



Kê-ple
(Johannes Kepler, 1571 – 1630,
nhà thiên văn học người Đức)

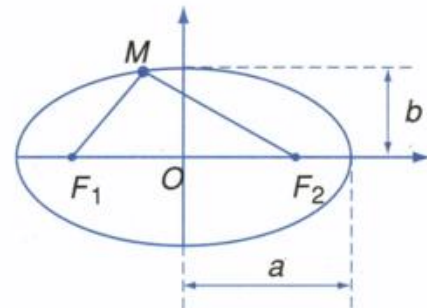
Elip thuộc họ đường conic, là quỹ tích của những điểm M có tổng khoảng cách đến hai điểm cố định F_1 và F_2 là không đổi.

$$MF_1 + MF_2 = \text{hằng số}$$

1. Mở đầu

Từ xa xưa, con người đã chú ý tìm hiểu những hiện tượng thiên nhiên hằng ngày xảy ra trên bầu trời, như Mặt Trời mọc và lặn, trăng tròn trăng khuyết, thời tiết thay đổi bốn mùa... Vì thế môn Thiên văn học đã ra đời rất sớm, từ thời Cổ Hi Lạp. Từ năm 140 sau Công nguyên, quan điểm của Ptô-lê-mê coi Trái Đất là trung tâm của vũ trụ đã thống trị trong nhiều thế kỉ, mãi cho tới khi thuyết nhật tâm của Cô-péc-níc ra đời (năm 1543). Theo Cô-péc-níc, người đặt nền móng cho Thiên văn học ngày nay, thì Trái Đất chỉ là một trong nhiều hành tinh quay quanh Mặt Trời.

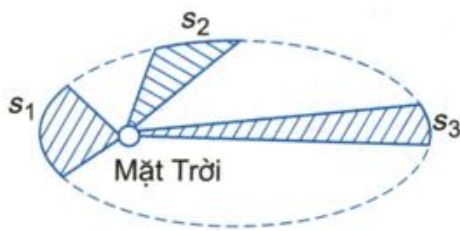
Dựa trên những số liệu quan sát về vị trí của các hành tinh trong nhiều năm, nhà thiên văn học Kê-ple đã tìm ra ba định luật mô tả chính xác quy luật chuyển động của các hành tinh (năm 1619).



Hình 40.1

Mỗi elip có hai trục vuông góc, trên đó người ta xác định các bán trục lớn kí hiệu là a và các bán trục nhỏ kí hiệu là b (Hình 40.1). F_1 và F_2 được gọi là các tiêu điểm của elip, nằm đối xứng trên hai bán trục lớn và ta có đẳng thức sau đây diễn tả định nghĩa của elip nói ở trên :

$$MF_1 + MF_2 = 2a$$



Hình 40.2 "Tốc độ" diện tích của hành tinh bằng hằng số

C1 Từ định luật II Kê-ple, hãy suy ra hệ quả : Khi đi gần Mặt Trời, hành tinh có tốc độ lớn ; khi đi xa Mặt Trời, hành tinh có tốc độ nhỏ.

2. Các định luật Kê-ple

Định luật I. Mọi hành tinh đều chuyển động theo các quỹ đạo elip mà Mặt Trời là một tiêu điểm (Hình 40.2).

Định luật II. Đoạn thẳng nối Mặt Trời và một hành tinh bất kỳ quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian như nhau.

Định luật III. Tỷ số giữa lập phương bán trục lớn và bình phương chu kỳ quay là giống nhau cho mọi hành tinh quay quanh Mặt Trời.

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2} = \dots = \frac{a_i^3}{T_i^2} = \dots \quad (40.1)$$

hay đối với hai hành tinh bất kỳ :

$$\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \quad (40.1')$$

Chứng minh định luật Kê-ple

Dựa vào rất nhiều số liệu quan sát thiên văn, từ năm 1609 đến năm 1619, Kê-ple đã tìm được các định luật mang tên ông. Chỉ sau khi Niu-ton đã phát hiện định luật vạn vật hấp dẫn và thiết lập các định luật cơ bản của động lực học (1687), người ta mới chứng minh được các định luật của Kê-ple.

Ta hãy chứng minh định luật thứ ba.

Xét hai hành tinh 1 và 2 của Mặt Trời. Coi quỹ đạo chuyển động của mỗi hành tinh gần đúng là tròn thì gia tốc hướng tâm là :

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

Lực hấp dẫn tác dụng lên hành tinh gây ra gia tốc này. Theo định luật II Niu-ton, áp dụng đối với hành tinh 1, ta có :

$$F_1 = M_1 a_{ht_1}$$

hay :

$$G \frac{M_1 M_T}{r_1^2} = M_1 \frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}$$

với M_T là khối lượng Mặt Trời,

$$\text{suy ra :} \quad \frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{GM_T}{4\pi^2} \quad (40.2)$$

Kết quả này không phụ thuộc khối lượng của hành tinh, do đó có thể áp dụng cho hành tinh 2 :

$$\frac{r_2^3}{T_2^2} = \frac{GM_T}{4\pi^2} \quad (40.3)$$

So sánh (40.2) và (40.3), ta tìm được công thức cho định luật III Kê-ple gần đúng là :

$$\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}$$

hay chính xác là : $\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2}$

3. Bài tập vận dụng

Bài 1

Khoảng cách R_1 từ Hoả tinh tới Mặt Trời lớn hơn 52% khoảng cách R_2 giữa Trái Đất và Mặt Trời.

Hỏi một năm trên Hoả tinh bằng bao nhiêu so với một năm trên Trái Đất ?

Bài giải

Một năm là thời gian để hành tinh quay được một vòng quanh Mặt Trời. Gọi T_1 là năm trên Hoả tinh, T_2 là năm trên Trái Đất, ta có :

$$\frac{R_1}{R_2} = 1,52 \text{ do đó } \frac{T_1^2}{T_2^2} = (1,52)^3$$

$$T_1 = \sqrt{3,5} T_2 = 1,87 T_2$$

Bài 2

Tìm khối lượng M_T của Mặt Trời từ các dữ kiện của Trái Đất : khoảng cách tới Mặt Trời $r = 1,5 \cdot 10^{11}$ m, chu kì quay $T = 365.24.3600 = 3,15 \cdot 10^7$ s.

Cho hằng số hấp dẫn $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg².

Bài giải

Từ (40.2) ta rút ra : $M_T = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$

$$\text{Thay số } M_T = \frac{4(3,14)^2 (1,5 \cdot 10^{11})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} (3,15 \cdot 10^7)^2}$$

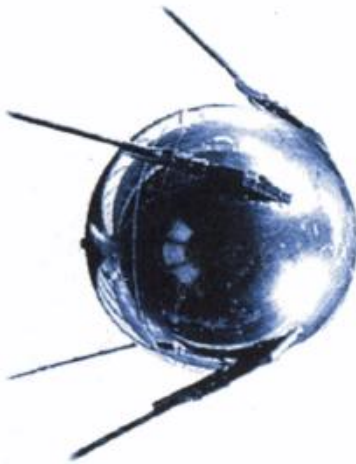
Kết quả : $M_T = 2 \cdot 10^{30}$ kg

Suy rộng, ta có thể xác định được khối lượng của một thiên thể nếu biết khoảng cách và chu kì của một vệ tinh bất kì của thiên thể đó.

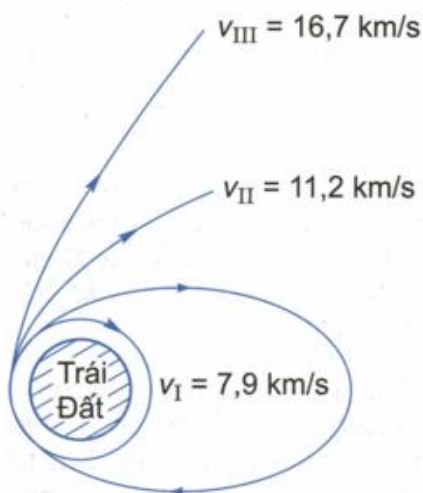
C2 Mặt Trăng là một vệ tinh của Trái Đất. Hãy thiết lập công thức tính khối lượng của Trái Đất từ bán kính quỹ đạo (coi là tròn) của Mặt Trăng và chu kì quay của Mặt Trăng quanh Trái Đất.



Hình 40.3



Vệ tinh nhân tạo đầu tiên của loài người do Liên Xô phóng ngày 4-10-1957, gọi là Spút-nhích.



Hình 40.4 Quỹ đạo vệ tinh ứng với các tốc độ vũ trụ khác nhau

4. Vệ tinh nhân tạo. Tốc độ vũ trụ

Trong chương II ta đã biết, nếu ném xiên một vật thì do lực hấp dẫn của Trái Đất (trọng lực), khi lên đến một độ cao nhất định, vật sẽ rơi trở lại mặt đất. Vận tốc ném càng lớn thì tầm bay càng lớn và vật sẽ rơi tới mặt đất cách chỗ ném càng xa.

Nếu tiếp tục tăng vận tốc ném tới một giá trị đủ lớn, vật sẽ không rơi trở lại mặt đất mà sẽ quay quanh Trái Đất (Hình 40.3). Khi đó, lực hấp dẫn của Trái Đất hút vật chính là lực hướng tâm cần thiết để giữ vật quay quanh Trái Đất. Ta nói vật trở thành một vệ tinh nhân tạo của Trái Đất. Sau đây ta tính giá trị vận tốc cần thiết để đưa một vệ tinh lên quỹ đạo quanh Trái Đất mà không rơi trở về Trái Đất – được gọi là tốc độ vũ trụ cấp I.

Giả sử vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo tròn rất gần Trái Đất. Khối lượng của vệ tinh là m , của Trái Đất là M . Lực hấp dẫn đóng vai trò lực hướng tâm và theo định luật II Niu-ơn, ta có :

$$G \frac{Mm}{R_{\text{TĐ}}^2} = \frac{mv^2}{R_{\text{TĐ}}} \quad R_{\text{TĐ}} \text{ là bán kính Trái Đất.}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R_{\text{TĐ}}}}$$

Thay các giá trị bằng số $M = 5,89 \cdot 10^{24}$ kg, $R_{\text{TĐ}} = 6370$ km ta tìm được

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,89 \cdot 10^{24}}{6,370 \cdot 10^3}} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

Ta thường kí hiệu

$$v_I = 7,9 \text{ km/s}$$

gọi là tốc độ vũ trụ cấp I.

Nếu vận tốc lớn hơn 7,9 km/s thì vệ tinh sẽ chuyển động theo một quỹ đạo elip và khi đạt tới giá trị $v_{II} = 11,2$ km/s (gọi là tốc độ vũ trụ cấp II) thì vệ tinh sẽ đi xa khỏi Trái Đất theo một quỹ đạo parabol và trở thành hành tinh nhân tạo của Mặt Trời. Cuối cùng, nếu tiếp tục tăng vận tốc phóng vệ tinh tới giá trị $v_{III} = 16,7$ km/s (tốc độ vũ trụ cấp III) thì vệ tinh có thể thoát ra khỏi hệ Mặt Trời (Hình 40.4) theo một quỹ đạo hypebol.

Em có biết ?

Việc phát hiện Hải Vương tinh – một hành tinh của hệ Mặt Trời – là một minh chứng rạch ròi của việc ứng dụng các định luật vạn vật hấp dẫn và định luật Kê-ple trong nghiên cứu chuyển động của các hành tinh.

Cho tới thế kỉ XVIII, con người đã biết hệ Mặt Trời gồm 7 hành tinh, trong đó hành tinh thứ bảy đặt tên là Thiên Vương tinh được tìm thấy năm 1781. Tuy nhiên, sau đó các nhà thiên văn đã phát hiện những sai lệch khi tính toán về quỹ đạo của hành tinh này so với những số liệu đo được trong quan sát. Nhà toán học người Pháp Lơ Ve-ri-ê đã thực hiện các phép tính chính xác dựa trên định luật vạn vật hấp dẫn để dự đoán phải có một hành tinh khác ở rất gần Thiên Vương tinh là nguyên nhân gây ra sự sai lệch này. Sau đó, ông đã báo cho nhà thiên văn người Đức Ga-lơ vị trí chính xác của hành tinh mới này. Đêm 23-9-1846, Ga-lơ đã hướng ống kính thiên văn về vị trí đó để tìm và quả nhiên phát hiện được hành tinh mới là Hải Vương tinh.

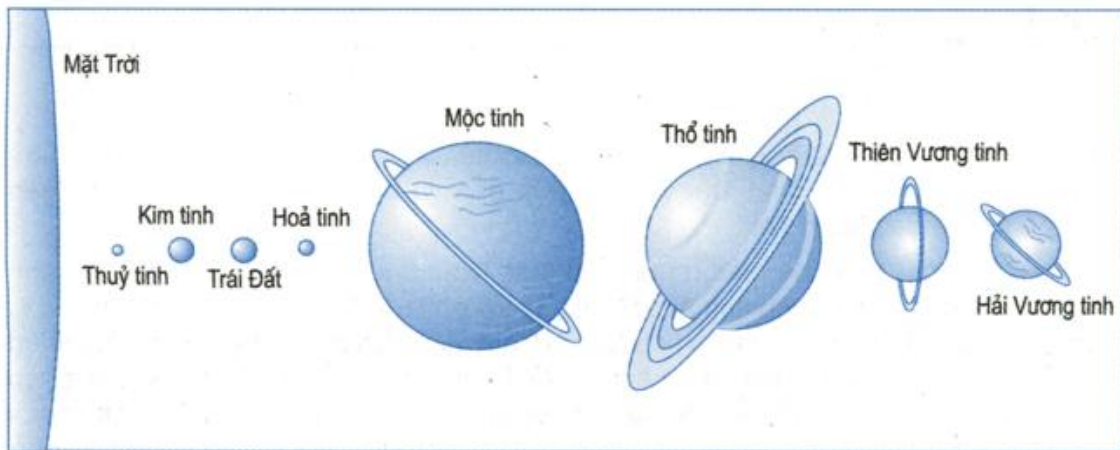
Cũng tương tự như thế, năm 1930, bằng tính toán người ta đã dự đoán trước và sau đó tìm được hành tinh thứ chín của hệ Mặt Trời và đặt tên là Diêm Vương tinh. Tuy nhiên, trong một hội nghị quốc tế về Thiên văn học họp vào tháng 8-2006, người ta đã thống nhất và quyết định rút Diêm Vương tinh khỏi danh sách các hành tinh trong hệ Mặt Trời và xếp nó vào loại tiểu hành tinh với hai lí do chính :

1. Khối lượng của Diêm Vương tinh quá nhỏ để có thể tạo ra một lực hấp dẫn đáng kể.
2. Quỹ đạo của Diêm Vương tinh rất khác so với quỹ đạo của các hành tinh khác trong hệ Mặt Trời. Nó có dạng một elip rất dẹt và có góc nghiêng khá lớn so với mặt phẳng quỹ đạo của Trái Đất và của các hành tinh khác (những quỹ đạo này gần như nằm trong cùng một mặt phẳng).

Bảng 1

Những số liệu chính về 8 hành tinh của hệ Mặt Trời

Hành tinh	Thủy tinh	Kim tinh	Trái Đất	Hoả tinh	Mộc tinh	Thổ tinh	Thiên Vương tinh	Hải Vương tinh
Khoảng cách trung bình tới Mặt Trời ($\cdot 10^6$ km)	từ 46 đến 69,8	108,21	149,6	227,94	778,34	1427	2869,6	4496
Chu kì quay quanh Mặt Trời	87,9 ngày	224,7 ngày	365,25 ngày (1 năm)	1,88 năm	11,86 năm	29,46 năm	84 năm	164,8 năm
Khối lượng								
Khối lượng Trái Đất	0,06	0,82	1	0,11	318	94	15	17
Đường kính (km)	4880	12100	12750	6790	142 980	120 540	51 120	50 540
Khối lượng riêng ($\cdot 10^3$ kg/m ³)	5,4	5,3	5,5	3,9	1,3	0,7	1,2	1,7



Kích thước tương đối của 8 hành tinh so với Mặt Trời

❓ CÂU HỎI

1. Phát biểu ba định luật Kê-ple.
2. Từ định luật III Kê-ple, có thể suy ra cách tính khối lượng của Mặt Trời hoặc khối lượng của một hành tinh có vệ tinh như thế nào ?
3. Thế nào là tốc độ vũ trụ cấp I, II, III ?

📖 BÀI TẬP

1. Trong hệ quy chiếu nhật tâm, tâm của Trái Đất khi quay quanh Mặt Trời vẽ một quỹ đạo gần tròn có bán kính trung bình bằng 150 triệu km.
 - a) Tìm chu kì của chuyển động của Trái Đất.
 - b) Trong một chu kì, tâm Trái Đất đi được quãng đường bằng bao nhiêu ?
 - c) Tìm vận tốc trung bình của tâm Trái Đất.
2. Từ định luật III Kê-ple, hãy suy ra hệ quả : Bình phương của vận tốc của một hành tinh tại mỗi vị trí trên quỹ đạo thì tỉ lệ nghịch với khoảng cách từ hành tinh đó đến Mặt Trời.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{v_2^2}{v_1^2}$$

Kết quả này phù hợp với nội dung định luật II Kê-ple. Nó có mâu thuẫn với công thức $v = \omega r$ của chuyển động tròn hay không ?

3. Tìm khối lượng của Trái Đất, biết khoảng cách Trái Đất – Mặt Trăng $r = 384\,000$ km và chu kì quay của Mặt Trăng quanh Trái Đất $T = 27,5$ ngày.

BÀI ĐỌC THÊM

NĂNG LƯỢNG VÀ NHU CẦU VỀ NĂNG LƯỢNG CHO SỰ PHÁT TRIỂN CỦA VIỆT NAM

Năng lượng được bảo toàn, nhưng có thể chuyển đổi từ dạng này sang dạng khác. Trong thực tiễn đời sống và khoa học kĩ thuật, năng lượng được khai thác từ nhiều nguồn thuộc dạng khác nhau như cơ năng, nhiệt năng, hoá năng... và được chuyển hoá, thường dưới dạng điện năng, để đưa vào sử dụng sao cho có hiệu quả nhất. Năng lượng trở thành vấn đề sống còn đối với mọi quốc gia.

Các bảng phụ lục sau đây lấy từ cuốn sách Bảo đảm năng lượng cho sự phát triển của Việt Nam, cung cấp những số liệu thống kê giúp ta thấy rõ vai trò quan trọng của vấn đề năng lượng đối với nền kinh tế quốc dân.

Bảng 1

Tiêu thụ năng lượng trên đầu người ở châu Á và Mĩ, 1996

Nước	Năng lượng điện (kW.h)	Năng lượng khác (tương đương kg dầu)
Ấn Độ	420	248
Băng-la-đét	85	64
Hàn Quốc	4 174	2 982
In-đô-nê-xi-a	315	366
Ma-lai-xi-a	2 032	1 699
Nê-pan	44	28
Pa-ki-xtan	418	254
Phi-líp-pin	399	316
Sri Lan-ca	242	97
Thái Lan	1 294	769
Trung Quốc	780	664
Việt Nam	161	144
Mĩ	12 711	7 819

Nguồn : UNDP, Báo cáo phát triển nhân lực 1997. Ước tính của chuyên gia Ngân hàng Thế giới.

Bảng 2

Hệ thống điện Việt Nam 1998

(MW)

Vùng và loại nhà máy	Tên nhà máy	Công suất lắp đặt	Công suất huy động
Miền Bắc Thủy điện	Thác Bà	108	108
	Hoà Bình	1 920	1 920
	Thủy điện nhỏ	17	17
Nhiệt điện	Ninh Bình	100	100
	Uông Bí	105	100
	Phả Lại	440	400
Tuabin khí	Thái Bình	34	0
Điêzen		8	8

Bảng 2 (tiếp theo)

(MW)

Vùng và loại nhà máy	Tên nhà máy	Công suất lắp đặt	Công suất huy động
Miền Trung		285	276
Thủy điện	Vinh Sơn	66	66
	Thủy điện nhỏ	29	20
Điêzen		190	190
Miền Nam		1 873	1 658
Thủy điện	Đa Nhim	160	160
	Trị An	400	400
	Thác Mơ	150	150
	Thủy điện nhỏ	4	4
Nhiệt điện	Thủ Đức	165	156
	Cần Thơ	33	32
Tuabin khí	Thủ Đức	128	101
	Bà Rịa (cũ)	46	30
	Bà Rịa (mới)	225	204
	Cần Thơ	75	68
	Phú Mỹ 2	288	288
Điêzen		199	65
Tổng cộng		4 890	4 586

Nguồn : Theo ước tính của chuyên gia Ngân hàng Thế giới.

Bảng 3**Nhu cầu về năng lượng ở Việt Nam, 1995 - 2010**

Năng lượng	1995	2000	2005	2010
Điện (GW.h)	14 636	25 706	44 491	71 406
Xăng dầu (nghìn thùng)	38 144	53 994	79 431	117 841
Khí thiên nhiên (triệu m ³)	199	2 111	4 663	7 717
Than (nghìn tấn)	5 069	7 166	9 142	11 115
Tổng cộng (nghìn tấn quy dầu)	10 663	16 975	24 267	36 973

Nguồn : Theo ước tính của chuyên gia Ngân hàng Thế giới.