gian các khái niệm về vật chất không gian thời gian theo lịch sử phát triển của vật lý đã có rất nhiều biến đổi. Điều đó thể hiện rất rõ trong phần vũ trụ luận của Thiên văn học. Tìm hiểu không – thời gian chính là tìm hiểu về vũ trụ, vì vũ trụ là:

“Thượng hạ, đông tây viết VŨ

vâng cổ, lai kim viết TRU”.

Vũ trụ chính là không – thời gian mà vật chất tồn tại trong đó. Trong cuốn sách này ta không đi sâu nghiên cứu riêng phần vũ trụ luận. Nhưng qua nó vẫn nổi bật các trọng tâm mà các thầy giáo vật lý, đối tượng phục vụ chính của cuốn sách phải nắm được. Đó là sự thay đổi quan điểm về vũ trụ, qua các giai đoạn phát triển của vật lý từ thời Aristotle qua Newton đến Einstein và còn tiếp tục mãi. Từ không gian hạn hẹp gắn liền với cái nôi Trái đất bất động chúng ta đã vươn ra xa đến hàng tỷ tỷ thiên hà. Từ chỗ coi thời gian là một cái gì đó giúp liên kết các sự kiện, còn cuộc sống của bầu trời là thần thánh, bất diệt, vô thủy vô chung, chúng ta đã thấy các sao cũng “già” cũng “chết”. Ta đang lần ngược về ngày ra đời của vũ trụ. Và trên con đường tìm hiểu vũ trụ khái niệm không – thời gian ngày càng trở nên phức tạp hơn. Chúng không tồn tại độc lập, tự thân mà gắn liền với vật chất. Khái niệm vật chất cũng được hiểu với mức độ ngày càng sâu sắc tinh tế hơn. Thế giới các thiên thể dù to lớn đến đâu, cũng được hình thành từ những thành phần rất nhỏ bé của vật chất. Để hiểu rõ về quá trình hình thành của vũ trụ gồm các thiên thể to lớn phải đi sâu vào thế giới vi mô của vật chất. Thế giới nguyên tử hạt nhân, hạt cơ bản v.v... Sự kết hợp nghiên cứu hai thái cực của vật chất. Siêu vi mô và siêu vĩ mô đã đưa môn thiên văn vũ trụ thành ngành khoa học mũi nhọn của thời đại hiện nay.

Tuy nhiên nếu chủ thể quan sát tự nhiên là chúng ta thì còn biết bao câu hỏi có tính dẫn đường cho chúng ta trong việc nghiên cứu mà hiện nay vẫn chưa có câu trả lời dứt khoát Triết học cần đi trước dẫn đường cho khoa học, chỉ ra cho chúng ta rõ ta có thể hiểu được tự nhiên hay không? Thế giới này phải chăng được tạo ra bởi ta và vì ta? Trớ trêu thay, muốn triết học trả lời được những câu hỏi này thì bản thân khoa học phải cung cấp đầy đủ chứng cứ cho nó. Vậy đến bao giờ mới có câu trả lời tối hậu đây?

Cho nên, mặc dù cuốn sách này đã đi đến phần kết nhưng còn quá nhiều vấn đề chưa kết thúc. Để ngày càng hiểu đúng về tự nhiên, nhiệm vụ của chúng ta là phải không ngừng học hỏi cập nhật kiến thức. Cuốn sách này chắc hẳn sẽ có thêm nhiều phần mới.

PHU LUC 1

Một số hằng số vật lý cơ bản

Hằng số	Ký hiệu	Giá trị ước tính	Giá trị tốt nhất (1986)	
			Giá trị ^{a)}	Sai số ^{b)}
Tốc độ ánh sáng trong chân không	c	$3.000 \times 10^8 \text{ m/s}$	2.99792458	chính xác
Điện tích nguyên tố	e	$1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$	1.60217738	0.30
Khối lượng electron	m_e	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	9.1093897	0.59
Khối lượng proton	m_p	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.6726230	0.59
Tỷ số k/lượng proton trên k/lượng electron	m_p/m_e	1840	1836152701	0.020
Khối lượng notron	m_n	$1.68 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.6749286	0.59
Khối lượng muon	m_μ	$1.88 \times 10^{-28} \text{ kg}$	1.8835326	0.61
Khối lượng electron ^{c)}	m_e	$5.49 \times 10^{-4} \text{ u}$	5.48579902	0.023
Khối lượng proton ^{c)}	m_p	1,0073u	1.007276470	0.012
Khối lượng notron ^{c)}	m_n	1,0087u	1.008664704	0.014
Khối lượng nguyên tử hidro ^{c)}	m_{1H}	1,0078u	1.007825035	0.011
Khối lượng nguyên tử đơteri ^{c)}	m_{2H}	2,0141u	2.0141019	0.053
Khối lượng nguyên tử hêri ^{c)}	m_{4He}	4,0026u	4.0026032	0.067
Thương số điện tích trên k/lượng của electron	e/m_e	$1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$	1.75881961	0.30
Hằng số điện	ϵ_0	$8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$	8.85418781762	chính xác
Hằng số (từ) thẩm	μ_0	$1,26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$	1.25663706143	chính xác
Hằng số Planck	h	$6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$	6.6260754	0.60
Bước sóng Compton của electron	λ_c	$2.43 \times 10^{-12} \text{ m}$	2.42631058	0.089
Hằng số khí lí tưởng	R	8.31 J/mol K	8.314510	8.4
Hằng số Avogadro	N_A	$6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	6.0221367	0.59
Hằng số Boltzman	k	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	1.380657	11
Thể tích mol của khí lí tưởng ở STPd)	V_m	$2.24 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol}$	2.241409	8.4
Hằng số Faraday	F	$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$	9.6485309	0.30
Hằng số Stefan- Boltzmann	σ	$5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$	5.67050	34
Hằng số Ridberg	R	$1.10 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$	1.0973731534	0.0012
Hằng số hấp dẫn	G	$6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2 \cdot \text{kg}$	6.67260	100
Bán kính Bohr	r_B	$5,29 \times 10^{-11} \text{ m}$	5.29177249	0.045
Momen từ của electron	μ_e	$9,28 \times 10^{-24} \text{ J/T}$	9.2847700	0.34
Momen từ của proton	μ_p	$1,41 \times 10^{-26} \text{ J/T}$	1.41060761	0.34
Manheton Bohr	μ_B	$9,27 \times 10^{-24} \text{ J/T}$	9.2740154	0.34
Manheton hạt nhân	μ_N	$5,05 \times 10^{-26} \text{ J/T}$	5.0507865	0.34

a) Các giá trị ghi trong cột này phải cùng đơn vị và lũy thừa của 10 như giá trị ước tính.

b) Phần triệu.

c) Khối lượng được ghi theo đơn vị khối lượng nguyên tử (u) trong đó $1u = 1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

d) STP (standard temperature and pressure) có nghĩa là nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn : 00C và 1.0 atm (0.1 Mpa)

* Các giá trị trong bảng được lựa chọn từ một bảng dài hơn trong Symbols, Units and Nomenclature in Physics (IUPAP), do E. Richard Cohen và Pic Giacomo biên soạn năm 1986.

* Số liệu theo Halliday

PHU LỤC 2

Một số số liệu thiên văn

VÀI KHOẢNG CÁCH TỪ TRÁI ĐẤT

Tới mặt trăng *	3,82 x 10 ⁸ m
Tới mặt trời *	1,50 x 10 ¹¹ m
Tới ngôi sao gần nhất (Proxima Centauri)	4,04 x 10 ¹⁶ m
Tới tâm thiên hà của chúng ta	2,2 x 10 ²⁰ m
Tới thiên hà Andromet	2,1 x 10 ²² m
Tới biên của vũ trụ quan sát được	~ 10 ²⁶ m

* Khoảng cách trung bình

MẶT TRỜI, TRÁI ĐẤT VÀ MẶT TRĂNG

Tính chất	Đơn vị	Mặt trời	Trái đất	Mặt trăng
Khối lượng	kg	1,99 x 10 ³⁰	5,98 x 10 ²⁴	7,36 x 10 ²²
Bán kính trung bình	m	6,96 x 10 ⁸	6,37 x 10 ⁶	1,74 x 10 ⁶
Khối lượng riêng trung bình	kg/m ³	1410	5520	3340
Gia tốc rơi tự do trên bề mặt	m/s ²	274	9,81	1,67
Vận tốc thoát	km/s	618	11,2	2,38
Chu kỳ quay ^{a)}		37 ngày tại các cực ^{b)} 26 ngày tại xích đạo ^{b)}		
Năng suất bức xạ ^{c)}	W	3,90 x 10 ²⁶		

a) Được đo đối với những ngôi sao ở xa

b) Mặt trời một khối khí không quay như một vật thể rắn.

c) Ngay ở ngoài khí quyển trái đất, năng lượng nhận được từ mặt trời, coi như tới vuông góc, với tốc độ 1340W/m².

* Số liệu lấy theo Halliday

PHU LUC 3

Vài tính chất của các hành tinh

	Sao thủy	Sao Kim	Trái đất	Sao hỏa	Sao Mộc	Sao Thổ	Sao Thiên Vương	Sao Hải Vương	Sao Diêm Vương
Khoảng cách trung bình từ Mặt trời, 106km	57,9	108	150	228	778	1430	2870	4500	5900
Chu kì vòng quay, năm	0,241	0,615	1,00	1,88	11,9	29,5	84,0	165	248
Chu kì quay, a) ngày	58,7	- 243 ^b	0,997	1,03	0,409	0,426	-0,451 ^b	0,658	6,39
Tốc độ quỹ đạo, km/s	47,9	35,0	29,8	24,1	13,1	9,64	6,81	5,43	4,74
Độ nghiêng của trục so với quỹ đạo	<28 ⁰	≈ 3 ⁰	23,4 ⁰	25,0 ⁰	3,08 ⁰	26,7 ⁰	97,9 ⁰	29,6 ⁰	57,5 ⁰
Độ nghiêng của quỹ đạo so với quỹ đạo Trái đất.	7,00 ⁰	3,39 ⁰		1,85 ⁰	1,30 ⁰	2,49 ⁰	0,77 ⁰	1,77 ⁰	17,2 ⁰
Tầm sai của quỹ đạo	0,206	0,0068	0,0167	0,093 4	0,0485	0,0556	0,0472	0,00086	0,250
Đường kính xích đạo, km	4880	12.100	12.800	6790	143.000	120.000	51.8000	49.500	2300
Khối lượng (Trái đất = 1)	0,0558	0,815	1,000	0,107	318	95,1	14,5	17,2	0,002
Tỉ trọng (nước = 1)	5,60	5,20	5,52	3,95	1,31	0,704	1,21	1,67	2,03
Giá trị của gc) trên bề mặt, m/s ²	3,78	8,60	9,78	3,72	22,9	9,05	7,77	11,0	0,5
Vận tốc thoát,c) km/s	4,3	10,3	11,2	5,0	59,5	35,6	21,2	23,6	1,1
Các vệ tinh đã biết	0	0	1	2	16+ một vành	18+ nhiều vành	15+ nhiều vành	8+ nhiều vành	1

- a) Được đo với những ngôi sao ở xa
- b) Sao kim và sao thiên vương quay ngược với chuyển động quỹ đạo của chúng.
- c) Gia tốc trọng trường được đo ở xích đạo của hành tinh.

* Số liệu lấy theo Halliday

PHU LUC 4

Tên 88 chòm sao sáng trên bầu trời

Số th ứ tự	Tên La tinh	Số hữu cách (thuộc về chòm)	Tên tiếng Anh hoặc mô tả	Tên tiếng Việt hoặc mô tả hoặc dịch	Viết tắt	Vị trí (gần đúng)	
						α h	δ °
1	Andromeda	Andromedae	Princess of Ethiopia	Tiên nữ	And	1	+40
2	Antila	Atilae	Air pump	Bơm nước	Ant	10	-35
3	Apus	Apodis	Bird of Paradise	Chim thiên đường	Aps	16	-75
4	Aquarius	Aquarii	Water bearer	Cái bình, bão bình	Aqr	23	-15
5	Aquila	Aquilae	Eagle	Đại bàng, thiên ung	Aql	20	+5
6	Ara	Arae	Altar	Bệ thờ	Ara	17	-55
7	Aries	Ariets	Ram	Con dê, Bạch dương	Ari	3	+20
8	Auriga	Aurigae	Charioteer	Ngự phu	Aur	6	+40
9	Bootes	Bootis	Herdsmen	Mục phu	Boo	15	+30
10	Caelum	Caeli	Graving tool	Cái đục	Cae	5	-40
11	Camelopardus	Camelopardis	Giraffe	Hươu cao cổ, Lộc cầu	Cam	6	+70
12	Cancer	Cancri	Crab	Con cua, cự giải	Cnc	9	+20
13	Canes Venatici	Canum Venaticorum	Hunting dogs	Chó săn	CVn	13	+40
14	Canis Major	Canis Majoris	Big dog	Đại khuyển	CMa	7	-20
15	Canis Minor	Canis Minoris	Little dog	Tiểu khuyển	CMi	8	+5
16	Capricornus	Capricorni	Sea goat	Dê Market, Sơn dương	Cap	21	-20
17	Carina *	Carinae	Keel of Argo	Thân tàu	Car	9	-60
18	Cassiopeia	Cassiopeiae	Queen of Ethiopia	Thiên hậu	Cas	1	+60
19	Centaurus	Centauri	Centaur	Bán nhân mã	Cen	13	-50
20	Cepheus	Cephei	King of Ethiopia	Thiên vương	Cep	22	+70
21	Cetus	Ceti	Sea monster	Kinh ngư	Cet	2	-10
22	Chamaeleon	Chamaeleontis	Chameleon	Tắc kè bông	Cha	11	-80
23	Circinus	Circini	Compasses	Compa	Cir	15	-60
24	Columba	Columbae	Dove	Bồ câu	Col	6	-35
25	Coma Berenices	Comae Berenices	Berenice's hair	Mái tóc Berenic	Com	13	+20
26	Corona Australis	Coronae Australis	Southern crown	Nam miện	CrA	19	-40
27	Corona Borealis	Coronae Borealis	Northern crown	Bắc miện	CrB	16	+30
28	Corvus	Corvi	Crow	Con quạ	Crv	12	-20
29	Crater	Crateris	Cup	Cái cúp	Crt	11	-15
30	Crux	Crucis	Cross (southern)	Thập tự phương Nam	Cru	12	-60
31	Cygnus	Cygni	Swan	Thiên nga	Cyg	21	+40
32	Delphinus	Delphini	Porpoise	Cá heo	Del	21	+10
33	Dorado	Doradus	Swordfish	Cá kiếm	Dor	5	-65
34	Draco	Draconis	Dragon	Thiên long	Dra	17	+65

35	Equuleus	Equulei	Little horse	Tiểu mã	Equ	21	+10
36	Eridanus	Eridani	River	Ba giang	Eri	3	-20
37	Formax	Fornacis	Furnace	Lò sười	For	3	-30
38	Gemini	Geminorum	Twins	Song tử	Gem	7	+20
39	Grus	Gruis	Grane	Con sếu	Gru	22	-45
40	Hercules	Herculis	Hercules	Vũ tiên, lực sĩ	Her	17	+30
41	Horologium	Horologii	Clock	Đồng hồ	Hor	3	-60
42	Hydra	Hydrae	Sea serpent	Trường xà, Giao long	Hya	10	-20
43	Hydrus	Hydri	Water Snake	Rắn nước	Hyi	2	-75
44	Indus	Ind	Indian	Người da đỏ	Ind	21	-55
45	Lacerta	Lacertae	Lizard	Thằn lằn	Lac	22	+45
46	Leo	Leonis	Lion	Sư tử	Leo	11	+15
47	Leo Minor	Leonis Minoris	Little lion	Sư tử nhỏ	LMi	10	+35
48	Lepus	Leporis	Hare	Thỏ rừng	Lep	6	-20
49	Libra	Librae	Balance	Cái cân, thiên bình	Lib	15	-15
50	Lupus	Lupi	Wolf	Chó sói	Lup	15	-45
51	Lynx	Lyncis	Lynx	Linh miêu	Lyn	8	+45
52	Lyra	Lyrae	Lyre or harp	Thiên cầm	Lyr	19	+40
53	Mensa	Mensae	Table Mountian	Núi bàn	Men	5	-80
54	Microscopium	Microscopii	Microscope	Kính hiển vi	Mic	21	-35
55	Monoceros	Monocerotis	Unicorn	Kỳ lân	Mon	7	-5
56	Musca	Muscae	Fly	Con ruồi	Mus	12	-70
57	Norma	Normae	Carpenter's level	Thước đo độ bằng (Ni vô)	Nor	16	-50
58	Octans	Octanis	Octant	Thước đo góc	Oct	22	-85
59	Ophuchus	Ophiuchi	Holder of serpent	Xà phu	Oph	17	0
60	Orion	Orionis	Orion the hunter	Lạp hộ, Thợ săn, trảng sĩ	Ori	5	+5
61	Pavo	Pavonis	Peacock	Con công	Pav	20	-65
62	Pegasus	Pegasi	Pegasus	Phi mã	Peg	22	+20

63	Perseus	Persei	Perseus	Anh tiên	Per	-3	+45
64	Phoenix	Phoenicis	Phoenix	Phượng hoàng	Phe	1	-50
65	Pictor	Pictoris	Easel	Giả vẽ	Pic	6	-55
66	Pisces	Piscium	Fishes	Song ngư	Psc	1	+15
67	Piscis Austrinus	Piscis Austrini	Southern fish	Nam ngư	PsA	22	-30
68	Puppis *	Puppis	Stern	Cột buồm	Pup	8	-40
69	Pyxis* (=Malus)	Pyxidis	Compass	La bàn	Pyx	9	-30
70	Reticulum	Reticuli	Net	Lưới đánh cá	Ret	4	-60
71	Sagitta	Sagittae	Arrow	Mũi tên	Sge	20	+10
72	Sagittarius	Sagittarii	Archer	Nhân mã, cung thủ	Sgr	19	-25
73	Scorpius	Scorpii	Scorpion	Bò cạp, Thần nông	Sco	17	-40
74	Sculptor	Sculptoris	Sculpor's tools	Giả tượng	ScI	0	-30
75	Scutum	Scuti	Shield	Cái khiên, lá chắn	Sct	19	-10
76	Serpens	Serpentis	Serpent	Mãng xà	Ser	17	0

77	Sextans	Sextantis	Sextant	Kính lục phân	Sex	10	0
78	Taurus	Tauri	Bull	Kim ngưu, con trâu	Tau	4	+15
79	Telescopium	Telescopii	Telescope	Kính viễn vọng	Tel	19	-50
80	Triangulum	Trianguli	Triangle	Tam giác	Tri	2	+30
81	Triangulum Australe	Trianguli Australis	Southern triangle	Tam giác Phương Nam	TrA	16	-65
82	Tucana	Tucanae	Toucan	Bồ Nông	Tuc	0	-65
83	Ursa Major	Ursae Majoris	Big bear	Đại hùng, Gấu lớn	VMa	11	+50
84	Ursa Minor	Ursae Minoris	Little bear	Tiểu hùng, Gấu nhỏ	VMi	15	+70
85	Vela	Velorum	Sail	Cánh buồm	Vel	9	-50
86	Virgo	Virginis	Virgin	Trinh nữ	Vir	13	0
87	Volans	Volantis	Flying fish	Cá kiếm	Vol	8	-70
88	Vulpecula	Vulpeculae	Fox	Con cáo	Vul	20	+25

* The four constellations Carina, Puppis, Pyxis and Vela orinally formed the single constellation, Argo Navis.

(4 chòm Carina, Puppis, Pyxis và Vela làm thành một chòm chung là Argo Navis (Thuyết phàm)

Theo Pasachoff

PHỤ LỤC 5

Tên 25 ngôi sao sáng trên bầu trời

Thứ tự	Ký hiệu	Tên tiếng la tinh	Tên tiếng Việt (nếu có)	Cấp sao nhìn thấy	Cấp sao tuyệt đối	Khoảng cách (Ps)
1	α CMA	Sirius	Thiên lang	- 1,46	1,4	2,6
2	α Car	Canopus	Lão nhân	- 0,72	- 8,5	360
3	α Boo	Arcturus	Đại giác	- 0,04	- 0,2	280
4	α Cen A	Rigel Kentaurus	Nam môn	0,00	+ 4,4	1,3
5	α Lyr	Vega	Chức nữ	0,03	+ 0,5	8,1
6	α Aur	Capella	Ngũ xa, trụ lục	0,08	+ 0,3	13
7	β Ori A	Rigel	Sâm tú 7 (Tham tú)	0,12	- 7,1	280
8	α Cmi A	Procyon	Nam hạ	0,38	+ 2,6	3,5
9	α Ori	Betelgeuse	Sâm tú 4	0,5	- 5,6	95
10	α Eri	Achenar	Thủy úy	0,46	- 1,6	26
11	β Cen AB	Hadar	Bắc hà	0,61	- 5,1	140
12	α Aql	Altair	Ngư lang	0,77	+ 2,2	5,1
13	α Tau A	Aldebaran	Tất tú 5	0,85	- 0,3	21
14	α Vir	Spica	Phi thủy	0,98	- 3,5	79
15	α Sco A	Antares	Tâm, đại hỏa, thương	0,96	4,7	100
16	α Ps A	Formalhaut	Bắc lạc	1,16	+ 2,0	6,7
17	β Gem	Pollux		1,14	+ 0,2	11
18	α Cyg	Deneb	Thiên tân	1,25	- 7,5	560
19	β Cru	Beta Crucis		1,25	- 5,0	130
20	α Leo A	Regulus	Nữ chúa	1,35	- 0,6	26
21	α Cru A	Acrux		1,41	- 3,9	110
22	ε CMAA	Adhara		1,5	- 4,4	150
23	λ Sco	Shaula		1,63	- 3,0	84
24	γ Ori	Bellatrix		1,64	- 3,6	110
25	β Tam	Elnath		1,65	- 1,6	40

– Theo Pasachoff

PHỤ LỤC 6

Tên các chòm sao trên Hoàng Đạo

Tháng	Tên La tinh	Việt	Anh	Pháp
1	Capricornus	Con Hươu (Ma kết), Nam dương, dê biển	Sea –Goat	Capricorne
2	Aquarius	Cái bình (Bão bình)	Water – Carrier	Verseau
3	Pisces	Song ngư	Fishes	Poissons
4	Aries	Con dê, dương cừu (Bạch dương)	Ram	Bélier
5	Taurus	Con trâu (Kim Ngưu)	Bull	Taureau
6	Gemini	Song tử, song nam	Twins	Gémeaux
7	Cancer	Con tôm (Cự giải), Bắc giải	Crab	Cancer
8	Leo	Sư tử, Hải sư	Lion	Lion
9	Virgo	Trinh nữ, thắt nữ, xử nữ	Virgin	Vierge
10	Libra	Cái cân, Thiên xứng	Scales	Balance
11	Scorpius	Thần nông, hổ cạp (bò cạp), con vịt	Scorpion	Scorpion
12	Sagittarius	Nhân mã, cung thủ	Archer	Sagitaire

PHỤ LỤC 7

Tên các hành tinh trong hệ Mặt Trời

Tháng	Tên La tinh	Việt	Anh	Pháp	Nga	Ký hiệu
	Solar	Mặt trời	Sun	Soleil	Солнце	☉
1	Mercury	Thủy	Mercury	Mercure	Меркури	☿
2	Venus	Kim	Venus	Venus	Венера	♀
3	Teris	Trái đất	Earth	Terre	Земля	♁
4	Mars	Hỏa	Mars	Mars	Марс	♂
5	Jupiter	Mộc	Jupiter	Jupiter	Юпитер	♃
6	Saturnus	Thổ	Saturn	Saturn	Сатурн	♄
7		Thiên Vương	Uranus	Uranus	Уран	♅
8		Hải Vương	Neptune	Neptune	Нептун	♆
9		Diêm Vương	Pluto	Pluton	Плутон	♇
			<u>Tên gọi mặt trăng (Về tinh của trái đất)</u>			
		Mặt trăng	Moon	Lune	Луна	☾

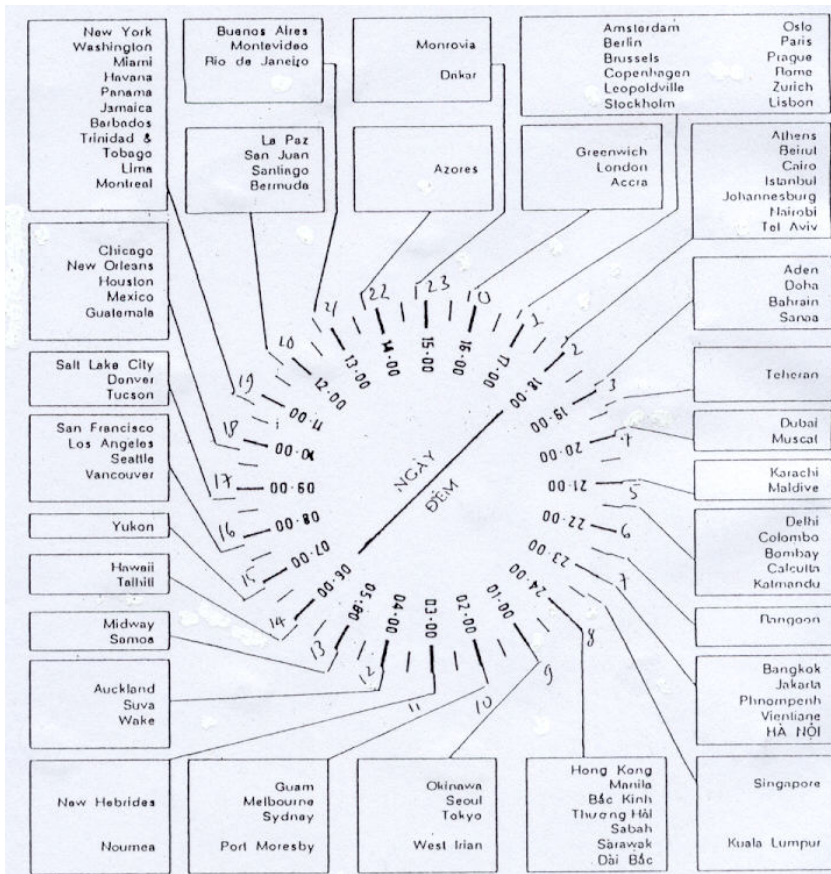
PHỤ LỤC 8

Tên các chòm sao trên xích đạo trời

Tháng	Tên La tinh	Việt	Anh	Pháp	Nga
1	Aquila	Đại bàng (Thiên ưng)	Eagle	Airle	
2	Aquarius	Bão bình	Watercarrier	Verseau	
3	Fisces	Song ngư	Fishes	Poissons	Πζαζ
4	Cetus	Cá voi	Whale	Baleine	Θηθ
5	Orion	Lạp hộ (Thợ săn) (Tráng sĩ)	Orion	Orion	Νοημλ
6	Monoceros	Kỳ lân	Unicorn	Licorne	Φδηλμομχ
7	Hydra	Trường xà	Sea-Serpent	Hydre	Δη ο ⁻
8	Sextans	Kính lục phân	Sextant	Sextant	Θειθ λ̄θ
9	Virgo	Trinh nữ (Thất nữ)	Virgin	Vierge	Εεβ ⁻
10	Serpents	Mãng xà	Serpent	Serpent	Ηκε~
11	Ophiuchus	Xà phu	Serpentholder	Ophiuchus	ΗκεΓλμπευ
12	Serpents	Mãng xà	Serpent	Serpent	Ηκε~

PHU LUC 9

Bảng đối chiếu giờ các nước trên thế giới



Cách sử dụng : Lấy giờ Thủ đô Hà Nội làm chuẩn (múi giờ thứ 7). Các bạn theo chiều kim đồng hồ tìm giờ tương ứng ở các đô thị lớn trên thế giới. Trong bảng đồng hồ Thủ đô chỉ 23 giờ, lúc đó Bắc Kinh sẽ là 24 giờ, Tokyo là 1 giờ, Melbourne là 2 giờ...

PHU LUC 10

Giải nhật thực trung tâm qua Việt Nam từ năm 1995 đến 2147

Thứ tự	Tính chất nhật thực	Ngày	Giờ quốc tế	Giới hạn Bắc		Đường trung tâm		Giới hạn Nam		Giải trung tâm	
				Vĩ độ	Kinh độ	Vĩ độ	Kinh độ	Vĩ độ	Kinh độ	Thời gian trông thấy	Độ cao mặt trời
2	Toàn phần	24-10 1995	3g40	+17°3	-98°2	+17°1	-98°1	+16°8	-98°0	1ph,7	54°
			3g50	15,3	101,7	15,0	101,6	14,7	101,4	1,8	59
			4g00	13,5	104,8	13,2	104,7	12,9	104,6	2,0	63
			4g10	11,8	107,8	11,5	107,6	11,2	107,5	2,0	66
			4g20	10,2	110,6	9,9	110,4	9,6	110,3	2,1	69
			1g30	8,7	113,3	9,4	113,2	8,4	113,0	2,1	70
3	Toàn phần	11-1 2070	1g10	+11,0	-98,0	+10,6	98,8	+10,1	-99,5	2,5	27
			1g20	13,8	105,1	13,3	105,8	12,8	106,4	2,9	36
			1g30	16,3	110,1	15,8	111,1	15,3	111,8	3,2	44
4	Hình khuyên	27-1 2074	7g50	+16,4	-98,7	+16,0	-98,8	+15,6	-98,9	2,3	43
			8g00	19,1	103,5	18,6	103,6	18,1	103,7	2,3	36
			8g10	22,5	110,0	22,0	110,0	21,5	110,0	2,3	27
5	Hình khuyên	24-7 2074	1g30	+9,5	-98,0	+9,2	-98,2	+8,8	-98,3	2,1	30
			1g40	11,4	104,3	11,0	104,4	10,7	104,5	2,0	39
			1g50	12,6	109,2	12,3	109,3	12,0	109,4	2,0	46
			2g00	13,5	113,4	13,2	113,5	12,8	113,5	2,0	53
6	Hình khuyên	29-12 2103	8g30	+6,2	-97,3	+6,4	-97,4	+5,9	-97,4	1,0	37
			8g40	10,1	103,4	9,9	103,5	9,7	103,6	1,4	28
			8g45	12,6	107,6	12,4	107,7	12,1	107,8	1,2	22
			8g50	16,1	113,8	15,8	113,8	15,5	113,9	1,2	15
7	Toàn phần	3-6 2114	10g50	+20,9	-100,4	+20,4	-99,3	+19,8	-98,4	3,6	14
			10g52	18,7	106,0	18,4	104,3	18,1	102,6	3,3	9
			Mặt trời lặn	15,8	112,9	15,0	112,6	14,2	112,2	-	0
8	Toàn phần	7-11 2143	0g00	+15,4	-99,7	+15,2	-99,6	+15,0	-99,4	1,1	8
			0g05	11,8	109,3	11,5	109,2	11,2	109,0	1,4	20
			0g10	9,5	114,7	9,2	114,6	8,9	114,4	1,6	26
9	Hình khuyên	26-8 2147	9g45	+10,0	-102,8	+9,2	-101,3	+8,4	-99,9	5,5	2,4
			9g50	8,2	109,1	7,5	106,3	6,7	104,4	5,3	18
			9g55	5,5	118,7	5,0	115,3	4,5	111,9	5,0	7

(Theo tài liệu Nhà khí tượng Việt Nam)

PHU LUC 11

Nhật thực toàn phần từ năm 1972 đến 2030

Năm	Ngày	Tháng	Pha toàn phần (phút)	Địa điểm
1972	10	7	2.7	Alaska, bắc Canada
1973	30	6	7.2	Biển Atlantic, Châu Phi
1974	20	7	5.3	Biển Ấn Độ, Úc
1976	23	10	4.9	Biển Ấn Độ, Châu Phi Uùc
1977	12	10	2.8	Bắc Nam Mỹ
1979	26	2	2.7	Tây Bắc Mỹ, Canada
1980	16	2	4.3	Trung Phi, Ấn Độ
1981	31	7	2.2	Siberia (Nga)
1983	11	6	5.4	Indonexia
1984	22	11	2.1	Indonexia, Bắc Mĩ
1987	29	3	0.3	Trung Phi
1988	18	3	4.0	Philippin, Indonexia
1990	22	7	2.6	Phần Lan, vùng cực bắc
1991	11	7	7.1	Hawaii, Mexico, Trung Mĩ, Braxin
1992	30	6	5.4	Nam Atlantic
1994	3	11	4.6	Nam Mĩ
1995	24	10	2.4	Nam Á (Việt Nam...)
1997	9	3	2.8	Sibevia, cực bắc
1998	26	2	4.4	Trung tâm nước Mĩ
1999	11	8	2.6	Trung tâm Châu Âu, Á
2001	21	6	4.9	Nam Phi
2002	4	12	2.1	Nam Phi, Úc
2003	23	11	2.0	Nam cực
2005	8	4	0.7	Nam Thái Bình Dương
2006	29	3	4.1	Châu Phi, Tiểu Á, Nga
2008	1	8	2.4	Biển Bắc, Siberia, Trung Quốc
2009	22	7	6.6	Ấn Độ, Trung Quốc, Nam TBD
2010	11	7	5.3	Nam Thái Bình Dương
2012	13	11	4.0	Bắc Úc, Nam Thái Bình Dương
2013	3	11	1.7	Biển Atlantic, Trng tâm Phi
2015	20	3	4.1	Biển Atlantic, Biên Bắc
2016	9	3	4.5	Indonexia, Thái Bình Dương
2017	21	8	2.7	Thái Bình Dương, Mĩ
2020	14	12	2.2	Nam TBD, Nam Mĩ, Nam Atlantic
2021	4	12	1.9	Cực Nam
2023	20	4	1.3	Ấn Độ Dương, Indonexia
2024	8	4	4.5	Nam Thái Bình Dương, Mexico, Mĩ
2026	12	8	2.3	Cực Bắc, Tây Ban Nha
2027	2	8	6.4	Bắc Phi, Ả Rập, biển Ấn Độ
2028	22	7	5.1	Ấn Độ Dương, Úc, Niu Di Lân
2030	25	11	3.7	Nam Phi, Ấn Độ Dương, Úc

– Theo Abell, Morison, Smith

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Viết Trinh, Nguyễn Đình Noãn, Giáo trình thiên văn, Nxb Giáo dục, 1995.
2. Phạm Viết Trinh, Thiên văn phổ thông, Nxb Giáo dục, 1998.
3. Nguyễn Lâm Dũng..., Mười vạn câu hỏi vì sao về thiên văn học (tập 1, 2), Nxb KH&KT, 1996.
4. Nguyễn Quang Riệu, Vũ trụ, phòng thí nghiệm thiên nhiên vĩ đại, Nxb Giáo dục, 1995.
5. Nguyễn Chung Tú, Trần Thượng Thủ, Hè vũ trụ năm nhuận, Nxb Đồng nai, 1982.
6. Lương Duyên Bình..., Vật lý đại cương, tập 1, 2, 3, Nxb Giáo dục, 1996.
7. Dương Trọng Bái..., Vật lý 10, Nxb Giáo dục, 1996.
8. Dương Trọng Bái..., Tài liệu giáo khoa chuyên Vật lý 10, Nxb Giáo dục, 1994.
9. Đào Văn Phúc..., Lịch sử Vật lý học, Nxb Giáo dục, 1986.
10. Phạm Duy Hiền, Vật lý nguyên tử và hạt nhân, Nxb Giáo dục, 1983.
11. Lê Thành Lâm, Lịch hai thế kỷ..., Nxb Thuận hóa – Huế, 1995.
12. Nguyễn Hữu Danh, Tìm hiểu hệ mặt trời, Nxb Giáo dục, 1998.
13. J.Pasachoff, *Astronomy*, Sunnders College Publishing, 1995.
14. Abell, Morrison, Wolff, *Realm of the Universe*, Saunders College Publishing, 1994.
15. Zelik, Gregory, Smith, *Astronomy and Astrophysics*, Saunders College Publishing, 1992.
16. R.Baker, *Astronomy*, D.Van. Nostrand Company, Inc, 1959.
17. D. Halliday..., *Fundamentals of Physics*, John Willey & Sons, Inc, 1993.
18. M.Alonso..., *Physics*, Addison – Wisley Publishing Company, 1992.
19. Fabienne Casoli..., *L'astronomie*, Minerva, 1998.
20. M.Marcelin, *Ciel & Astronomie*, Hachettle, 1996.
21. O. X $\bar{\rho}\kappa\eta\lambda$..., $\Theta\rho\sigma\mu\alpha\omega\epsilon\Delta$ Απθομλμκηη, ηγδ M $\bar{\rho}\iota$, 1974.
22. A. E χ $\bar{\epsilon}\beta$..., Απθομλμκηη, ηγδ Οομπ, 1983.
23. I. $\Theta\mu\phi\eta\lambda\pi\tau\eta\Delta$..., Απθομημκζ, ηγδ M $\bar{\rho}\iota\mu\beta$ $\bar{\delta}\rho\kappa\iota$, 1977.
24. Friedrich Goldolasch, *Astronomie*, Berlin, 1996.
25. Các tạp chí “Astronomy” năm 1997, 1998, 1999.
26. Các báo và các tạp chí khác : Thế giới mới, kiến thức ngày nay v.v...