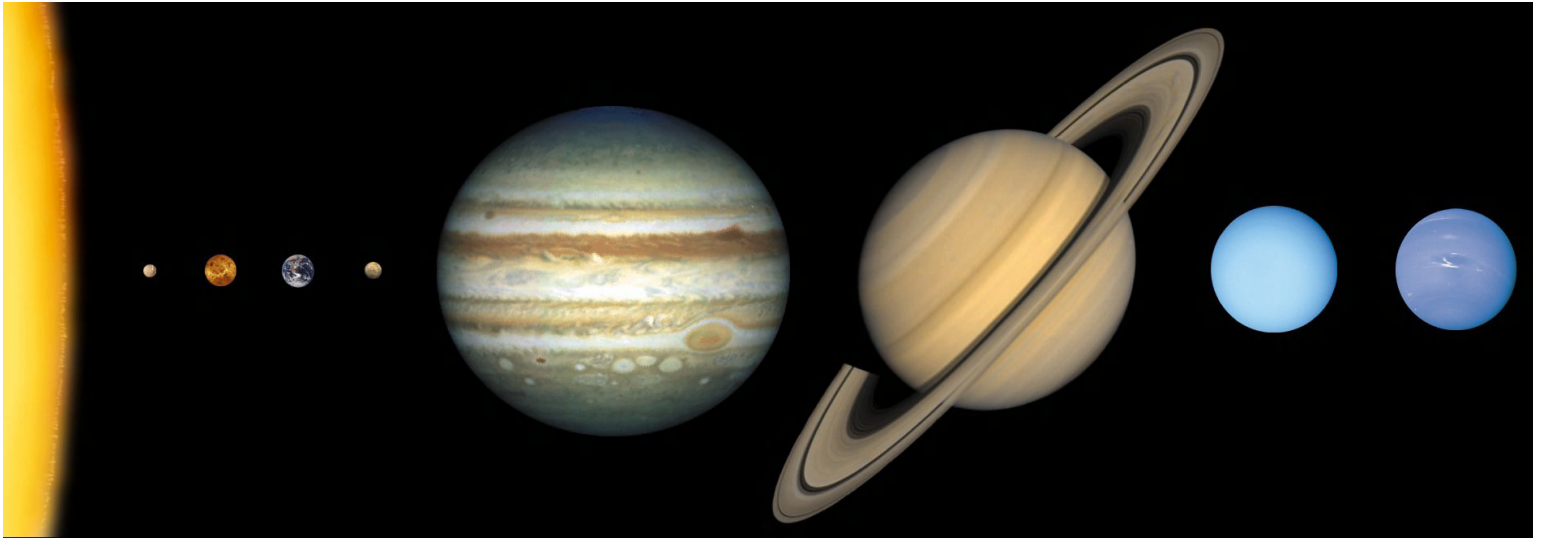


02 태양계의 역학

Part02



1. 케플러의 법칙

고대 서양 사회에서 밤하늘 위를 규칙적으로 운동하는 행성은 신비로움 그 자체였다. 그래서 행성에 Venus, Mars, Jupiter처럼 그리스-로마신화에 나오는 신의 이름을 붙임으로써 특별한 의미를 부여했다.

고대 동양 사회도 역시 마찬가지였다. 별의 운동을 보고 길흉(吉凶)을 점쳤고, 별의 운동은 인간의 미래를 알려주는 신의 계시로 받아들였다.

고대인들에게 있어 행성의 운동을 이해하는 것은 곧 신의 세계, 신의 계획을 이해하는 것이었으므로 행성의 운동을 관측하는 일은 매우 중요한 것이었다. 그 결과 국가와 개인에 의해서 많은 천문관측자료가 만들어졌고, 천문관측술도 발달하게 되었다.

17세기에 들어서면서 인간의 이성(理性)이 발달함에 따라, 그동안의 신본주의적 세계관(神本主義的 世界觀)에서 인본주의적 세계관(人本主義的 世界觀)으로의 전환이 일어나게 되었다.

그 결과 17세기의 과학은 일대 혁명이 일어나게 된다.

갈릴레이(Galileo Galilei, 1564~1642), 뉴턴(Sir Isaac Newton, 1642~1727), 보일(Robert Boyle, 1627~1691)이 활동한 시기도 17세기였다.

17세기에는 공기펌프, 망원경, 현미경, 온도계, 기압계 등 다양한 과학기구들이 발명된다. 이러한 기구를 이용하여 정밀한 천체관측이 가능해졌고, 빛의 굴절현상과 빛의 속도가 처음으로 측정되었다. 세포·모세혈관·혈구의 발견, 진공에 대한 개념이 나타난 것도 이 시기의 일이다. 또 17세기에 미적분학이 탄생하였고, 쌍곡선과 포물선에 대한 수학적 해석이 가능해졌다.

천문학사(天文學史)에 있어서도 17세기는 매우 중요한 전환점이었다. 신의 영역으로만 여겨졌던 행성의 운동의 비밀이 서서히 그 윤곽을 드러내기 시작한 것이다. 그 중요한 시발점이 행성운동에 관한 케플러의 법칙(Kepler's laws of planetary motion)이다.

사실 이 법칙은 <케플러의 법칙>이라고 하기보다는 <브라헤의 법칙>이라고 해야 옳을지도 모른다. 이 법칙은 덴마크의 위대한 천문학자인 티코 브라헤(Tycho Brahe, 1546~1601)가 개인천문대에서 1576년부터 1601년까지 거의 30년에 걸쳐 관측한 자료를 그의 제자인 케플러가 이어받아서 정리해낸 것이기 때문이다.

케플러의 법칙은 수학적 법칙이 아니라 행성관측을 통해서 얻은 경험적인 법칙이다. 이것을 후에 수학적으로 증명해낸 것이 뉴턴의 운동법칙이다.

이 장에서는 17세기 이후에 행성의 운동을 이해하는데 기초가 된 케플러의 법칙을 살펴보고 태양계 행성의 운동, 지구와 달의 자전과 공전에 대하여 알아보려고 한다.



TIPS



케플러 >>>

케플러(Johannes Kepler, 1571~1630)는 독일의 천문학자이자 점성술사였다. 20대에는 신학을 공부하기도 하였다. 그러나 20대가 지나면서 코페르니쿠스의 지동설에 감명을 받아 천문학에 몰두하게 된다. 1600년에는 덴마크의 천문학자인 브라헤를 만나 그의 제자가 되었다. 브라헤가 죽은 후 그의 관측자료를 이용하여 행성의 운동에 관한 3가지 법칙을 발표하였다. 1609년에 화성의 관측결과를 토대로하여 행성의 운동을 설명한 책인 <신천문학(Astronomia nova, 新天文學)>을 출판했다. 이 책은 뒤에서 배울 케플러의 제1법칙과 제2법칙을 담고 있다. 그리고 1619년에는 <우주의 조화(De Harmonices Mundi, 宇宙調和)>라는 책을 통해서 케플러의 제3법칙을 발표하게 된다.

케플러의 법칙 >>>

17세기 초 대부분의 천문학자들은 행성의 공전궤도는 완전한 원운동이라고 생각하였다. 그러나 케플러는 브라헤가 남겨준 화성의 관측자료를 분석하여 화성의 궤도가 타원임을 알아내었다. 그 밖에도 행성의 운동에 관하여 천문학적으로 매우 중요한 3가지 법칙들을 발견하였다. 이를 케플러의 제1, 제2, 제3법칙이라고 한다. 제1법칙과 제2법칙은 주로 화성을 관측하여 얻은 것으로 1609년에 발표되었고, 제3법칙은 이보다 10년 후에 발표되었다.

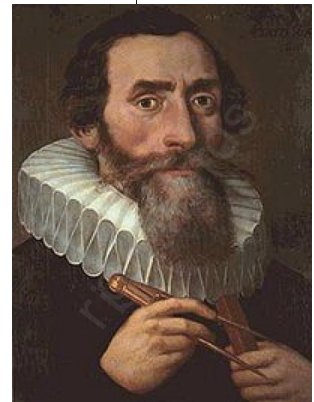
1. 케플러의 법칙



티코 브라헤(Tycho Brahe, 1546~1601)



케플러의 신천문학(Astronomia nova)



요하네스 케플러(Johannes Kepler, 1571~1630)

1 케플러의 제1법칙

▶ 케플러의 제1법칙이란?

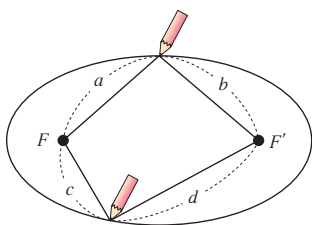
케플러의 제1법칙(Kepler's 1st law)은 행성의 공전궤도모양에 관한 법칙이다.

케플러 제1법칙에 따르면, 행성은 태양을 하나의 초점으로 하는 타원궤도를 그리며 공전한다. 따라서 케플러의 제1법칙은 <타원궤도의 법칙(橢圓軌道法則, the law of ellipses)>이라고도 한다.

1 타원의 정의

타원은 평면 위의 두 점(定點)에서의 거리의 합이 일정하다.

타원의 성질



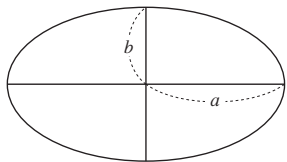
$$a + b = c + d = k$$

용어 돋보기

* 이심률(離心率, eccentricity)

이심률(離心率, eccentricity)이란 원궤도가 얼마나 찌그러져 있는지를 나타내는 값이다. 타원의 긴 반지름을 a , 짧은 반지름을 b 라고 할 때 이심률 e 는 다음과 같이 나타낸다.

이심률에 관한 식



$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

완전구는 $a = b$ 이므로 이심률 $e = 0$ 이다. 이에 비해 타원의 정도가 크면 $\sqrt{a^2 - b^2}$ 의 값은 커지므로 이심률 e 의 값은 커질 것이다. 이를 미루어 볼 때 이심률 $e = 0$ 이면 완전한 원이 되고, 이심률 $e = 1$ 이면 직선이 됨을 알 수 있다. 이심률은 $0 \sim 1$ 의 범위를 갖는다.

그림1은 케플러의 제1법칙을 나타낸 그림이다.

▶ 케플러의 제1법칙의 배경

케플러의 시대는 그때까지 사람들이 믿어온 천동설(天動說, geocentric theory)에 대해 지동설(地動說, heliocentric system)이 도전하던 시기였다.

브라헤는 원래 천동설을 옹호하려고 행성의 위치를 측정하기 시작했다고 한다. 이에 비해 케플러는 비록 브라헤의 제자였지만, 지동설의 입장에서 지구의 공전궤도를 원이라 가정하고 화성의 공전궤도를 기하학적으로 작도해 본 결과, 그 궤도가 태양을 초점으로 하는 타원이라는 것을 알게 되었다.

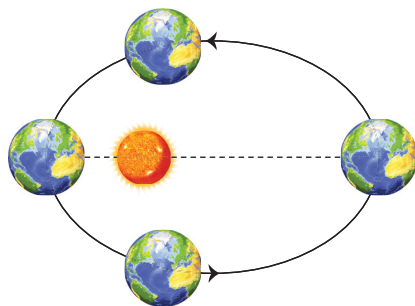


그림1 케플러의 제1법칙 : 타원궤도의 법칙

▶ 화성의 공전궤도에 관한 케플러의 주장

케플러가 브라헤가 넘겨준 관측자료를 바탕으로 하여 화성의 공전궤도를 그려본 결과, 화성의 공전궤도가 타원의 정의에 들어맞는 것을 발견하였다.^① 이에 따라 케플러는 화성의 공전궤도는 완전한 구모양이 아니라 타원모양이라고 주장하였다.

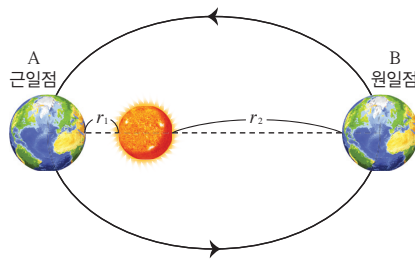


그림2 근일점과 원일점

▶ 타원궤도에서 근일점과 원일점

행성은 태양을 하나의 초점으로 하는 타원궤도상에서 공전한다.

이때 태양에 가장 가까운 점을 근일점(近日點, perihelion)이라고 하며, 태양과 가장 멀리 떨어진 점을 원일점(遠日點, aphelion)이라고 한다.

그림2는 근일점과 원일점을 나타낸 것이다.

☞ 행성의 공전궤도와 이심률

행성의 공전궤도가 나타내는 타원의 정도는 이심률을 이용하여 나타낸다.

이심률이 가장 큰 행성 즉, 가장 큰 타원모양의 공전궤도를 가지고 있는 행성은 이심률이 0.206인 수성이다. 공전궤도가 거의 원에 가까운 행성은 금성으로 이심률은 0.007이다. 아래 표는 행성의 궤도반지름과 이심률을 비교하여 나타낸 것이고, 그림3은 태양을 중심으로 일정한 크기의 이심률을 갖는 행성의 공전궤도를 나타낸 것이다.

	행성의 공전궤도반지름(1×10^8 km)과 이심률							
행성	수성	금성	지구	화성	목성	토성	천왕성	해왕성
궤도반지름	0.58	1.08	1.50	2.28	7.78	14.3	28.7	45
이심률	0.206	0.007	0.017	0.093	0.048	0.056	0.047	0.008

2 케플러의 제2법칙

☞ 케플러의 제2법칙이란?

케플러의 제2법칙(Kepler's 2nd law)은 행성의 공전속도에 관한 법칙이다.

케플러의 제2법칙에 따르면 태양과 행성을 잇는 직선은 같은 시간에 같은 면적을 쓸고 지나간다.
따라서 케플러의 제2법칙은 〈면적속도일정의 법칙(面積速度一定法則, Area of the law of the speed schedule)〉이라고도 한다.

그림4는 케플러의 제2법칙을 나타낸 그림이다.

☞ 케플러의 제2법칙의 배경

케플러의 시대는 등속원운동이 가장 완전하고 자연스러운 운동이라고 생각되었다. 따라서 신이 만든 모든 천체는 등속원운동 이외의 다른 운동을 할 수 없다고 생각되고 있었다.

그러나 화성이 완전 원모양의 공전궤도를 운동한다고 가정했을 때의 공전시간과 브라헤가 관측한 실제 화성의 공전시간 사이에는 약 8분 정도의 오차가 있었다. 케플러는 이러한 차이가 생기는 원인이 화성의 공전궤도가 타원이고, 또 공전궤도 상에서 화성의 속도가 달라지기 때문이라고 생각했다.

그러나 케플러는 속도가 달라지는 역학적 작용을 알지는 못했다. 이것은 후에 뉴턴의 운동법칙과 만유인력의 법칙을 통하여 설명되었다.

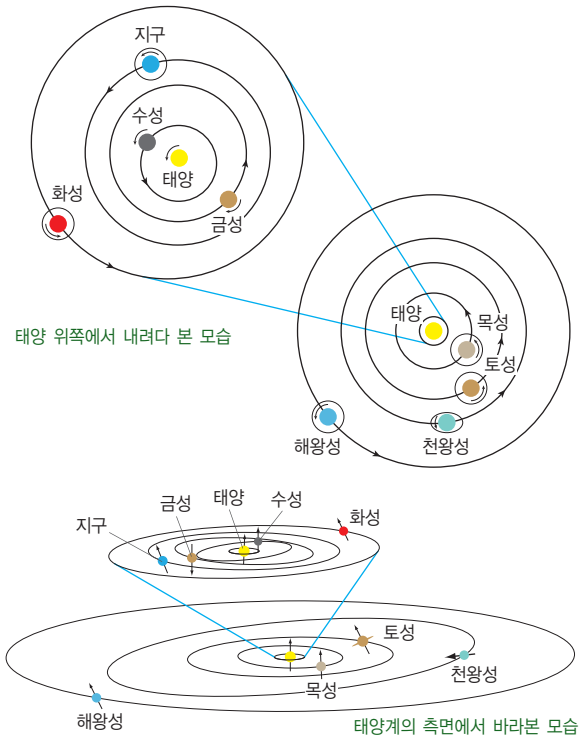


그림3 행성의 공전궤도

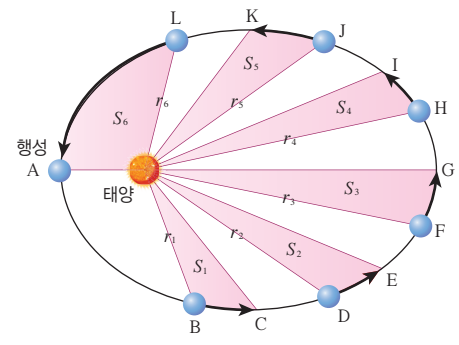


그림4 케플러의 제2법칙

☞ 화성의 공전속도에 대한 케플러의 주장

행성과 태양을 연결한 직선은 같은 시간에 같은 면적을 쓸고 지나간다. 이것은 행성의 공전 속도가 태양에 가까워지면 빨라지고, 멀어지면 느려지기 때문이다.

☞ 근일점과 원일점에서의 반지름과 속도의 관계

그림5에서 S_1 , S_2 는 화성이 근일점과 원일점 부근에서 극히 짧은 시간 Δt 동안 이동한 거리와 이때 만들어지는 면적을 나타낸 것이다.

근사적으로 Δt 동안 근일점과 원일점 부근에서 화성이 이동한 거리를 구하면 다음과 같다.^② 단, l_1 , l_2 는 근일점과 원일점에서의 이동거리, v_1 , v_2 는 근일점과 원일점에서의 속도이다.

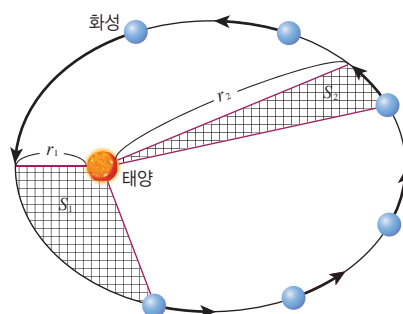


그림5 근일점, 원일점에서 이동거리, 면적

● 근일점에서의 이동거리 : $l_1 = v_1 \Delta t$ ①

● 원일점에서의 이동거리 : $l_2 = v_2 \Delta t$ ②

한편 Δt 는 극히 짧은 시간이므로 이 시간 동안 화성은 직선운동을 하였다고 볼 수 있다. 따라서 삼각형의 면적을 구하는 공식^③을 이용하여 Δt 동안의 면적을 근사적으로 구할 수 있다.

이를 이용하여 근일점과 원일점의 관계를 나타내면 다음과 같다. 단, r_1 , r_2 는 태양~근일점까지의 직선거리와 태양~원일점까지의 직선거리이다. 그리고 ①식과 ②식은 삼각형의 밑변, 태양과 화성까지의 직선거리는 삼각형의 높이로 한다.

근일점에서의 면적 = 원일점에서의 면적

$$S_1 = S_2$$

$$\frac{1}{2} r_1 v_1 \Delta t = \frac{1}{2} r_2 v_2 \Delta t$$

$$r_1 v_1 = r_2 v_2 \quad \dots\dots ③$$

☞ 식으로 나타낸 케플러의 제2법칙

태양과 행성을 연결한 직선거리가 r_1 , r_2 , r_3 , r_4 , ... 일 때의 행성의 공전속도가 각각 v_1 , v_2 , v_3 , v_4 , ...인 행성이 있다고 하자.

위의 ③식을 통해서 보면 이들은 다음과 같은 관계가 성립함을 알 수 있다.

아래의 ④식은 케플러의 제2법칙을 식으로 나타낸 것이다.

$$r_1 v_1 = r_2 v_2 = r_3 v_3 = r_4 v_4 = \dots = k \quad \dots\dots ④ \quad (\text{단, } k \text{는 상수})$$

② 근일점과 원일점에서 이동거리 계산

타원궤도에서 화성의 속력은 모든 점에서 다르다.

그러나 Δt 는 극히 짧은 시간이다.

따라서 근사적으로 근일점 부근의 속력은 v_1 으로 같고, 또 원일점의 속력은 v_2 로 같다고 할 수 있다.

한편 속력에 관한 식을 이용하여 이동거리를 나타내면 다음과 같다.

속력식을 이용한 이동거리의 표현	
속력식	속력 = $\frac{\text{이동거리의 변화량}}{\text{시간의 변화량}}$
	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
이동거리	$\Delta s = v \cdot \Delta t$

③ 삼각형의 면적에 관한 식

삼각형의 면적을 구하는 식은 다음과 같다.

삼각형의 면적에 관한 식	
면적 = $\frac{1}{2} \times \text{높이} \times \text{밑변}$	$S = \frac{1}{2} r l$

3 케플러의 제3법칙

➡ 케플러의 제3법칙이란?

케플러의 제3법칙(Kepler's 3rd law)은 행성의 공전주기에 관한 법칙이다.

케플러의 제3법칙에 따르면 행성의 공전주기의 제곱(T^2)은 그 행성의 공전궤도 중에서 긴 반지름^④의 세제곱(r_2^3)에 비례한다.
케플러의 제3법칙은 〈조화의 법칙(調和法則, harmonic law)〉이라고도 한다.

➡ 식으로 나타낸 케플러의 제3법칙

케플러의 제3법칙을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$T^2 = kr^3 \quad \dots\dots \textcircled{5} \quad (\text{단, } k \text{는 상수})$$

태양과 행성을 연결한 직선거리(장반경)가 $r_1, r_2, r_3, r_4, \dots$ 이고, 이때 행성의 공전주기가 각각 $T_1, T_2, T_3, T_4, \dots$ 인 행성이 있다고 하자.

위의 ⑤식을 통해서 보면 행성들 간에는 다음과 같은 관계가 성립함을 알 수 있다.^⑥

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3} = \frac{T_3^2}{r_3^3} = \frac{T_4^2}{r_4^3} = \dots = k \quad \dots\dots \textcircled{6} \quad (\text{단, } k \text{는 상수})$$



TIPS

케플러의 제3법칙은 왜 주기의 법칙이 아니라 조화의 법칙인가? >>>

케플러 자신은 자신의 세번째 법칙을 스스로 〈조화의 법칙〉이라고 불렀다.

그런데 내용은 행성의 주기에 관한 법칙이다.

〈주기의 법칙〉이라고 불러야 그 특성이 잘 드러나는 것이 아닐까?

케플러가 자신의 세번째 법칙을 〈조화의 법칙〉이라고 부른 데에는 특별한 이유가 있었다.

케플러는 철저한 지동설의 지지자였다. 그리고 종교가이기도 했다.

그는 자신이 발견한 제3법칙은 신에 의해 우주가 얼마나 조화롭게 운행되고 있는지를 나타내는 것이라고 생각했다. 마치 피아노의 건반은 각각이 독립적이지만 하나로 어우러져서 조화로운 소리를 만들듯이 행성들도 어우러져서 조화로운 우주를 만든다고 생각했던 것이다.

따라서 케플러 스스로는 제3법칙이 우주의 조화를 나타내는 것이라고 생각하였기 때문에, 〈주기의 법칙〉이 아니라 〈조화의 법칙〉이라고 이름지은 것이었다.

그렇기 때문에 제3법칙은 1619년에 〈우주의 조화〉라는 책을 통해서 발표되었다.

④ 타원에서 긴 반지름과 짧은 반지름

타원에서 최대로 긴 반지름을 장반경(長半徑), 최소로 짧은 반지름을 단반경(短半徑)이라고 부른다.

248쪽의 그림2와 250쪽의 그림5에서 장반경은 r_2 , 단반경은 r_1 이다.

⑤ 주기와 장반경 사이의 관계

행성의 주기의 제곱(T^2)과 장반경의 세제곱(r_2^3)이 왜 비례관계인가?

이렇게 케플러에게 물어보았다면, 케플러는 할 말이 없었을 것이다.

그에게 주어진 브라헤의 자료를 이용하여 주기, 장반경, 단반경, 평균반지름, 회전수 등을 이용하여 수많은 조합을 만들어본 결과 행성의 주기의 제곱과 장반경의 세제곱이 비례관계가 성립함을 발견했을 뿐이기 때문이다.

수학적으로 행성의 주기의 제곱(T^2)과 장반경의 세제곱(r_2^3)이 비례관계가 성립함을 증명해 낸 것은 케플러가 죽은 후 뉴턴에 의해서였다.

실전예제 01

다음은 케플러에 법칙에 대한 설명이다. 옳지 않은 것을 고르시오.

- ① 케플러의 법칙은 관측한 자료를 해석한 법칙이다.
- ② 케플러의 제1법칙은 행성이 태양을 중심으로 타원궤도로 공전한다는 것을 말하고 있다.
- ③ 공전궤도의 이심률이 가장 큰 행성은 수성이다.
- ④ 케플러의 제2법칙에 따르면 원일점에서는 행성의 속도가 빨라진다.
- ⑤ 케플러의 제3법칙에 따르면 행성의 공전주기의 제곱(T^2)은 그 행성의 공전궤도 중에서 장반경의 세제곱(r^3)에 비례한다.

풀이

행성의 공전운동을 설명하는 케플러 제2법칙에 따르면 태양과 가까운 근일점에서는 행성의 속도가 빨라지고, 태양과 먼 원일점에서는 행성의 속도가 느려진다.

정답

④

실전예제 02

케플러의 제1법칙, 제2법칙, 제3법칙의 별칭을 쓰고, 제2법칙과 제3법칙에 관한 식을 쓰시오.

- (1) 케플러의 제2법칙의 별칭
- (2) 케플러의 제3법칙의 별칭
- (3) 케플러의 제3법칙의 별칭
- (4) 케플러의 제2법칙에 관한 식
- (5) 케플러의 제3법칙에 관한 식

풀이

케플러 제1법칙은 〈타원궤도의 법칙〉, 케플러 제2법칙은 〈면적속도일정의 법칙〉, 그리고 케플러 제3법칙은 〈조화의 법칙〉이라고도 한다. 케플러 제1법칙은 그냥 행성의 공전운동이 타원을 이룬다는 것을 설명하는 것이지만, 케플러 제2법칙과 제3법칙은 각각의 법칙을 설명하는 식이 있다.

케플러 제2법칙에 관한 식 : $r_1 v_1 = r_2 v_2 = k$

케플러 제3법칙에 관한 식 : $T^2 = kr^3$

정답

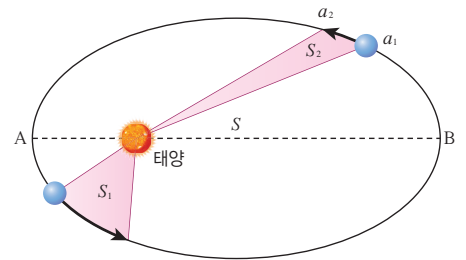
- (1) 타원궤도의 법칙
- (2) 면적속도일정의 법칙
- (3) 조화의 법칙
- (4) $r_1 v_1 = r_2 v_2 = k$
- (5) $T^2 = kr^3$

실전예제 03

다음 그림은 태양을 중심으로 공전하고 있는 행성을 나타낸 것이다. 만약 공전궤도상의 a_1 에서 a_2 로 가는데 걸린 시간을 t 라고 하자. 시간 t 동안 행성이 쓸고간 면적 S_1 은 전체면적 S 의 0.05이었다.

- (1) 시간 t 동안 쓸고간 면적 S_2 를 S 를 이용하여 나타낸 것으로 옳은 것을 고르시오.

- ① $0.01S$
- ② $0.0025S$
- ③ $0.05S$
- ④ $0.1S$
- ⑤ $0.2S$



(2) 이 행성(α)의 공전주기는 T_α 이다. 공전주기 T_α 를 t 를 이용하여 바르게 나타낸 것을 고르시오.

- ① $10t$ ② $12t$ ③ $15t$
④ $18t$ ⑤ $20t$

(3) 이 행성(α)의 단반경($\overline{OA}$) : 장반경($\overline{OB}$)의 비가 1:8이라고 하자. 근일점 A와 원일점 B에서 행성의 공전속도의 비를 계산하면 어떻게 되는가?

- ① 2:1 ② 4:1 ③ 6:1
④ 8:1 ⑤ 10:1

(4) 만약 이 행성(α)에 비하여 장반경이 4배가 큰 다른 행성(β)이 있다고 하자. 다른 행성(β)의 공전주기 T_β 를 t 를 이용하여 바르게 나타낸 것을 고르시오.

- ① $120t$ ② $140t$ ③ $160t$
④ $180t$ ⑤ $200t$

풀이

(1) 케플러 제2법칙에 따르면 같은 시간 동안 행성의 쓸고 지나간 면적은 같다.

케플러의 제2법칙	$S_1 = S_2 \Rightarrow r_1 v_1 = r_2 v_2 \dots\dots ①$
-----------	--

따라서 케플러의 제2법칙에 따라서 S_1 이 0.05S이므로 S_2 도 0.05S가 된다.

(2) 문제에서 행성이 공전하면서 0.05S의 면적을 쓸 때에 걸린 시간을 t 라고 하였다. 그렇다면 행성이 $2t$ 동안 쓸고간 면적은 $0.05S \times 2 = 0.1S$ 가 된다. 행성의 주기 T_α 는 행성이 쓸고간 면적이 전체면적 S 가 될 때까지 걸린 시간이다. 비례식으로 주기 T_α 를 계산하면 다음과 같다.

행성의 주기의 계산	$0.05S : S = t : T_\alpha \Rightarrow T_\alpha = \frac{S \cdot t}{0.05S} = 20t$
------------	---

(3) 위의 ①식을 이용하여 근일점과 원일점에서의 공전속도의 비를 계산하면 다음과 같다.

공전속도의 비	$r_{OA} v_A = r_{OB} v_B \Rightarrow 1 \times v_A = 8 \times v_B \Rightarrow v_A : v_B = 8 : 1$
---------	---

(4) 케플러의 제3법칙을 이용하면 다른 행성의 주기를 계산할 수 있다.

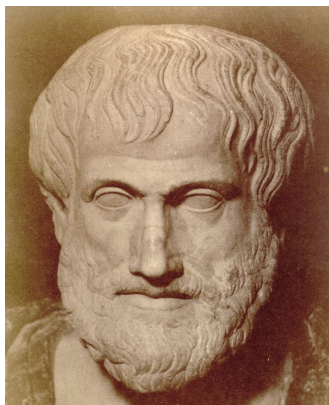
주기 계산	$\frac{T_\alpha^2}{r_\alpha^3} = \frac{T_\beta^2}{r_\beta^3} \Rightarrow \frac{(20t)^2}{1^3} = \frac{T_\beta^2}{4^3} \Rightarrow T_\beta^2 = 25600t^2 \Rightarrow T_\beta = 160t$
-------	---

정답

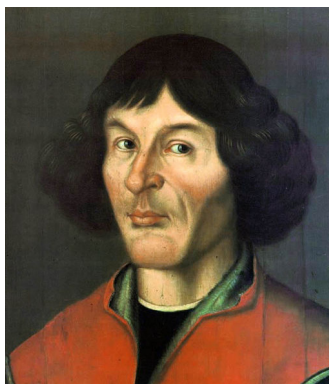
(1) ③ (2) ⑤ (3) ④ (4) ③



아리스토텔레스(Aristoteles, BC
384~322)



니콜라우스 코페르니쿠스(Nicolaus
Copernicus, 1473~1543)



갈릴레오 갈릴레이(Galileo
Galilei, 1564~1642)

2. 뉴턴의 운동법칙과 만유인력의 법칙

케플러는 자신이 주장한 3가지 법칙, 특히 제2법칙과 제3법칙의 원인이 무엇인지는 알지 못했다. 단, 케플러는 브라헤가 넘겨준 관측자료에 근거하여 수많은 조합을 통해서 제2법칙과 제3법칙의 식을 만들어낸 것 뿐이다.

케플러가 주장한 것과 같이, $r_1 v_1 = r_2 v_2$ (제2법칙)과 $T^2 = k r^3$ (제3법칙)이 옳다는 것이 증명된 것은 케플러가 죽은 후인 1665년에 이르러서였다. 1665년에 영국의 과학자인 뉴턴이 발표한 운동법칙과 만유인력의 법칙에 의하여 케플러의 법칙들은 비로소 그 진가를 인정받게 되었다.

이제 뉴턴의 운동법칙과 만유인력의 법칙이 무엇인지 알아보도록 하자.

1 뉴턴의 운동법칙

뉴턴의 운동법칙이 나오기까지

뉴턴 이전의 시대에도 중력과 물체의 운동에 대하여 여러 가지 이론들이 있어왔다. 뉴턴 이전의 시대에 중력이론을 내세운 사람 중에서 대표적인 이가 바로 그리스의 철학자인 아리스토텔레스(Aristoteles, BC 384~322)이다.

아리스토텔레스는 같은 높이에서 가벼운 깃털과 무거운 쇠공을 낙하시키면, 무거운 쇠공이 먼저 지면에 도달할 것이라고 하였다. 그리고 물체가 지구로 떨어지는 현상을 통해서 우주의 중심은 지구라는 천동설(天動說, geocentric theory)을 주장하였다. 그의 이론은 과학적인 사실에 근거한 것이라기보다는 인간의 직관에 의한 것이었다.

한편 중세에 들어서면서 인간의 직관에 의한 사고를 부정하려는 경향이 나타나기 시작했다. 이러한 신사고의 세계를 연 사람이 폴란드의 과학자인 코페르니쿠스(Nicolaus Copernicus, 1473~1543)였다.

코페르니쿠스는 우주의 중심을 태양이라고 함으로써 지동설(地動說, heliocentric theory)을 주장하였다. 그러나 당시의 천동설을 주장한 사람들은 한낮에 물체가 태양과 반대편 즉, 지구를 향해 떨어지므로 지동설은 잘못된 것이라고 조롱하였다. 이에 대하여 코페르니쿠스는 각각의 행성들에는 서로 다른 중력이 작용하기 때문에 행성의 하나인 지구에서도 물체가 태양 쪽이 아니라 지구쪽으로 떨어지는 것이라고 주장하였다.

중력에 대한 이론을 더 발전시킨 사람은 갈릴레이(Galileo Galilei, 1564~1642)였다. 갈릴레이는 가벼운 깃털과 무거운 쇠공을 같은 높이에서 낙하시키면 동시에 지면에 닿는다고 주장하였다.

중세시대의 이러한 다양한 중력과 힘에 관한 이론들을 종합하여 나타낸 사람이 뉴턴(Sir Isaac Newton, 1642~1727)이었다.

뉴턴은 1687년에 출간된 <프린키피아>⁶에서 힘의 특성과 힘에 관한 3가지 법칙을 발표하였는데, 이 법칙들을 제1법칙, 제2법칙, 제3법칙이라고 부른다.

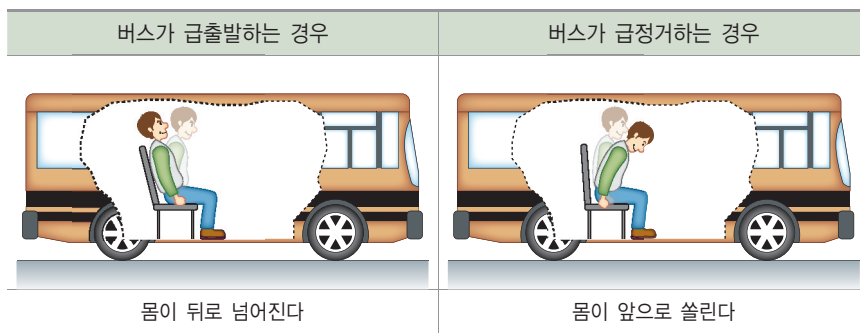
각각의 법칙은 법칙이 말하고자하는 내용에 따라서 별명이 있다.

제1법칙은 <관성의 법칙>, 제2법칙은 <힘과 가속도에 관한 법칙>, 그리고 제3법칙은 <작용과 반작용에 관한 법칙>이다.

이제 뉴턴의 운동에 관한 3가지 법칙에 대하여 알아보도록 하자.

➡ 뉴턴의 제1법칙 : 관성의 법칙

관성(慣性, inertia)은 이미 중학교 때 배웠다. 버스가 갑자기 출발하거나 갑자기 정지할 때 목이 뒤로 젖혀지거나 몸이 앞으로 쏠리는 현상은 관성때문이다.



관성은 물체에게 외부로부터 힘이 가해지지 않는 이상 물체가 처음의 운동상태를 계속 유지하려는 성질을 말한다.

관성의 크기는 관성이 나타나는 물체의 질량에 의해서 결정된다.

질량이 큰 물체는 관성이 크고, 질량이 작은 물체는 관성이 작다.

그림6과 그림7의 예처럼, 만약 같은 속력으로 운동하는 기차와 자전거가 있다고 하자. 질량이 큰 기차는 운동관성이 크기 때문에 갑자기 정지하기 어렵다. 그러나 질량이 작은 자전거는 운동관성이 작기 때문에 급히 정지할 수 있다.

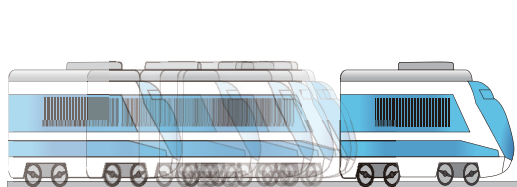


그림6 기차가 정지하는 경우 : 제동거리가 길다.



그림7 자전거가 정지하는 경우 : 제동거리가 짧다.

뉴턴의 제1법칙인 관성의 법칙을 정리하여 나타내면 다음과 같다.

뉴턴의 제1법칙	물체에게 외부에서 힘이 작용하지 않거나 또는 힘의 합력이 0 이 되면 정지해있던 물체는 계속 정지해 있고, 운동하고 있는 물체는 계속하여 등속직선운동을 한다.
----------	--

2. 뉴턴의 운동법칙과 만유인력의 법칙

6 프린키피아

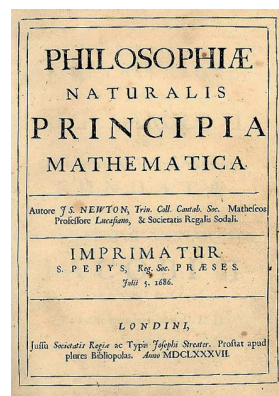
프린키피아(Principia)는 <자연철학의 수학적 원리(Philosophiae naturalis principia mathematica)>라는 책을 간단히 부른 말로 뉴턴이 1687년에 발간한 책이다. 케플러의 법칙(1609)이 어떻게 성립할 수 있는지에 대한 답으로 뉴턴이 내놓은 3가지 운동에 관한 법칙과 만유인력의 법칙을 담고 있다.

프린키피아는 총 3권으로 되어 있다.

1권에서는 뉴턴의 3가지 운동법칙과 만유인력에 대하여 설명하였다.

2권에서는 공기나 물과 같은 유체 속에서의 물체의 운동에 대하여 설명하고 있다.

3권에서는 만유인력의 법칙과 자신의 운동법칙으로 케플러의 법칙을 증명하였다.



용어 돋보기

* 관성(慣性, inertia)

관성(慣性, inertia)은 크게 두 가지로 구분된다.

첫번째는 정지관성(停止慣性, inertia of rest)이라고 한다. 정지관성은 정지하고 있던 물체가 계속 정지상태를 유지하려는 성질을 말한다.

두번째는 운동관성(運動慣性, inertia of motion)이라고 한다. 운동관성은 운동하는 물체가 계속 운동상태를 유지하려는 성질을 말한다.

정지하고 있던 버스가 갑자기 출발할 때 사람의 목이 뒤로 젖혀지는 것은 정지관성 때문이다. 그런데 운동하던 버스가 갑자기 정지할 때 사람이 앞으로 쏠리는 것은 운동관성 때문이다.