



# KESO 심화 사이버교육 Astronomy

## 2. 태양계 시스템

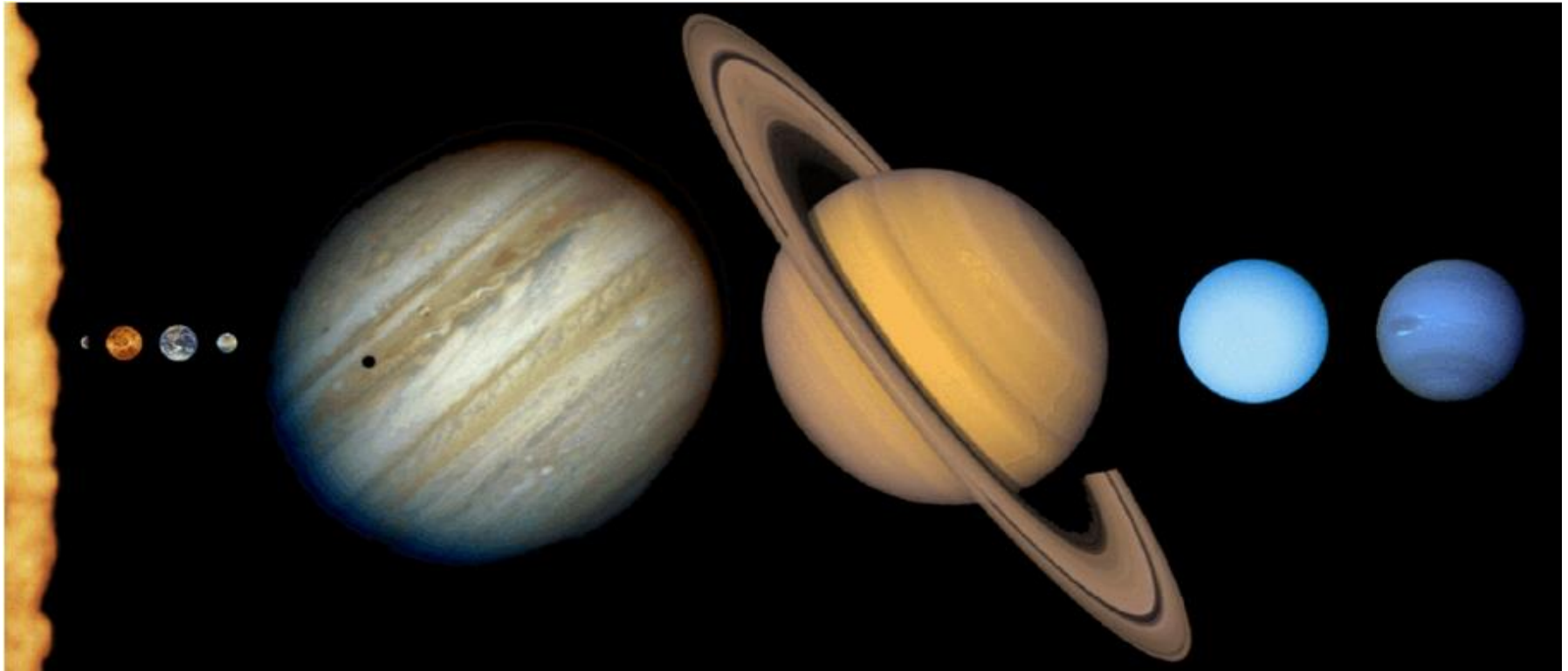
# 차례

- 1. 천문학의 발전과 천체 역학
  - 천문학사
  - 외행성의 운동, 달의 위상, 식 현상..
- 2. 태양계 시스템
  - 행성과 위성들의 모습
  - 행성과 위성들의 대기과 이탈속도
- 3. 천체 관측
  - 망원경의 구조, CCD, 분광기
- 4. 항성
  - 태양과 별의 에너지원
  - 별의 거리 및 거리지수
  - 등급(U,B,V,R 필터 등급)과 광도

# 차례

- 1. 천문학의 발전과 천체 역학
  - 천문학사
  - 외행성의 운동, 달의 위상, 식 현상..
- 2. 태양계 시스템
  - 행성과 위성들의 모습
  - 행성과 위성들의 대기과 이탈속도
- 3. 천체 관측
  - 망원경의 구조, CCD, 분광기
- 4. 항성
  - 태양과 별의 에너지원
  - 별의 거리 및 거리지수
  - 등급(U,B,V,R 필터 등급)과 광도

# 태양계의 개요



- 구성요소

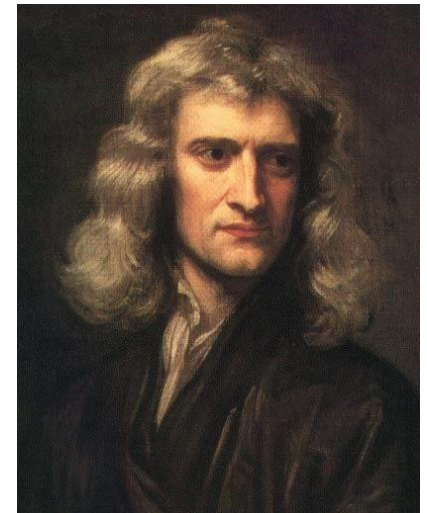
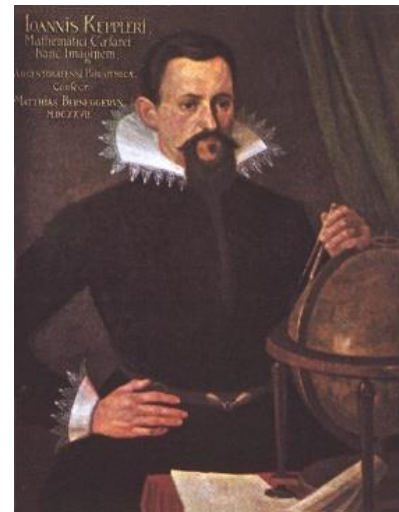
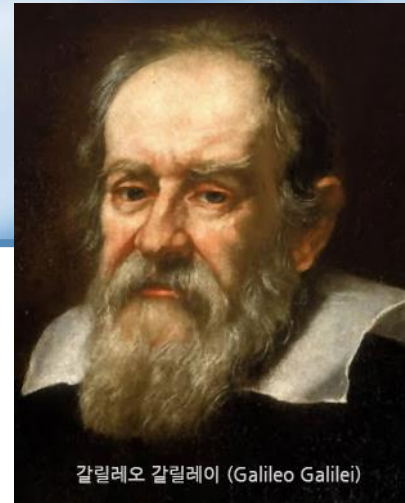
태양, 행성, 위성, 소행성, 고리, 혜성, 운석, 우주먼지, 외곽 태양계...

# 행성들의 질량 백분율

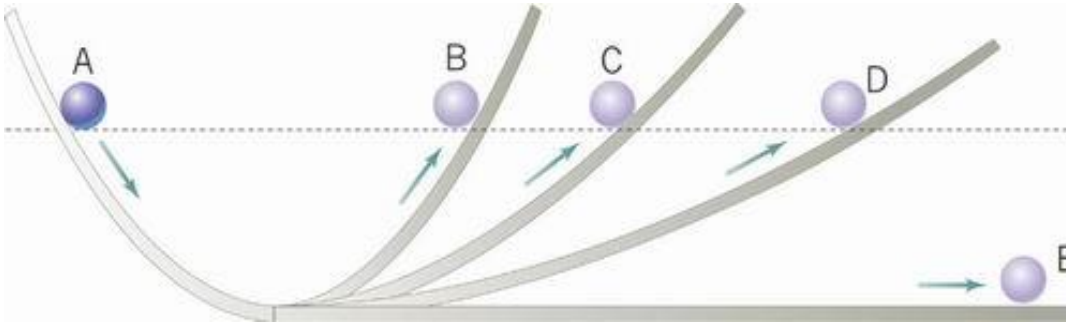
구성요소	질량백분율
태양	99.80%
목성	0.10%
혜성	0.05%
나머지 행성	0.04%
위성, 고리	0.00005%
소행성	0.000002%
우주티끌	0.00000001%

# 행성의 운동

- 갈릴레오 갈릴레이
  - 관성의 존재 (1592~)
- 요하네스 케플러
  - 타원궤도의 법칙(1619)
  - 동일면적의 법칙
  - 조화의 법칙
- 아이작 뉴턴
  - 3대 운동법칙(1687)
  - 만유인력의 법칙(1687)



# 갈릴레오의 관성



- 공기 저항과 마찰력이 없다면
  - 빗면의 기울기가 작아질수록, 빗면을 오르는 거리 증가
  - 빗면의 기울기가 0 이라면 거리는 무한대?
- 
- 외부에서 힘이 가해지지 않는 물체는 운동 상태를 유지하려함.



# 케플러의 행성 운동 법칙

- 타원 궤도의 법칙

- 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원을 따라 움직인다.

## 뉴턴

두 천체가 서로 잡아당기면서 회전하는 경우  
회전의 중심은 두 천체의 질량 중심



지구와 태양의 경우는 태양의 질량이 너무 크기 때문에 질량 중심 태양 내부에 위치하게 된다.

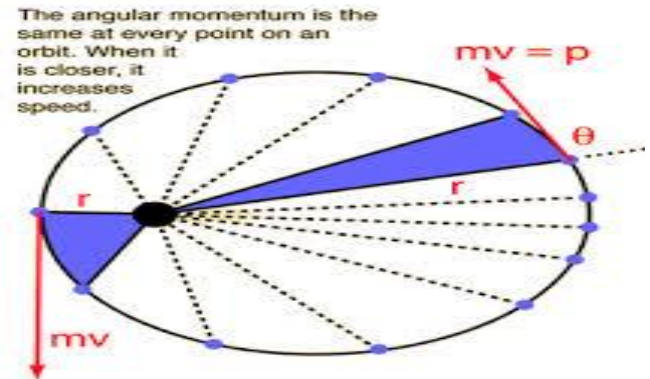
태양의 질량 중심과 지구-태양의 질량 중심이 근점 하나 일치하지 않으므로 두 개의 초점이 생겨 타원 궤도로 움직이게 된다.



# 케플러의 행성 운동 법칙

- 동일 면적의 법칙

- 행성이 태양 주위를 돌면서 정해진 시간 동안에 그리는 부채꼴의 면적은 언제나 일정하다.



## 뉴턴

면적속도를 일정하게 유지하며 운동하는 물체는 중심방향으로 힘을 받아 거리가 달라지고 거리가 달라지면 회전속도가 변한다.



# 케플러의 행성 운동 법칙

- 조화의 법칙

- 행성이 태양 주위를 도는 주기의 제곱은 타원 궤도의 장축 반지름 세제곱에 비례한다.

뉴턴

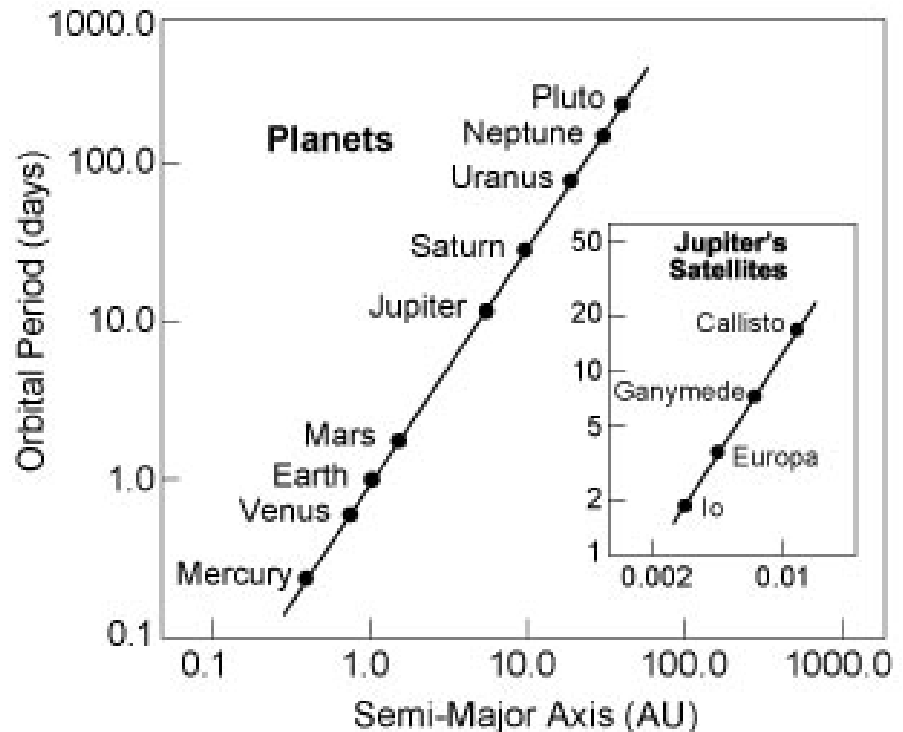
중력 = 구심력

$$GMm/r^2 = mv^2/r$$

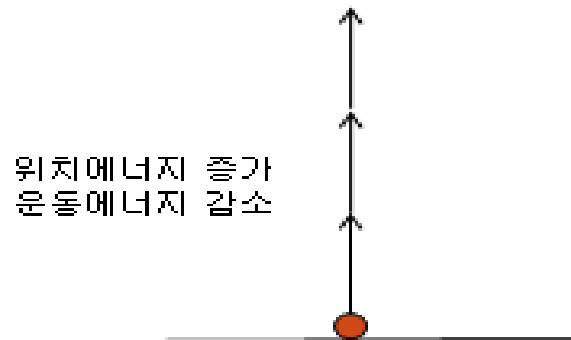
$$V = (Gm/r)^{1/2}$$

$$P = 2\pi r/v \rightarrow v = 2\pi r/P$$

$$P^2 = (4\pi^2/GM)r^3$$



# 탈출속도



운동에너지  $E = \frac{1}{2}mv^2$

물체의 위치에너지  $U = -G\frac{Mm}{r}$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \left(-G\frac{Mm}{r}\right) = 0$$

$$v_{\text{escape}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

역학적 에너지가 0에 놓일때,

즉 물체가 중력을 갖는 천체를 완전히 떠날 수 있는 속도

행성의 질량이 클수록 행성의 반지름이 작을수록 탈출속도는 커진다.

Q. 물체가 지구를 탈출한다?

- 운동에너지 : 중력장에서 무한히 멀어지면 속도가 0이 되므로 0 이 된다.

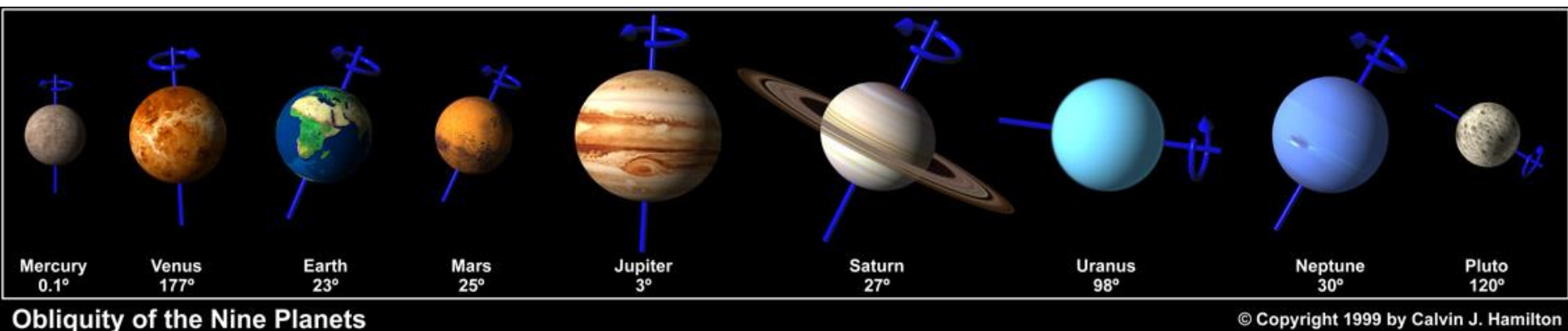
- 위치에너지 : 물체와 지구 사이의 거리는 무한대이므로 0 이 된다.

∴ 역학적 에너지 = 0

# 태양계 행성의 성질

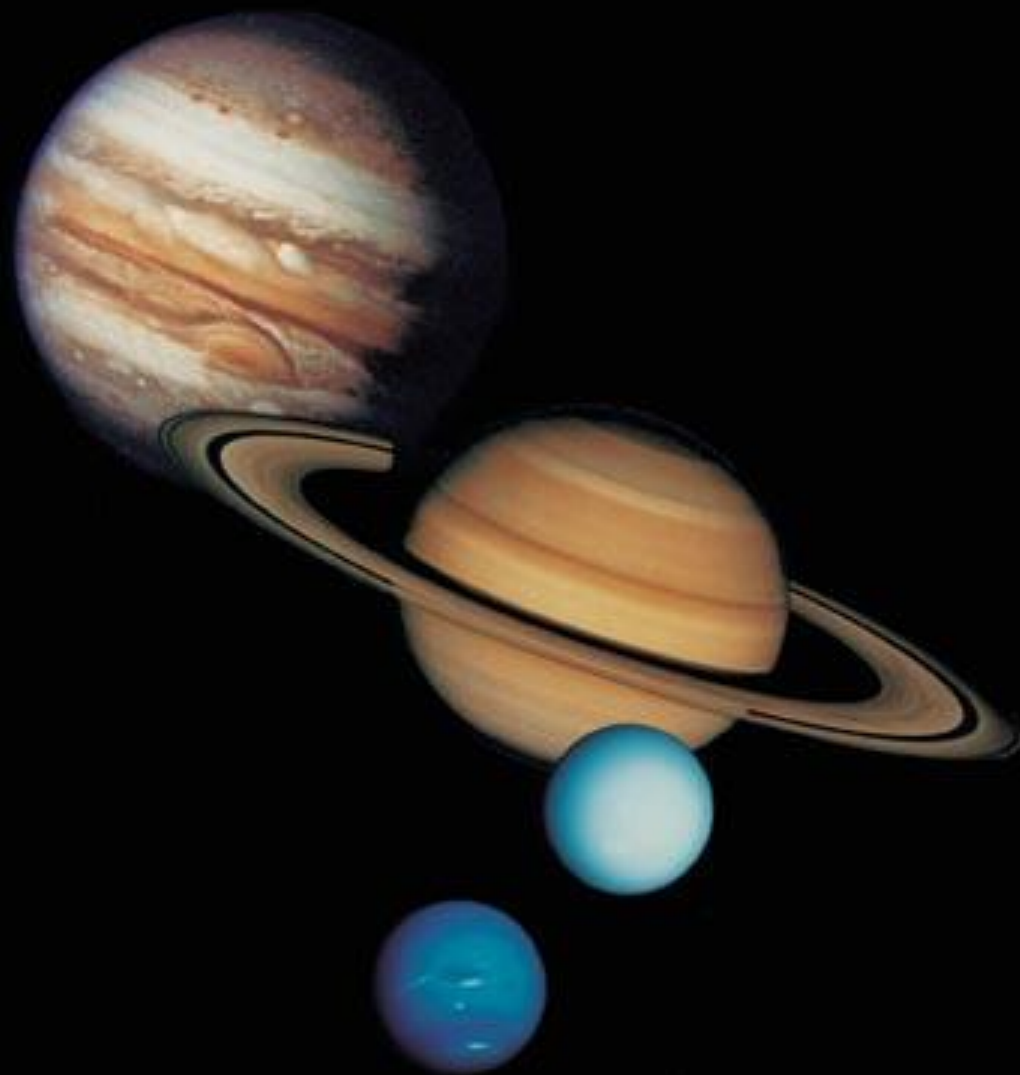
## 공전 및 자전 방향

- 공전 : 공전 방향은 모든 행성들이 같다.  
위에서 태양계를 내려다 볼 때 서 → 동 (반시계방향)
- 자전 : 금성을 제외한 나머지의 경우 공전방향과 같다.  
금성만 공전 방향과 반대 방향  
천왕성과 명왕성은 거의 누워서 자전



# 태양계 행성의 성질

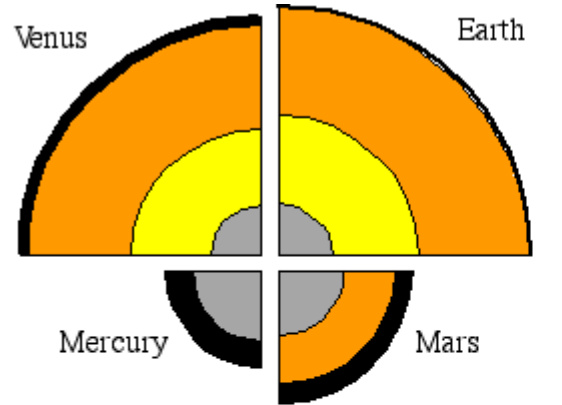
이름	거리(AU)	주기(Yr)	직경(km)	질량( $10^{23}\text{kg}$ )
수성	0.39	0.24	4,878	3.3
금성	0.72	0.62	12,102	48.7
지구	1.00	1.00	12,756	59.8
화성	1.52	1.88	6,787	6.4
목성	5.20	11.86	142,984	18,991
토성	9.54	29.46	120,536	5,686
천왕성	19.18	84.07	51,118	866
해왕성	30.06	164.82	49,660	1,030



# 목성형 행성 vs 지구형 행성

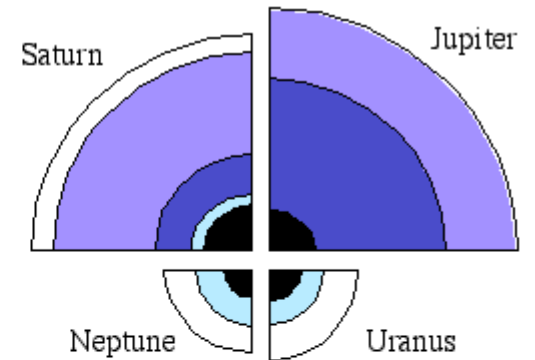
	편평도	위성의 수	고리	대기층 두께	중심핵	대기성분	크기	밀도	자전 주기
지구형 행성	작다	적다	없다	얇다	금속	$N_2, O_2, H_2O, Ar, CO_2$	작다	크다	길다
목성형 행성	크다	많다	있다	두껍다	비금속	$H_2, He, CH_4, NH_3$	크다	적다	짧다

- 지구형 행성의 핵 : 금속 철-니켈
- 목성형 행성의 핵 : 암석 (철, 규소, 산소)과 얼음 (탄소, 질소, 산소+수소)
  - 수소와 헬륨
    - 밀도와 질량을 설명
    - 수소 : 액체 수소와 금속 수소로 존재



solid iron core      silicate mantle  
 liquid iron core      silicate crust

Terrestrial planet interiors to same scale



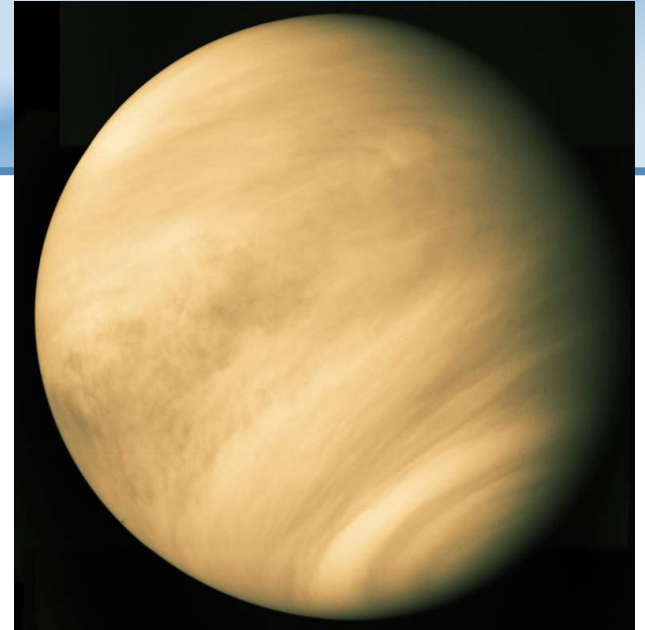
silicate core      ice core  
 liquid metallic hydrogen      gaseous hydrogen  
 liquid hydrogen

Jovian planets interiors to same scale



# 행성의 대기 - 금성

- 밤하늘에서 가장 밝은 천체
- 크기 : 지구와 비슷하다.
- 태양으로부터의 거리 : **0.7AU**
- 지구 대기압의 **93배**
- **96%**가 이산화탄소, **3.5%**가 질소, 기타 아르곤 등
- 대류권: 지상 **50km**까지, 상층부의 황산구름
- 온실효과로 인한 높은 표면 온도 (**730K**)
- 표면에 바람이 있음



# 행성의 대기 - 지구



- 온실효과에 의한 열 저장
- 우주선(cosmic ray) 및 태양풍을 방어
- 대기의 운동 : 지구 평균 온도 조절 기능
  - 온도에 따른 분류 : 대류권, 성층권, 중간권, 열권
  - 오존층, 전리층(이온층), 자기권

# 행성의 대기 - 화성



표면기압 : 0.007기압

- 95%이산화탄소, 3%질소, 2%질소

물 : 액체상태로 존재할 수 없다.

- 온도가 낮고, 여름에 온도가 올라가더라도 압력이 낮기 때문에 날아가버림

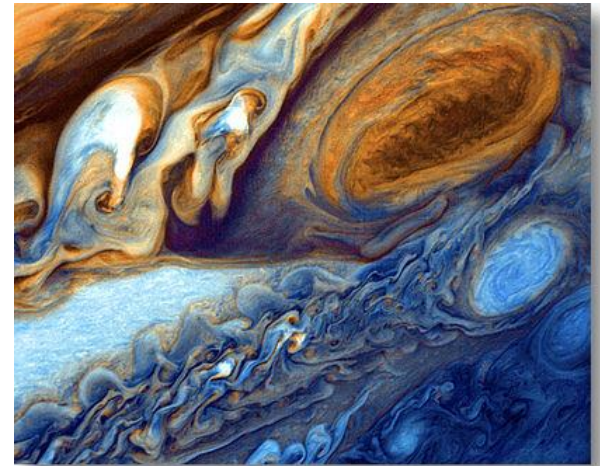
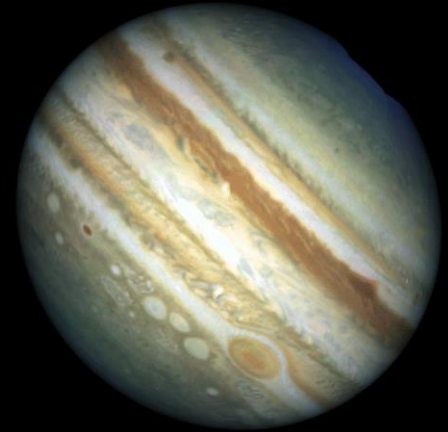
구름

- 먼지구름
- 물 얼음의 구름(산 언저리)
- 높은 고도에서 응고된 이산화탄소 : 드라이아이스

# 행성의 대기 - 목성

- 겉모습
  - 수소와 헬륨의 대기
  - 암모니아 구름층
  - 고리
  - 대적반
    - 400년 전에 발견, 현재까지 존재
    - 지구의 2~3배 크기
    - 마찰력을 유발한 고체 부재

JUPITER



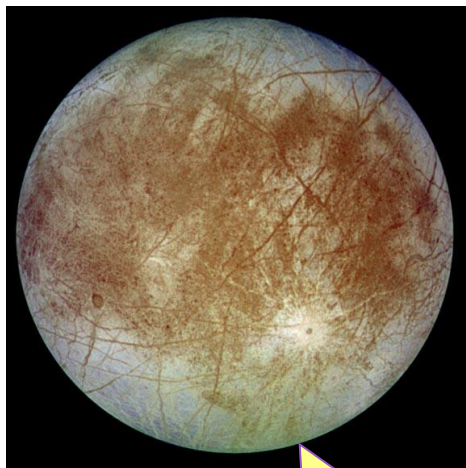
# 목성형 행성의 대기

- 주성분은 수소와 헬륨
  - 목성, 토성: 메탄, 암모니아 등 함유 (반사된 태양 빛의 흡수선 스펙트럼으로부터)
  - 천왕성, 해왕성: 메탄 2-3% 함유
- 대기구조와 구름:
  - (1) 목성, 토성: 대류권의 맨 위층 암모니아가 응결한 구름; 그 아래 암모니아수황화물 구름 층; 그 아래 수증기 구름 층;  
목성의 대기 색깔- 흰색 (암모니아구름), 붉은 색, 오렌지색, 밤색 등 (암모니아수황화물의 황 성분)
  - (2)천왕성, 해왕성: 대류권 상단의 메탄 구름 층 - 푸른색을 띠



### [이오]

- 수성의  $\frac{3}{4}$
- 토로스 : 이오의 화산활동
- 전리층, 오로라 존재



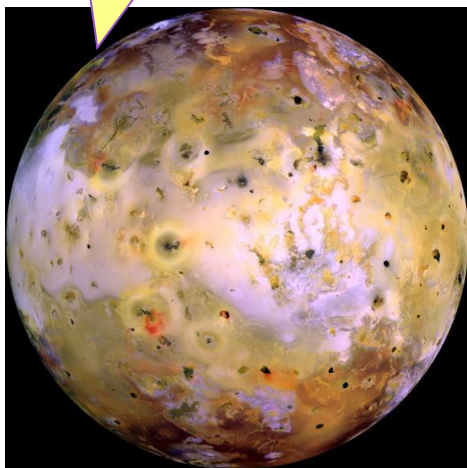
### [가니메데]

- 가장 큰 위성
- 표면의 1/3은 검고, 충돌구덩이
- 처음 10억년동안 화산활동
- 지각활동에 따라 내부의 많은 물이 표면을 뒤덮음



### [유로파]

- 줄무늬:얼음층이 깨짐
- 매끄러운 표면
- 산소가 대기의 일부로 되는 과정
- 온실효과에 따른 오존층 파괴
- 지구 1/천만 의 산소존재
- 얼음사이 외계 생명체 존재 가능성



### [칼리스트토]

- 수성과 비슷한 크기와 질량
- 대부분이 얼음
- 수많은 충돌 구덩이
- 4대 위성 중 가장 바깥쪽에 위치



## • 목성계 : 목성의 위성

- 130개가 넘는 위성과 고리
- 1610년 갈릴레오에 의해 발견된 4대 위성
- 순행방향이지만 궤도 경사각이 큰 경우, 역행 방향으로 공전하는 위성 : 목성 생성 초기에 두 개의 모체 가능성

# • 토성의 위성

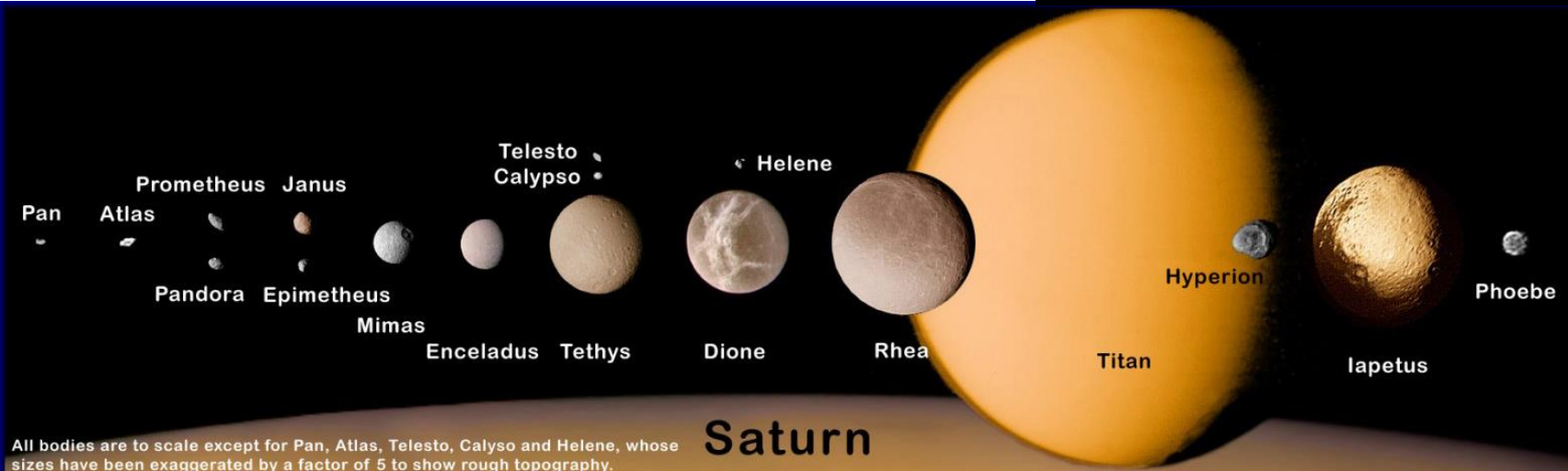
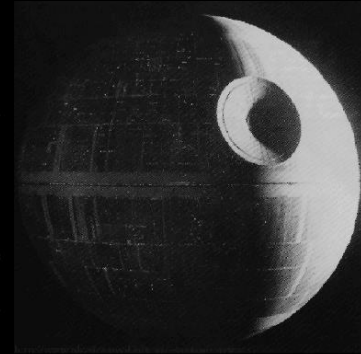
## - 타이탄

- 수성 크기와 유사
- 표면 온도: **-183도** → 대부분이 메탄 얼음
- 태양계 천체 중 대기 상태가 지구와 가장 유사
- 주 성분은 질소, 대기압은 지구보다 작고 화성보다 크다

## - 미마스

## - 엔셀라두스

- 지름: **500km**
- 궤도반지름: **238,020km**
- 공전주기: **1.370218일**

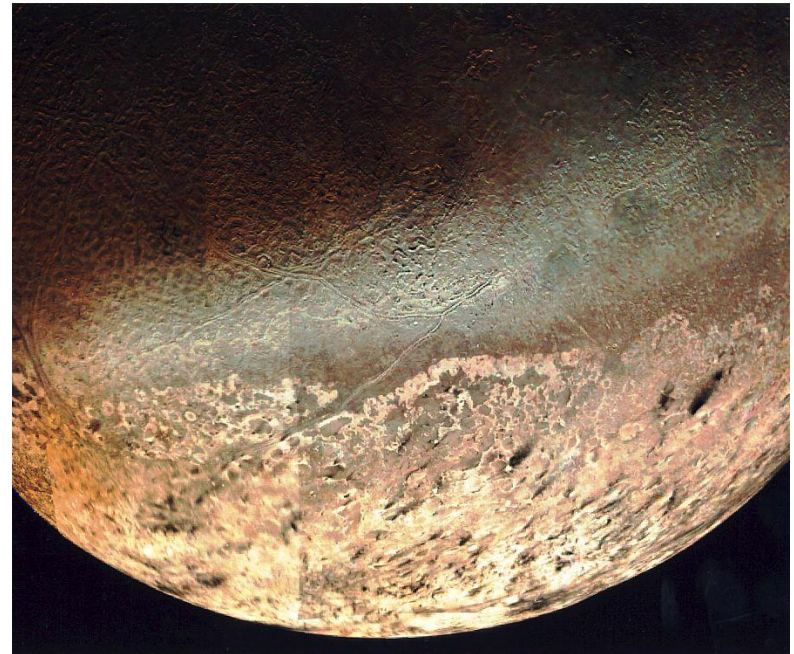


Saturn



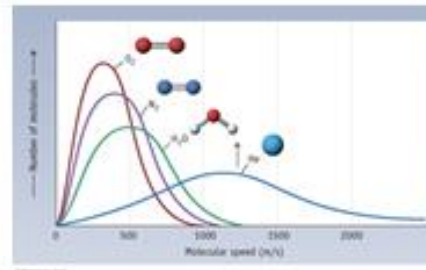
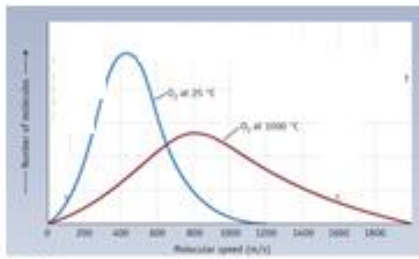
- 해왕성의 위성

- 8개의 위성
  - 6개는 행성에 가까운 정상궤도
  - 2개는 이상 궤도
- 트라이톤
  - 역행, 화산활동, 명왕성과 비슷한 점이 많다.
- 고리 : 좁고 희미하다.



# 행성의 대기

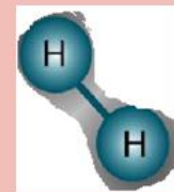
$$v = \sqrt{\frac{2nkT}{m}}$$



- 기체 분자들의 속도는 행성의 온도에 비례하고 기체 분자의 질량에 반비례한다.
- 즉, 행성의 온도가 낮을 수록, 그리고 기체 분자의 질량이 클수록, 기체의 평균속도는 작아진다.

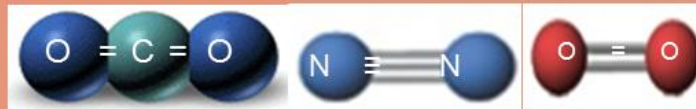
# 행성의 대기

탈출속도



## [목성형 행성]

- 탈출속도가 크다
- 가벼운 원소들이 대기의 주성분을 이룸
- 주로 수소와 헬륨 등으로 이루어짐.
- 대기의 기온이 낮아  
암모니아 등의 기체들이 구름층을 형성



## [지구형 행성]

- 탈출속도가 작다
- 수성 : 대기가 거의 없음
- 화성과 금성 : 이산화탄소
- 지구 : 질소와 산소

# 행성의 대기

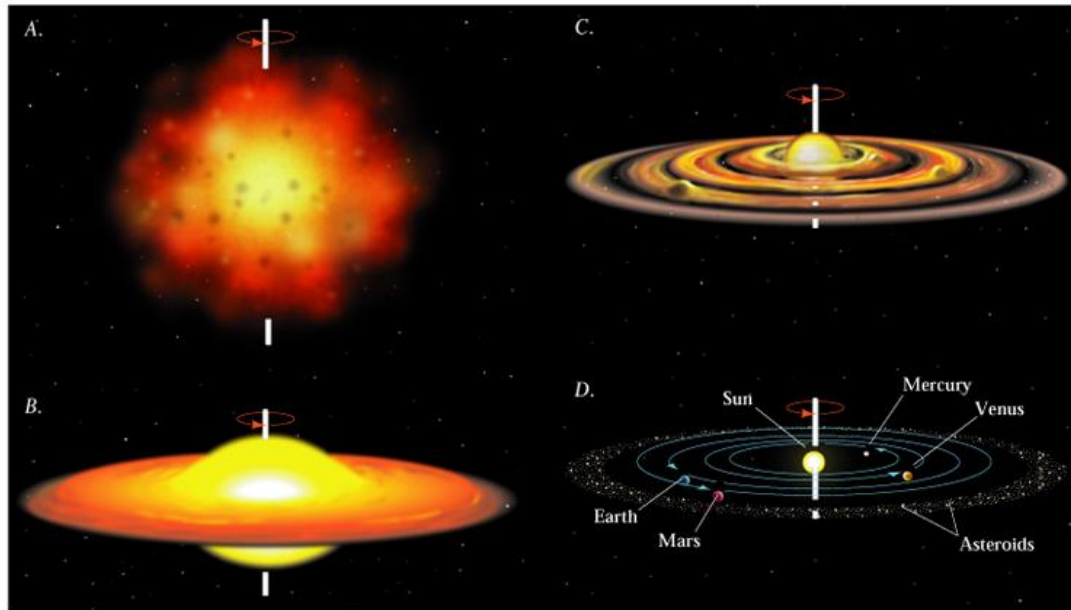
- <http://astro.unl.edu/naap/atmosphere/atmosphere.html>

# 태양계의 특징

1. 태양을 중심으로 공전
2. 모든 행성이 반시계 방향으로 공전
3. 거의 원에 가까운 타원형 공전 궤도
4. 거의 모든 궤도가 황도 평면에 위치
5. 행성의 자전도 반시계 방향 (일부 제외)
6. 안쪽에 위치한 4개 행성은 암석과 금속으로 구성
7. 바깥쪽에 위치한 4개 행성은 수소와 헬륨으로 구성
8. 거대행성들의 크기나 궤도 모두가 지구형행성보다 수십배 큼



# The “Urnebel”



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.



Immanuel Kant (1724–1804)



**계속....**