

SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA TRÁI ĐẤT VÀ CÁC HÀNH TINH*

ĐÀO PHÚ QUYỀN

Hội Thiên văn Vũ trụ Việt Nam

Ngày xưa, khi cho rằng Trái Đất là trung tâm của vũ trụ (xem bài của Đào Phú Quyền *Bản tin Giáo dục Từ xa và Tại chức* số 15, tháng 12 - 2007) người ta cũng nghĩ tới câu hỏi: *Trái đất được đỡ trên cái gì?* Có người trả lời: *Được đỡ trên lưng ba con cá voi.* Còn 3 con cá voi ở trên cái gì? Người ta chẳng chú ý tới. Ấy thế mà giả thuyết địa tâm vẫn được nhà thờ bảo vệ.

Khi Côpécnic đưa ra thuyết nhật tâm, một câu hỏi khác được đặt ra: *Lực nào đã buộc Trái Đất và các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời?* Côpécnic chưa trả lời được câu hỏi này nên nhà thờ vẫn có chỗ dựa để đả phá giả thuyết của ông. Hơn 140 năm sau, nhờ có cơ sở cơ học Niuton (Newton) đã suy nghĩ và trả lời được câu hỏi đó một cách rất chính xác. Ta hãy cùng nhau trở lại những suy nghĩ của Niuton.

I. SUY NGHĨ CỦA NIUTON VỀ TÁC DỤNG CỦA LỰC HẤP DẪN TỚI SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA CÁC THIÊN THỂ TRÊN QUỸ ĐẠO

Một lần, đang ngồi dưới gốc một cây táo trong vườn nhà suy nghĩ về những vấn đề Kêpêrle đã nêu ra, Niuton chợt thấy gió thổi làm quả táo trên cành rơi xuống đất. Hiện tượng đã làm nảy ra trong óc Niuton một ý nghĩ về sự tồn tại của lực hấp dẫn giữa Trái Đất với mọi vật. Do sự hấp dẫn của Trái Đất đặt lên các vật mà các vật đều bị rơi về phía tâm Trái Đất. Do sự rơi của các vật ở những độ cao khác nhau Niuton nhận thấy gia tốc rơi g không phải là một hằng số như Galilê đã đưa ra, mà nó luôn thay đổi, tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ vật tới tâm Trái Đất.

Niuton đã tự đặt cho mình câu hỏi *Giữa sự rơi của quả táo và sự chuyển động của Mặt Trăng trên quỹ đạo quanh Trái Đất có mối liên hệ với nhau hay không? Phải chăng chính lực hút của Trái Đất đã làm các vật gần Trái Đất rơi*

* Tiếp theo bài viết ở số 15 *Bản tin Giáo dục Từ xa và Tại chức*

về phía nó và đã giữ Mặt Trăng trên quỹ đạo? Nếu điều đó đúng thì gia tốc hấp dẫn của Trái Đất đặt lên Mặt Trăng phải bằng gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng.

Hãy tính toán để tìm kết quả của hai loại gia tốc đó:

Gọi $g_d = 9,80\text{m/s}^2$ là độ lớn của gia tốc rơi trên mặt đất; g_T là gia tốc của lực hút của Trái Đất đặt lên Mặt Trăng. Biết khoảng cách (d) từ Trái Đất tới Mặt Trăng lớn hơn bán kính Trái Đất (R) 60 lần, ta có:

$$\left. \begin{array}{l} g_d \sim \frac{1}{R^2} \\ g_T \sim \frac{1}{(60R)^2} \end{array} \right\} \frac{g_d}{g_T} = \frac{(60R)^2}{R^2} = \frac{3600R^2}{R^2} = 3600$$

$$\rightarrow g_T = \frac{g_d}{3600} = \frac{9,8\text{m/s}^2}{3600} = 2,73 \cdot 10^{-3} \text{m/s}^2 \quad (1)$$

Gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng trên quỹ đạo quanh Trái Đất được tính theo công thức:

$$a_{ht} = \omega^2 d = \omega^2 60R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 60R$$

Trong đó T là chu kỳ của Mặt Trăng chuyển động trên quỹ đạo với

$$T = 27,3 \text{ ngày} \times 86.400\text{s/ngày};$$

$$\text{Bán kính Trái Đất } R = 6,370 \cdot 10^6 \text{m}$$

$$a_{ht} = \frac{2\pi}{27,3 \cdot 86400}^2 60 \cdot 6,37 \cdot 10^6 \text{m/s} = 2,73 \cdot 10^{-3} \text{m/s}^2 \quad (2)$$

Nhìn vào kết quả ở (1) và (2) ta thấy hai cách tính đều cho cùng kết quả. Điều này chứng tỏ rằng lực hút của Trái Đất đặt lên Mặt Trăng chính là lực gây ra cho Mặt Trăng gia tốc hướng tâm buộc Mặt Trăng chuyển động trên quỹ đạo quanh Trái Đất. Ngoài lực hút (còn gọi là lực hấp dẫn) của Trái Đất ra không có một lực nào khác đặt lên Mặt Trăng hướng về phía Trái Đất để buộc Mặt Trăng chuyển động vòng quanh Trái Đất nên không thể nào có một kết luận khác được.

Từ suy nghĩ và kết quả tính toán, Niuton khẳng định: Trái Đất và các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời là do lực hút của Mặt Trời đặt lên chúng. Tựa như Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất và cùng Trái Đất chuyển động

quanh Mặt Trời, Trái Đất và các hành tinh vừa chuyển động quanh Mặt Trời vừa cùng Mặt Trời chuyển động trong một hệ thống lớn hơn là Thiên hà. Trong vũ trụ có vô số các thiên hà, thiên hà của chúng ta được gọi là Ngân hà.

II. VẬN TỐC CỦA TRÁI ĐẤT QUANH MẶT TRỜI NHANH HƠN MÁY BAY PHẢN LỰC HÀNG TRĂM LẦN

Sống trên Trái Đất nhưng rất ít người nghĩ tới vận tốc chuyển động của Trái Đất. Người ta thường chú ý tới ô tô chạy được bao nhiêu kilômét mỗi giờ; máy bay phản lực bay nhanh hơn tiếng động mấy lần; và ngạc nhiên khi thấy một anh bạn chạy được 10 cây số trong một giờ mười phút mấy giây. Vậy mà so với vận tốc Trái Đất thì các vận tốc kia chẳng lấy gì đáng kể.

Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời theo quỹ đạo gần tròn. Công thức để tính vận tốc gần chính xác của nó là:

$$v = \sqrt{\frac{kM}{r}} \quad (3)$$

Trong đó: Khoảng cách trung bình từ Trái Đất tới Mặt Trời (bán kính quỹ đạo) là $r = 1,50.10^{11}m$; Khối lượng của Mặt Trời $M = 1,99.10^{30}kg$; hằng số hấp dẫn $k = 6,67.10^{-11}m^3/kgs^2$. Thay các giá trị này vào công thức (3) ta có:

$$v = \left(\frac{6,67.10^{-11} \cdot 1,99.10^{30}}{1,50.10^{11}} \right) m/s = 2,98.10^4 m/s \approx 30km/s$$

Trong mỗi tích tắc đồng hồ Trái Đất lao đi trên quỹ đạo được 30 kilômét. So với máy bay phản lực chuyển động với vận tốc một ngàn kilômét/giờ thì vận tốc của Trái Đất trên quỹ đạo lớn hơn gấp hàng trăm lần (vì mỗi giờ có tới 3.600 giây). Còn so với vận tốc tiếng động 340m/s thì vận tốc của Trái Đất trên quỹ đạo lớn hơn tới 90 lần.

III. CHU KỲ VÀ BÁN TRỤC CỦA CÁC HÀNH TINH TRONG CHUYỂN ĐỘNG QUANH MẶT TRỜI

Trái Đất và các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời theo những quỹ đạo là các đường êlíp gần tròn. Để đơn giản cho tính toán ta coi quỹ đạo của các hành tinh là những đường tròn có tâm là Mặt Trời.

Theo các công thức gia tốc hướng tâm đã được học ở phổ thông:

$$a_{ht} = \frac{v^2}{r} \quad (*)$$

và
$$a_{ht} = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r = \frac{4\pi^2}{T^2} r \quad (**)$$

(với T là chu kỳ chuyển động và r là bán kính quỹ đạo của hành tinh)

Ta có:

$$\frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2}{T^2} r \Rightarrow v^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} r^2$$

Mặt khác, theo công thức (3) thì $v^2 = \frac{kM}{r}$

Nên
$$\frac{4\pi^2}{T^2} r^2 = \frac{kM}{r}$$

Suy ra:
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{kM} r^3 \quad (***)$$

$\frac{4\pi^2}{kM}$ là hằng số phụ thuộc vào khối lượng (M) của Mặt Trời. Nó như nhau

đối với mọi hành tinh và vật thể chuyển động quanh Mặt Trời. Bởi vậy, đối với hai hành tinh bất kỳ chuyển động quanh Mặt Trời đều có:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3} \quad (4)$$

Trong đó T_1, r_1 , và T_2, r_2 là chu kỳ và bán kính quỹ đạo của hai hành tinh được xét.

Công thức (4) biểu diễn định luật thứ 3 của Kêpôle: *Bình phương tỷ số chu kỳ của hai hành tinh bằng lập phương tỷ số bán kính của chúng.*

III. “LÃO GIÀ” MỘT TUỔI

Từ công thức (4) ta thấy rằng: hành tinh càng xa Mặt Trời thì chu kỳ chuyển động của nó càng lớn.

Gọi T_1 và r_1 là chu kỳ và bán kính quỹ đạo của Trái đất; T_2 và r_2 là chu kỳ và bán kính quỹ đạo của Thiên Vương tinh. Bằng quan sát người ta đo được $r_2 = 19,25r_1$ nên:

$$T_2 = \left(\frac{19,25r_1}{r_1} \right)^{\frac{3}{2}} T_1 = 84,46T_1$$

Nếu gọi một năm là thời gian để một hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời một vòng (tức chu kỳ T của hành tinh) thì một năm của Thiên Vương tinh bằng 84,46 năm của Trái Đất. “Ông già” 84 tuổi trên Trái Đất vẫn trẻ hơn “lão già” một tuổi trên Thiên Vương tinh (nếu có ông già sống được ở Thiên Vương tinh).

IV. “CẬU BÉ BỐN LĂM”

Cũng dựa vào công thức (4) ta thấy rằng năm của Thuỷ tinh và Kim tinh ngắn hơn năm của Trái Đất.

Theo đo đạc thiên văn thì khoảng cách trung bình từ Mặt Trời tới Thuỷ tinh bằng 39% và từ Mặt Trời tới Kim tinh bằng 72% bán kính quỹ đạo của Trái Đất. Dùng công thức (4) tính toán ta được một năm của Thuỷ tinh (sao Thuỷ) bằng 0,244 năm của Trái Đất và một năm của Kim tinh (sao Kim) bằng 0,611 năm trên Trái Đất.

Như vậy một người bốn mươi lăm tuổi trên sao Thuỷ vẫn trẻ hơn cậu bé 11 tuổi đang học tiểu học ở Trái Đất và một thanh niên 20 tuổi ở sao Kim chỉ trẻ bằng một thiếu niên 12 tuổi ở Trái Đất chúng ta.