

NGHIÊN CỨU TẦNG ĐIỆN LY TRÁI ĐẤT TRONG MỐI QUAN HỆ MẶT TRỜI – TRÁI ĐẤT

TRẦN QUỐC HÀ*

Trái đất, một hành tinh trong hệ mặt trời, là một đối tượng nghiên cứu quan trọng của vật lý học. Đặc biệt, việc nghiên cứu khí quyển tầng cao của trái đất, trong đó có tầng điện ly vừa có ý nghĩa thực tiễn thiết thực trong thông tin liên lạc, vừa có ý nghĩa lý luận trong việc tìm hiểu về mặt trời và mối quan hệ mặt trời – trái đất.

Khí quyển trái đất có thể chia thành các tầng khác nhau, tùy thuộc vào độ cao so với mặt đất, mật độ phân tử khí và nhiệt độ. Vùng khí quyển thấp (tầng đối lưu, bình lưu ...) là nơi xảy ra các hiện tượng liên quan đến khí tượng thủy văn, còn vùng khí quyển tầng cao mới chịu nhiều tác động của bên ngoài, trong đó có mặt trời. Tầng điện ly thuộc vùng khí quyển tầng cao bắt đầu ở độ cao cỡ 70 – 90 km trải đến khoảng 1000 km (tùy nơi). Tính chất đặc biệt của nó là không khí ở đây bị ion hóa chủ yếu dưới tác động của mặt trời, khiến nó trở thành môi trường plasma loãng, có tính dẫn điện và ảnh hưởng đến việc truyền sóng vô tuyến trong thông tin liên lạc. Sự tạo thành tầng điện ly và đặc tính của nó phụ thuộc vào cấu tạo và chuyển động của trái đất cũng như vào chính mặt trời. Bản thân mặt trời là một khối plasma nóng bỏng đầy biến động, việc truyền bức xạ của nó xuống trái đất tạo nên tầng điện ly cũng có nhiều biến động khiến trạng thái của tầng điện ly thay đổi. Vì vậy việc nghiên cứu tầng điện ly phải được tiến hành thường xuyên và ở khắp nơi trên trái đất. Thông qua việc nghiên cứu này chẳng những giúp chúng ta nắm vững quy luật của tầng điện ly tại quốc gia mình để phục vụ thông tin liên lạc, mà còn góp phần hiểu rõ hơn cơ chế hoạt động của mặt trời. Ngược lại, các nghiên cứu về mặt trời giúp chúng ta lý giải được thấu đáo các quá trình vật lý xảy ra trong tầng điện ly. Do đó việc nghiên cứu tầng điện ly trái đất phải được đặt trong khuôn khổ của việc nghiên cứu mặt trời và mối quan hệ mặt trời – trái đất. Sau đây ta sẽ xét sâu hơn từng vấn đề.

I. TẦNG ĐIỆN LY TRÁI ĐẤT

1. Cấu tạo

Tầng điện ly có thể được chia thành những lớp sau:

- Lớp D: Độ cao từ 70 – 90 Km, nồng độ $\bar{n} : N \approx 10^2 + 10^4 / \text{cm}^3$ (Ban ngày)
- Lớp E: Độ cao từ 105 – 160 km, nồng độ $\bar{n} : N \approx 10^5 / \text{cm}^3$
- Lớp F: (Gồm F₁ và F₂) trên 180 km, nồng độ $\bar{n} : N \approx 10^6 / \text{cm}^3$

* Khoa Vật lý, ĐHSPTp.HCM.

Thực ra nồng độ electron của các lớp điện ly không phải là hằng số, nó còn phụ thuộc nhiều yếu tố, ta sẽ xét sau.

2. Sự tạo thành tầng điện ly

a) Quá trình quang hóa bởi sóng điện từ:

Trong các lớp khí của tầng điện ly do hấp thụ năng lượng mặt trời xảy ra sự phân ly quang hóa. Lúc đầu mặt trời phân rã các phân tử khí trung hòa thành các nguyên tử. Sau đó nó ion hóa các nguyên tử thành ion dương và các electron. Về nguyên tắc, quá trình ion hóa có thể xảy ra khi năng lượng bức xạ lớn hơn năng lượng ion hóa. Sự ion hóa thường kèm theo tỏa nhiệt làm nhiệt độ ở tầng điện ly lên cao, đến cỡ 1800 K. Trong thành phần khí của khí quyển tầng cao, chủ yếu gồm các phân tử khí O₂, N₂ và các nguyên tử O, H, He, ngưỡng ion hóa ứng với bước sóng từ 1027 Å⁰ đến 504 Å⁰. Như vậy trong thành phần phổ bức xạ mặt trời chỉ có dải sóng Röntgen (1 – 700 Å⁰) và dải cực tím (170 – 1750⁰) là có thể gây ra sự ion hóa ở tầng điện ly. Các bức xạ này được tạo ra trong sắc cầu và nhật hoa của mặt trời và nó đặc biệt tăng lên trong thời gian có bùng nổ mặt trời. Cơ chế ion hóa trong các lớp của tầng điện ly không hoàn toàn giống nhau và còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác.

b) Sự ion hóa bởi bức xạ Mặt trời:

Sự ion hóa không chỉ xảy ra dưới tác dụng của bức xạ điện từ mà còn bởi sự va chạm của các hạt mang năng lượng cao từ mặt trời và từ vũ trụ với các phân tử khí trong khí quyển tầng cao. Tuy nhiên do trái đất có từ tính và chuyển động của các hạt mang điện trong từ trường phụ thuộc vào chính từ trường nên sự ion hóa bởi hạt chỉ hiệu quả ở vùng vĩ độ cao hoặc trong thời gian có bão từ.

3. Các quy luật của sự ion hóa bằng hấp thụ bức xạ

Nồng độ electron N trong các lớp của tầng điện ly không phải là hằng số, sự biến đổi của nó được miêu tả bởi phương trình liên tục:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = q - L - \text{div}(Nv) \quad (1)$$

Trong đó: q: Tốc độ ion hóa

L: Tốc độ tái hợp

v: Vận tốc trôi trung bình

div(Nv) : Thất thoát liên quan đến sự dịch chuyển.

Trong phương trình trên các thành phần quá nhỏ so với các thành phần khác có thể được bỏ qua.

Từ năm 1931 nhà Vật lý học người Anh Chapman khi nghiên cứu tầng điện ly đã đưa ra phương trình diễn tả tốc độ ion hóa. Ta có thể tóm tắt như sau:

Tốc độ ion hóa q tại độ cao h phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời I , tiết diện hấp thụ bức xạ σ của nguyên tử, số nguyên tử có trong một đơn vị thể tích khí n và hiệu suất ion hóa η

$$q = \eta \cdot \sigma \cdot n \cdot I \tag{2}$$

Trong đó cường độ bức xạ mặt trời tính bằng công thức:

$$I = I_{\infty} \exp\left(-\mu \rho \cdot H \exp\left(-\frac{h}{H}\right) \sec \theta\right) \tag{3}$$

- Với : I_{∞} : Cường độ bức xạ mặt trời ở giới hạn trên của khí quyển.
- μ : Hệ số hấp thụ của khí quyển
- ρ : Mật độ khí quyển
- H : Độ cao của cột khí quyển đồng nhất ($H = kT/mg$)
- θ : Góc chiếu của mặt trời (còn gọi là góc thiên đỉnh hay khoảng cách đỉnh).

Như vậy cường độ bức xạ mặt trời là một hàm của góc chiếu. Góc θ được tính như sau:

$$\cos \theta = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cos \frac{2\pi(LT - 12)}{24} \tag{4}$$

- Ở đây: φ : Vĩ độ địa lý nơi quan sát
- δ : Xích vĩ mặt trời
- LT : Giờ mặt trời thực địa phương

* Sau khi biến đổi hàm Chapman có dạng:

$$q = q_{m_0} \exp(1 - Z - \sec \theta \cdot e^{-Z}) \tag{5}$$

- Ở đây: q_{m_0} : Tốc độ ion hóa ở cực đại
- h_{m_0} : Độ cao của cực đại trong trường hợp mặt trời ở thiên đỉnh.
- $Z = \frac{(h - h_{m_0})}{H}$: Độ cao rút gọn

Hàm Chapman là cơ sở để mô tả trạng thái của tầng điện ly.

II. NHỮNG ẢNH HƯỞNG CỦA MẶT TRỜI LÊN TRẠNG THÁI CỦA TẦNG ĐIỆN LY

I. Sự biến thiên ngày đêm của tầng điện ly tại một nơi cố định

Nhìn vào công thức (3) ta thấy cường độ bức xạ mặt trời phụ thuộc vào góc chiếu của mặt trời (θ). Như vậy, về nguyên tắc, trạng thái tầng điện ly biến thiên

từng giờ trong ngày. Trong thực tế, từng lớp của tầng điện ly có sự biến thiên khác nhau và có sự khác biệt rõ rệt giữa ngày và đêm. Bởi vì ban ngày mới có mặt trời chiếu sáng để xảy ra quá trình quang hóa. Ban đêm, khi không có mặt trời xảy ra quá trình tái hợp làm giảm nồng độ của tầng điện ly.

2. Sự biến thiên theo mùa

Khi trái đất chuyển động quanh mặt trời theo quỹ đạo hình Ellipse thì trục tự quay của nó gần như không đổi phương. Vì vậy lượng bức xạ mặt trời mà một điểm cố định trên trái đất nhận được sẽ thay đổi, tạo nên 4 mùa. Nồng độ tầng điện ly phụ thuộc cường độ bức xạ mặt trời vì thế cũng thay đổi theo mùa.

3. Sự khác biệt của tầng điện ly tại những nơi khác nhau trên trái đất

Do trái đất có kích thước lớn, không thể coi là một điểm nên lượng bức xạ mặt trời tại cùng một thời điểm không giống nhau cho các điểm khác nhau trên trái đất. Sự phụ thuộc vào vĩ độ địa lý này đã được mô tả trong công thức (4) bởi giờ địa phương (L.T)

Ngoài ra trái đất còn có từ tính. Lượng cực từ trái đất có trục không trùng với trục tự quay của nó. Vùng cực từ có đường sức từ vuông góc với bề mặt trái đất. Vùng xích đạo từ đường sức lại song song. (Như vậy, xích đạo từ không phải là mặt phẳng vuông góc với trục lưỡng cực từ mà là tập hợp những điểm có độ từ khuynh bằng không). Các hạt mang điện chuyển động trong từ trường dưới tác dụng của lực Lorentz sẽ bị lái đi bởi đường sức từ. Do đó sự ion hóa bởi bức xạ hạt ở vùng xích đạo từ khác với ở vùng cực từ. Mặt khác, từ trường cũng chi phối chuyển động của chính các hạt mang điện (ion và electron) trong tầng điện ly. Vì vậy, trạng thái của tầng điện ly ở những nơi có vĩ độ từ khác nhau là rất khác nhau, đặc biệt là giữa vùng cực từ và vùng xích đạo từ.

Trạng thái tầng điện ly ở vùng có vĩ độ trung gian và vùng cực đã được nghiên cứu nhiều, còn ở vùng xích đạo từ, thường là các nước kém phát triển (trong đó có Việt Nam ta) hầu như còn chưa được nghiên cứu một cách có hệ thống.

4. Ảnh hưởng của hoạt động mặt trời

Toàn bộ quá trình tạo thành tầng điện ly chịu sự chi phối của nguồn năng lượng mặt trời dưới dạng bức xạ sóng và bức xạ hạt. Nguồn năng lượng này không phải là một đại lượng không đổi mà có lúc mạnh lúc yếu, nó phản ánh cấu tạo và hoạt động của mặt trời. Mặt trời là một khối plasma có thể chia làm 2 phần: Phần nhân và phần khí quyển. Tại nhân mặt trời, nơi xảy ra những phản ứng tổng hợp hạt

nhân Hydro thành Helium nhiệt độ rất lớn ($\approx 1,7.10^7$ K) bức xạ rất mạnh, sau đó bức xạ khuếch tán ra ngoài. Ở xa hơn năng lượng được mang đi bởi sự đối lưu. Công suất bức xạ toàn phần của mặt trời vào cỡ 4.10^{23} kW, trong đó phần đến được bề mặt trái đất được gọi là hằng số mặt trời $Q = 1,95$ calo/cm² phút.

Phần bề mặt mặt trời mà ta nhìn thấy được là một phần khí quyển mặt trời gọi là quang quyển, có thể coi là vật đen tuyệt đối, có bề dày cỡ 3.10^7 km với nhiệt độ cỡ 6.10^3 K

Trên quang quyển là lớp sắc cầu mỏng, bề dày cỡ 200 km, nhiệt độ 5.000 K. Tiếp đến là vành nhật hoa có nhiệt độ lên đến $1,5.10^6$ K, kéo dài đến khoảng 10^6 km và không có ranh giới rõ rệt. Đây là vùng phát ra nhiều bức xạ sóng ngắn và xuất phát điểm của gió mặt trời mang bức xạ hạt.

Mặt trời tự quay quanh trục với chu kỳ khác nhau theo vĩ độ, ở xích đạo là 25 ngày, ở vĩ độ 75^0 là 33 ngày. Để tính cho bức xạ đạt đến bề mặt trái đất ta coi chu kỳ quay mặt trời là 27 ngày.

Cường độ bức xạ phụ thuộc vào hoạt động mặt trời. Đã từ lâu người ta thấy trên mặt quang quyển mặt trời có những vùng sẫm, lúc nhiều, lúc ít, gọi là vết đen mặt trời. Khi vết đen nhiều, người ta nói mặt trời hoạt động mạnh khi ít – mặt trời tĩnh. Chỉ số vết đen mặt trời được tính bằng công thức Wolf:

$$W = k (f + 10g) \tag{6}$$

Trong đó: f: Tổng số vết đen quan sát được

G: Tổng số nhóm vết đen.

k: Hằng số phụ thuộc thiết bị đo.

Mặt trời hoạt động theo chu trình: trong vòng 4-5 năm hoạt động cực đại, sau đó 6 – 7 năm thì giảm xuống cực tiểu, tức chu kỳ hoạt động cỡ 11 năm. Nguyên nhân của sự hoạt động có chu kỳ của mặt trời và bản chất của vết đen mặt trời gắn liền với lĩnh vực vật lý plasma, đặc biệt là những hiện tượng điện từ hết sức phức tạp trong đó mà hiện nay khoa học còn chưa biết tường tận. Trong hoạt động mặt trời còn phải kể đến bùng nổ mặt trời, là hiện tượng bộc phát dữ dội của mặt trời, phát ra các bức xạ điện từ bước sóng ngắn và bức xạ hạt có năng lượng lớn trong một khoảng thời gian ngắn. Các bức xạ bất thường này gây ảnh hưởng đến tầng từ quyển của trái đất và kèm theo đó là tầng điện ly tạo ra các hiện tượng là bão từ và bão điện ly ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống và thông tin liên lạc trên trái đất, đặc biệt là ở vùng vĩ độ cao.

Như vậy, để hiểu rõ các quá trình biến đổi của tầng điện ly ta phải nghiên cứu thấu đáo bản chất, quy luật của hoạt động mặt trời.

KẾT LUẬN

Vật lý địa cầu là một trong những môn khoa học về trái đất. Nhưng ở đây ta thấy khi nghiên cứu về tầng điện ly trái đất ta cần phải tiến hành song song với việc nghiên cứu mặt trời. Ở các nước phát triển việc làm này đã được bắt đầu từ lâu và diễn ra bình thường. Còn ở nước ta ngành thiên văn chưa được phát triển, việc nghiên cứu mặt trời hầu như chưa có. Chúng ta, những nhà vật lý cần bắt tay vào việc nghiên cứu các lĩnh vực này một cách thật nỗ lực và kiên trì mới có thể đạt kết quả tốt, nhằm phục vụ đất nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Allen's , (2000), *Astrophysical Quantities*, Springer, USA.
- [2] T. Encenaz, (1995), *The Solar System*, Springer, USA.
- [3] Hasold Zirin, (1988), *Astrophysics of the Sun*, Cambridge University Press, Great Britain.
- [4] H. Richbath ..., (1975), *Introduction to Ionospheric physics*, Academic Press USA (Bản dịch tiếng Nga).
- [5] J,K Hargreaves, (1982), *The Upper Atmosphere and Solar – Terrestrial Relations*, VNR – company, USA (Bản dịch tiếng Nga).
- [6] В. А. Коголенко - (1983), Солнечный ветер, изд "Наука" СССР.
- [7] Lê Minh Triết, (1982), *Trái đất – một đối tượng nghiên cứu của vật lý học*, NXB KHKT – Hà Nội.
- [8] Hoàng Thái Lan, (2002), đề tài NCKH Nghiên cứu nhiễu loạn điện ly khu vực XĐT gây hậu quả trong Thông tin liên lạc – TP.HCM.

Tóm tắt:

Nghiên cứu tầng điện ly trái đất trong mối quan hệ mặt trời – trái đất

Bài báo viết tổng quan về mối quan hệ mặt trời – trái đất về tầng điện ly và tình hình nghiên cứu về các vấn đề đó ở Việt Nam.

Abstract:

Study the Earth' Ionosphere in the solar - Terrestrial relations

This article gives us an overview about the Solar – tessesrial relations, the Earth' Ionosphere and the status of studying than in Vietnam.