

# 행성과 외계행성

Rosa M. Ros, Hans Deeg, Ricardo Moreno

*International Astronomical Union  
Technical University of Catalonia, Spain  
Canarian Astrophysical Institute, Spain  
Colegio Retamar de Madrid, Spain*



# 목표

- 태양계 행성의 데이터 표에 있는 숫자의 의미 파악
- 외계 행성계의 주요 특징의 이해



# 태양계

예술과 공작뿐만 아니라  
정보를 제공하는 모델  
제시



# 내용에 따르면

모델: 주요한 주제를  
나타내며 과학적  
내용을 가짐



# 활동 1: 태양으로부터의 거리

|     |                  |  |        |         |
|-----|------------------|--|--------|---------|
| 수성  | 57 900 000 km    |   | 6 cm   | 0.4 AU  |
| 금성  | 108 300 000 km   |   | 11 cm  | 0.7 AU  |
| 지구  | 149 700 000 km   |   | 15 cm  | 1.0 AU  |
| 화성  | 228 100 000 km   |   | 23 cm  | 1.5 AU  |
| 목성  | 778 700 000 km   |   | 78 cm  | 5.2 AU  |
| 토성  | 1 430 100 000 km |   | 143 cm | 9.6 AU  |
| 천왕성 | 2 876 500 000 km |   | 288 cm | 19.2 AU |
| 해왕성 | 4 506 600 000 km |  | 450 cm | 30.1 AU |



# 활동 2: 크기 모형

|     |              |   |          |
|-----|--------------|---|----------|
| 태양  | 1 392 000 km |    | 139.0 cm |
| 수성  | 4 878 km     |    | 0.5 cm   |
| 금성  | 12 180 km    |    | 1.2 cm   |
| 지구  | 12 756 km    |    | 1.3 cm   |
| 화성  | 6 760 km     |    | 0.7 cm   |
| 목성  | 142 800 km   |    | 14.3 cm  |
| 토성  | 120 000 km   |   | 12.0 cm  |
| 천왕성 | 50 000 km    |  | 5.0 cm   |
| 해왕성 | 45 000 km    |  | 4.5 cm   |

## 활동 2: 크기 모형



행성 크기 비율을 보여주는 티셔츠

# 활동 3: 크기와 태양으로부터의 거리

|     |              |                  |   |         |       |
|-----|--------------|------------------|---|---------|-------|
| 태양  | 1 392 000 km |                  |    | 25.0 cm |       |
| 수성  | 4 878 km     | 57 900 000 km    |    | 0.1 cm  | 10 m  |
| 금성  | 12 180 km    | 108 300 000 km   |    | 0.2 cm  | 19 m  |
| 지구  | 12 756 km    | 149 700 000 km   |    | 0.2 cm  | 27 m  |
| 화성  | 6 760 km     | 228 100 000 km   |    | 0.1 cm  | 41 m  |
| 목성  | 142 800 km   | 778 700 000 km   |    | 2.5 cm  | 140 m |
| 토성  | 120 000 km   | 1 430 100 000 km |   | 2.0 cm  | 250 m |
| 천왕성 | 50 000 km    | 2 876 500 000 km |  | 1.0 cm  | 500 m |
| 해왕성 | 45 000 km    | 4 506 600 000 km |  | 1.0 cm  | 800 m |

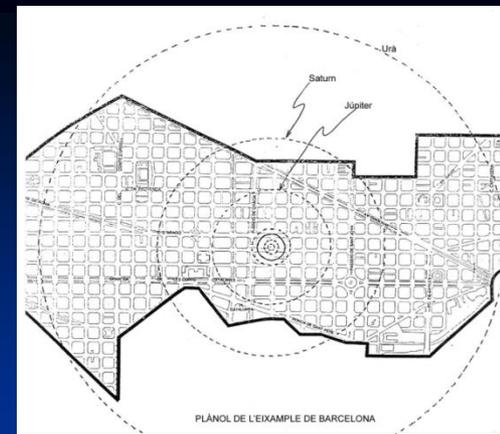
보통 학교 운동장은 화성까지의 거리



# 활동 3: 크기모형과 운동장에서의 거리 ...



# 활동 4: 자신의 도시 모형 (바르셀로나)



|     |     |                                 |
|-----|-----|---------------------------------|
| 태양  | 세탁기 | <i>Puerta Instituto</i>         |
| 수성  | 캐비어 | <i>Puerta Hotel Diplomatic</i>  |
| 금성  | 콩   | <i>Pasaje Méndez Vigo</i>       |
| 지구  | 콩   | <i>Entre Méndez Vigo y Bruc</i> |
| 화성  | 통후추 | <i>Paseo de Gracia</i>          |
| 목성  | 오렌지 | <i>Calle Balmes</i>             |
| 토성  | 굴   | <i>Pasaje Valeri Serra</i>      |
| 천왕성 | 밤   | <i>Calle Entenza</i>            |
| 해왕성 | 밤   | <i>Estación de San</i>          |

# Metz 시 모델 (프랑스)



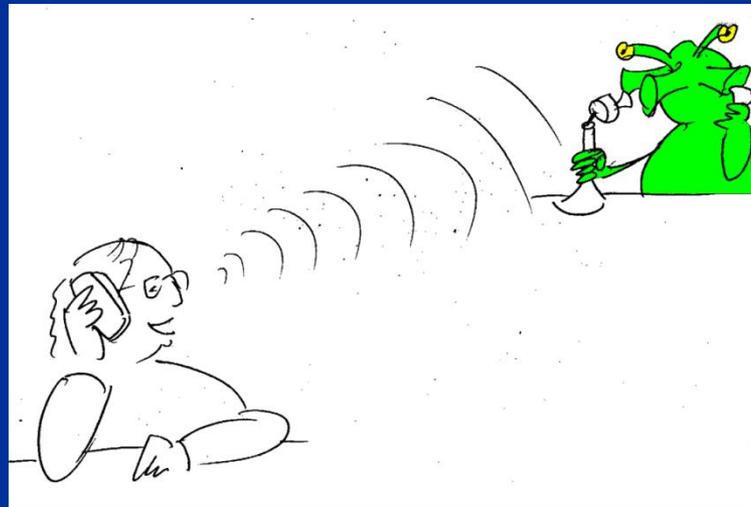
## 활동 5: 시간 모형

■  $c = 300\,000 \text{ km/s}$

지구의 빛이 달까지 가는데 걸리는 시간은:

$$t = \text{거리 EM} / c = 384\,000 \text{ km} / 300\,000 = 1.3 \text{ s}$$

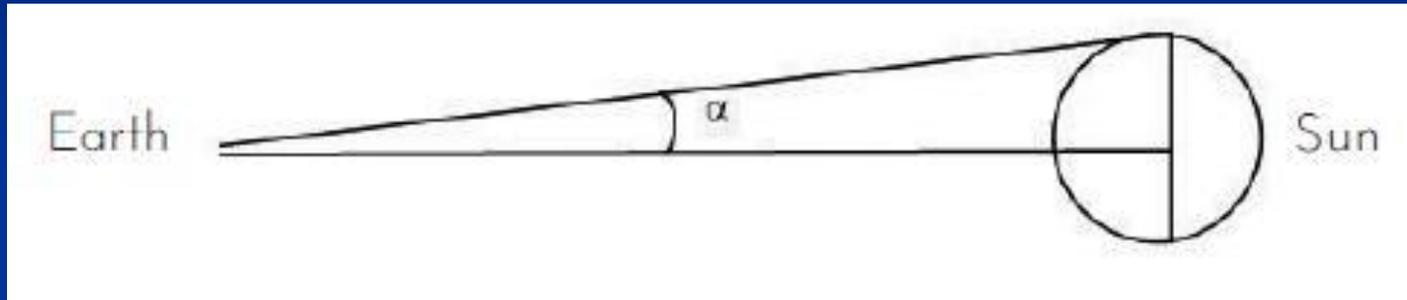
행성 사이에  
대화는 어떻게  
할까? 비디오?



# 태양빛이 도착하는데 걸리는 시간...

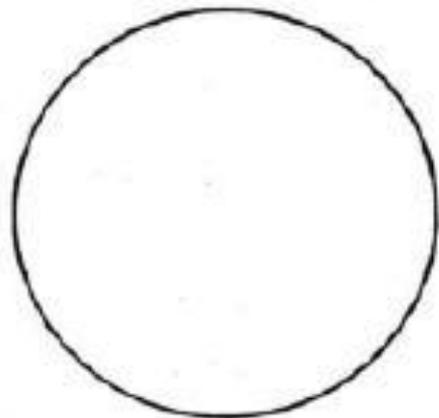
|     |                  |   |              |
|-----|------------------|---|--------------|
| 수성  | 57 900 000 km    |    | 3.3 minutes  |
| 금성  | 108 300 000 km   |    | 6.0 minutes  |
| 지구  | 149 700 000 km   |    | 8.3 minutes  |
| 화성  | 228 100 000 km   |    | 12.7 minutes |
| 목성  | 778 700 000 km   |    | 43.2 minutes |
| 토성  | 1 430 100 000 km |   | 1.32 hours   |
| 천왕성 | 2 876 500 000 km |  | 2.66 hours   |
| 해왕성 | 4 506 600 000 km |  | 4.16 hours   |

## 활동 6: 행성에서 본 태양

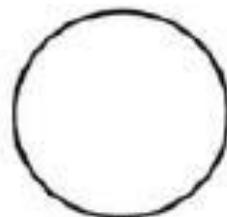


- $\alpha = \tan \alpha = \text{radius Sun} / \text{distance to Sun}$   
 $= 700\,000 / 150\,000\,000 = 0.0045 \text{ radian} = 0.255^\circ$
- 지구에서 측정한 태양  $2\alpha = 0.51^\circ$

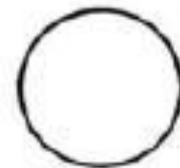
# 활동 6: 행성에서 본 태양



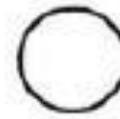
From Mercury



From Venus



From Earth



From Mars



From Jupiter



From Saturn



From Uranus



From Neptune

# 활동 7: 밀도 모형

|     |                        |   |                  |
|-----|------------------------|---|------------------|
| 태양  | 1.41 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Sulfur (1.1-2.2) |
| 수성  | 5.41 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Pyrite (5.2)     |
| 금성  | 5.25 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Pyrite (5.2)     |
| 지구  | 5.52 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Pyrite (5.2)     |
| 화성  | 3.90 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Blende (4.0)     |
| 목성  | 1.33 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Sulfur (1.1-2.2) |
| 토성  | 0.71 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Pine wood (0.55) |
| 천왕성 | 1.30 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Sulfur (1.1-2.2) |
| 해왕성 | 1.70 g/cm <sup>3</sup> | ⇒ | Clay (1.8-2.5)   |



# 활동 8: 편평하게 만드는 모형

- 판지를 35 x 1 cm 크기로 길게 자름
- 자른 것을 50 cm 길이의 막대에 붙임. 종이의 아래쪽은 막대를 따라 위아래로 움직일 수 있도록 느슨하게 뒀음
- 손을 비비듯이 막대를 빠르게 회전시킴. 원심력은 종이 밴드를 변형시키고, 행성 변형도 비슷함.



# 활동 8: 편평하게 만드는 모형

| 행성  | (equatorial radius-polar radius)/<br>equatorial radius |
|-----|--|
| 수성  | 0.0  |
| 금성  | 0.0  |
| 지구  | 0.0034   |
| 화성  | 0.005  |
| 목성  | 0.064  |
| 토성  | 0.108  |
| 천왕성 | 0.03   |
| 해왕성 | 0.03   |



## 활동 9: 궤도 주기 모형

- 줄의 끝에 호두같은 것을 연결하고 그 반대쪽을 잡고 머리위에서 돌림.
- 줄의 길이를 길게하면, 한바퀴 도는데 조금 더 시간이 걸림.
- 줄을 짧게 잡으면, 한바퀴 도는데 시간이 덜 걸림.



# 활동 9: 지구 궤도 자료

평균 궤도 속도  $v = 2\pi R / T$

지구에 대해,

$$v = 2\pi \times 150 \times 10^6 / 365$$

$$v = 2\,582\,100 \text{ km/day} = 107\,590 \text{ km/h} = 29.9 \text{ km/s}$$

(태양이 은하 중심으로 궤도운동하는 속력은  
220 km/s or 800 000 km/h.)



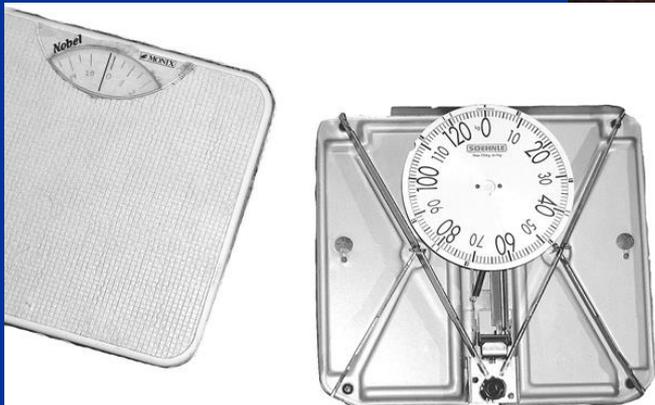
# 활동 9: 궤도 자료

| 행성  | 궤도 주기<br>(days) | 태양과의 거리<br>(km)       | 궤도 평균<br>속력 (km/s) | 궤도 평균<br>속력 (km/h) |
|-----|-----------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 수성  | 87.97           | $57.9 \times 10^6$    | 47.90              | 172 440            |
| 금성  | 224.70          | $108.3 \times 10^6$   | 35.02              | 126 072            |
| 지구  | 365.26          | $149.7 \times 10^6$   | 29.78              | 107 208            |
| 화성  | 686.97          | $228.1 \times 10^6$   | 24.08              | 86 688             |
| 목성  | 4331.57         | $778.7 \times 10^6$   | 13.07              | 47 052             |
| 토성  | 10759.22        | $1 430.1 \times 10^6$ | 9.69               | 34 884             |
| 천왕성 | 30.799.10       | $2 876.5 \times 10^6$ | 6.81               | 24 876             |
| 해왕성 | 60190.00        | $4 506.6 \times 10^6$ | 5.43               | 19 553             |



# 활동 10: 표면 중력가속도 모형

- 표면 중력,  $F = G M m / d^2$ , with  $m = 1$ ,  $d = R$ .  
Thus  $g = G M / R^2$ , where  $M = 4/3 \pi R^3 \rho$
- 정리:  $g = 4/3 \pi G R \rho$



# 활동 10: 표면 중력 가속도

| 행성  | 적도 반지름    | 밀도                    |  | 계산한 중력 가속도 | 실제 중력가속도               |      |
|-----|-----------|-----------------------|--|------------|------------------------|------|
| 수성  | 2 439 km  | 5.4 g/cm <sup>3</sup> |    | 0.378      | 3.70 m/s <sup>2</sup>  | 0.37 |
| 금성  | 6 052 km  | 5.3 g/cm <sup>3</sup> |    | 0.894      | 8.87 m/s <sup>2</sup>  | 0.86 |
| 지구  | 6 378 km  | 5.5 g/cm <sup>3</sup> |    | 1.000      | 9.80 m/s <sup>2</sup>  | 1.00 |
| 화성  | 3 397 km  | 3.9 g/cm <sup>3</sup> |    | 0.379      | 3.71 m/s <sup>2</sup>  | 0.38 |
| 목성  | 71 492 km | 1.3 g/cm <sup>3</sup> |    | 2.540      | 23.12 m/s <sup>2</sup> | 2.36 |
| 토성  | 60 268 km | 0.7 g/cm <sup>3</sup> |   | 1.070      | 8.96 m/s <sup>2</sup>  | 0.91 |
| 천왕성 | 25 559 km | 1.2 g/cm <sup>3</sup> |  | 0.800      | 8.69 m/s <sup>2</sup>  | 0.88 |
| 해왕성 | 25 269 km | 1.7 g/cm <sup>3</sup> |  | 1.200      | 11.00 m/s <sup>2</sup> | 1.12 |
| 달   |           |                       |  |            | 1.62 m/s <sup>2</sup>  | 0.16 |

# 활동 11: “충돌 분화구“ 모형

- 바닥이 지지분해 지지 않도록 바닥에 신문지를 깔.
- 높이가 낮은 상자에, 밀가루를 채망으로 쳐서 표면을 매끄럽게 하면서 1-2 cm 정도 두께로 깔.
- 곱게 펼쳐진 밀가루 위로 몇 밀리미터 정도의 코코아 가루를 뿌림.
- 2m 높이 정도에서, 코코아 카루 한 스푼을 떨어뜨리면 충돌 분화구 같은 것이 생김.
- 사용한 밀가루는 다른 실험에도 재사용 할 수 있음.



# 활동 12: 탈출속도

- $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$
- $E_{\text{pot}} = -GM_{\text{planet}} m/R_{\text{planet}}$
- $E_{\text{mec}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = 0$
- $g_{\text{planet}} = GM_{\text{planet}}/R_{\text{planet}}^2$

그러면:  $-GM_{\text{planet}} m/R_{\text{planet}} + \frac{1}{2} mv^2 = 0$

$$\frac{1}{2} mv^2 = g_{\text{planet}} mR_{\text{planet}}$$

탈출속도는:

$$v = (2gR)^{1/2}$$

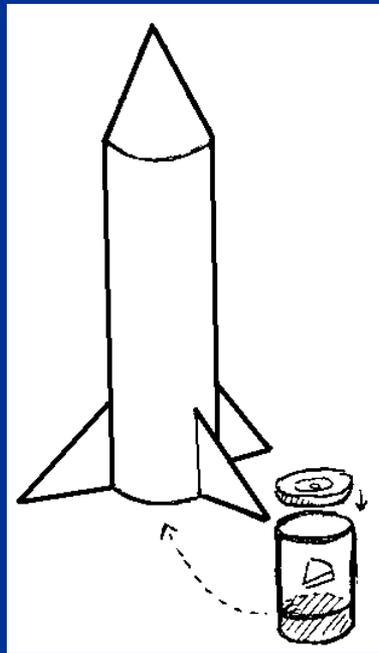


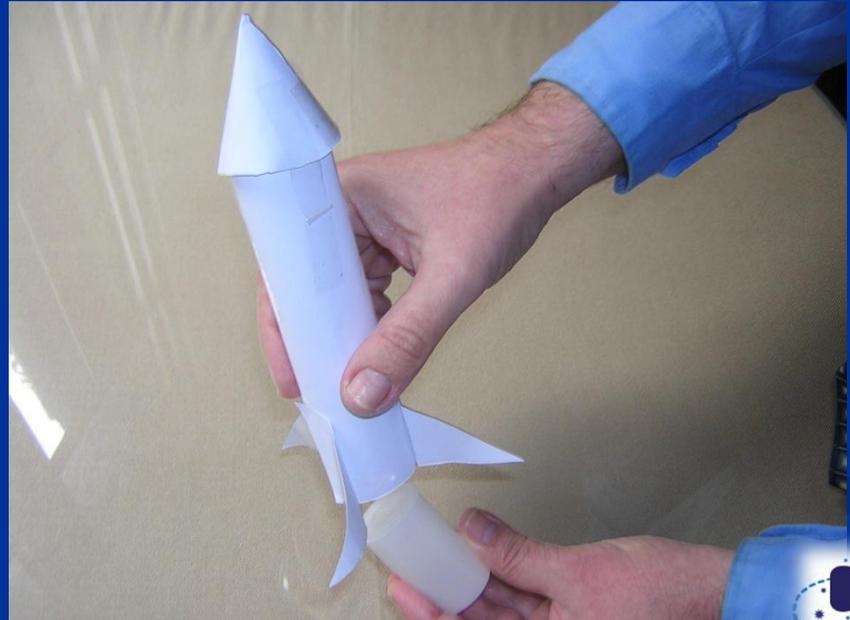
# 활동 12: 탈출 속도

| 행성  | 적도 반경     | $g_{\text{Planet}}/g_{\text{Earth}}$ |   | 탈출 속도     |
|-----|-----------|--------------------------------------|---|-----------|
| 수성  | 2 439 km  | 0.378                                |    | 4.3 km/s  |
| 금성  | 6 052 km  | 0.894                                |    | 10.3 km/s |
| 지구  | 6 378 km  | 1.000                                |    | 11.2 km/s |
| 화성  | 3 397 km  | 0.379                                |    | 5.0 km/s  |
| 목성  | 71 492 km | 2.540                                |    | 59.5 km/s |
| 토성  | 60 268 km | 1.070                                |  | 35.6 km/s |
| 천왕성 | 25 559 km | 0.800                                |  | 21.2 km/s |
| 해왕성 | 25 269 km | 1.200                                |  | 23.6 km/s |

# 활동 12: 로켓 발사

- 종이 판지
- 필름 용기
- 1/4 발포성 알약

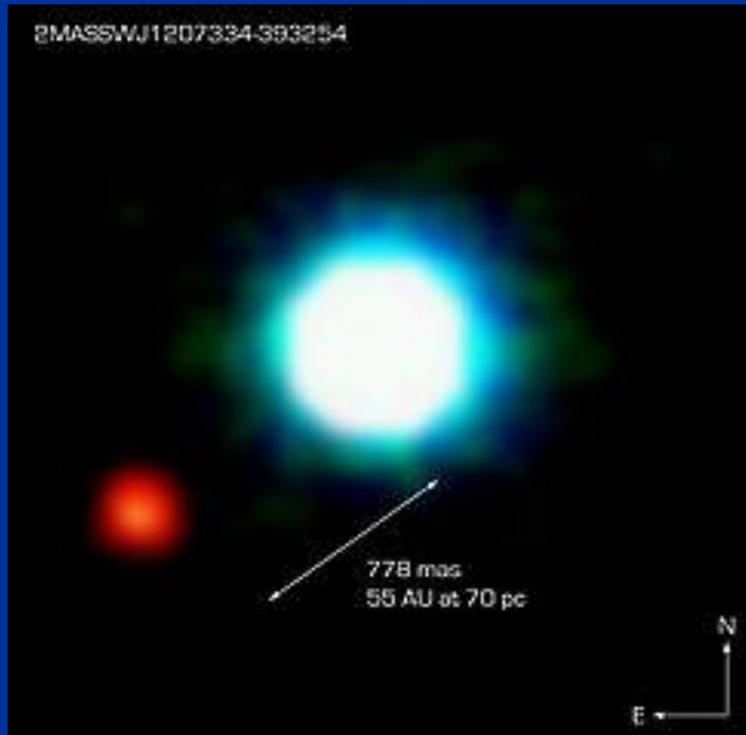




# 외계 행성계



# 1995년에 미셸 마요르와 디디에르 쿠엘로즈가 51 Pegasi 주변의 외계행성 발견을 발표



외계 행성 첫 영상  
2003 March 16th

2M1207b 직저 찍음 (ESO)



# 우리는 기술에 의존



갈릴레이가 1610년에 망원경을 이용하여 인류 최초로 토성을 관측. 예쁜 고리모양을 볼 수 없었으나, 3개의 천체라고 해석함.

호이겐스 (1659) 시대에 와서야 고리모양임을 확인. 루벤스의 (1636-1638) 그림은 그래서, 갈릴레이의 발견으로 3개의 천체로 그려짐.



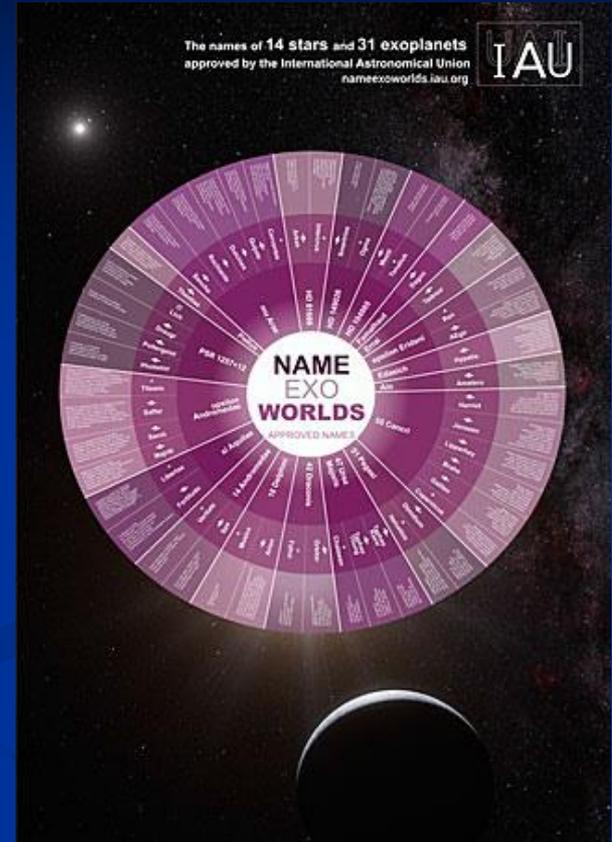
# 외계 행성의 이름

항성 주위에서 첫번째로 발견된 행성의 이름은 별 이름 뒤에 “b” 알파벳을 붙임.

(예, *51 Pegasi b*).

그 다음 행성에는 다음 알파벳인 c, d, e, f, etc.

(*51 Pegasi c*, *51 Pegasi d*, *51 Pegasi e* or *51 Pegasi f*).



# 외계 행성 발견 방법

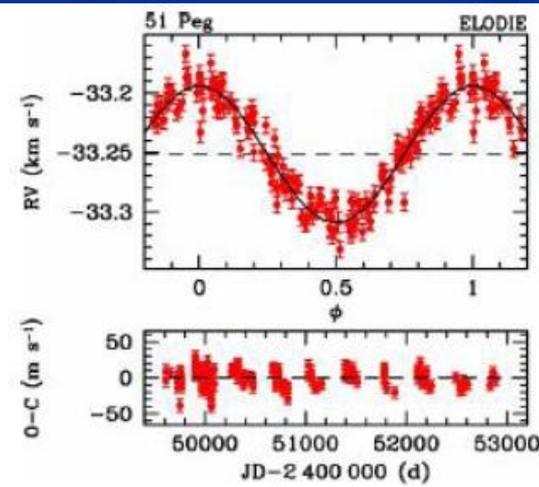
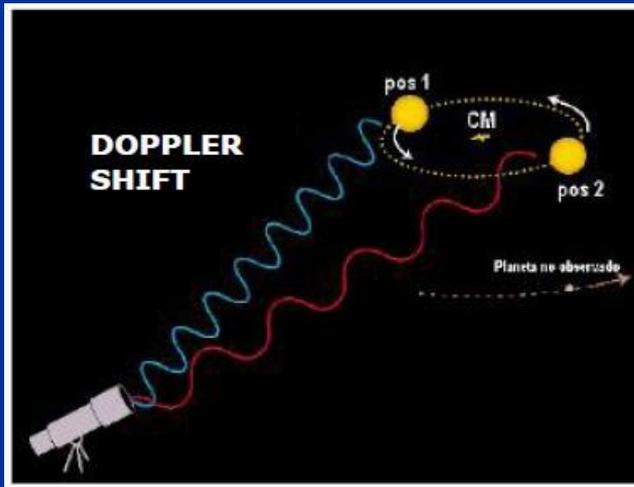
## 사용되는 주요 방법

- 시선속도와 도플러 효과
- 식현상 (Transit)
- 중력렌즈
- 기타

# 발견 방법: 시선속도

행성과 중심별은 무게 중심으로 공전하므로, 별의 시선속도 변화가 생기고 도플러 효과가 나타남.

이 방법으로 외계행성의 첫 발견이 이루어짐: 51 Pegasus b

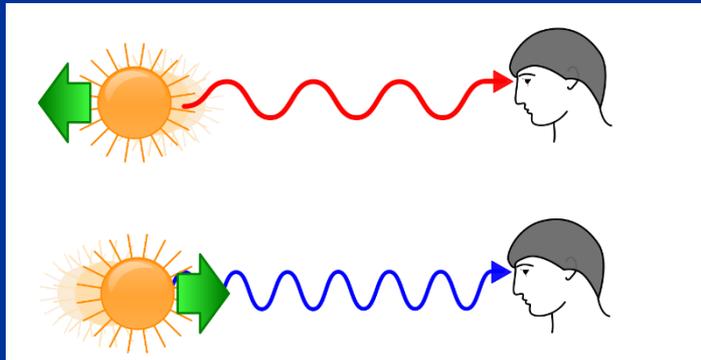


# 활동 13: 도플러 효과

도플러 효과는 별(source)이 움직일 때 스펙트럼에서 나타나는 파장 변이임.

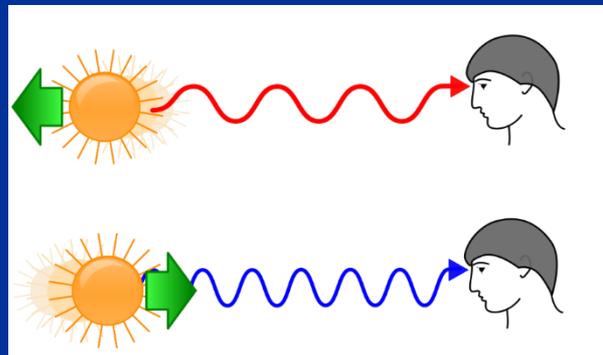
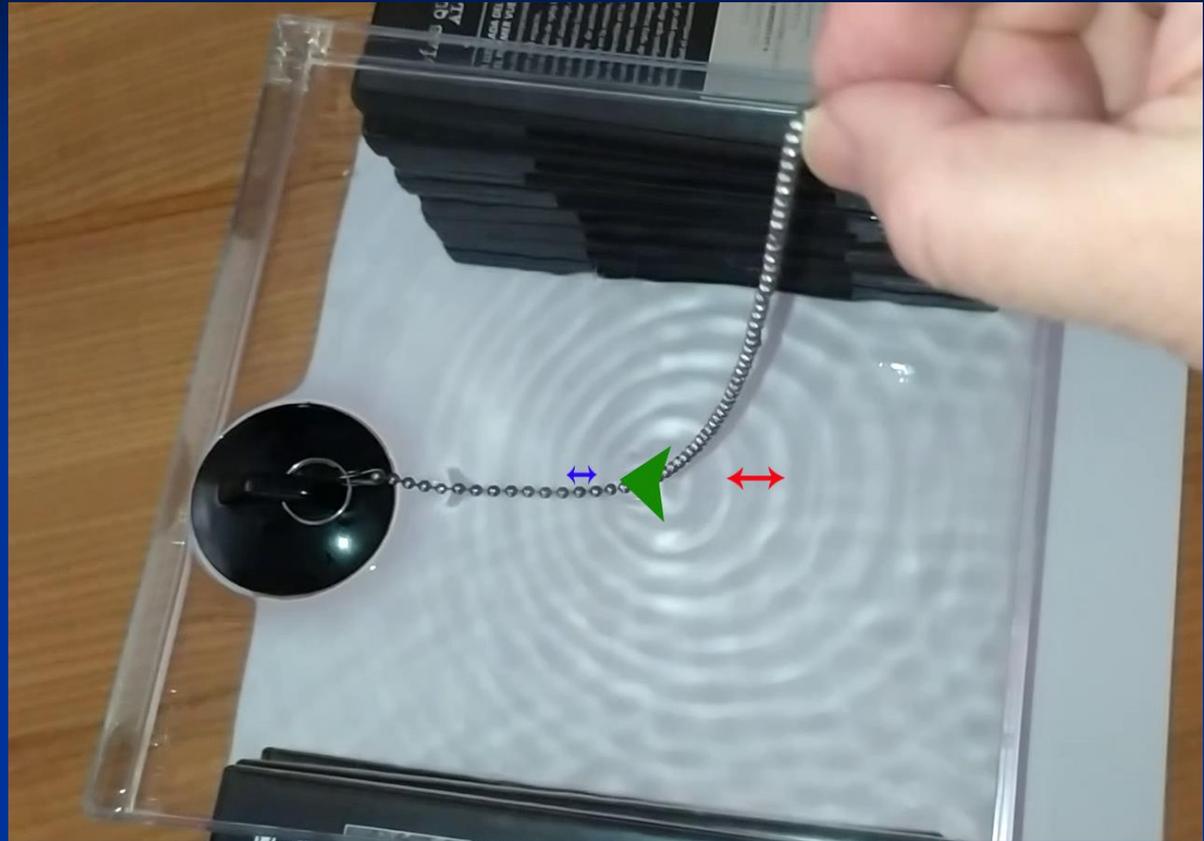
별(source)이 가까이 오면 파장은 짧아지고 관측된 빛은 짧은 파장으로 이동함.

별(source)가 멀어지면, 파장은 길어지고 관측된 빛은 긴 파장으로 이동함.



# 활동 13: 도플러 효과

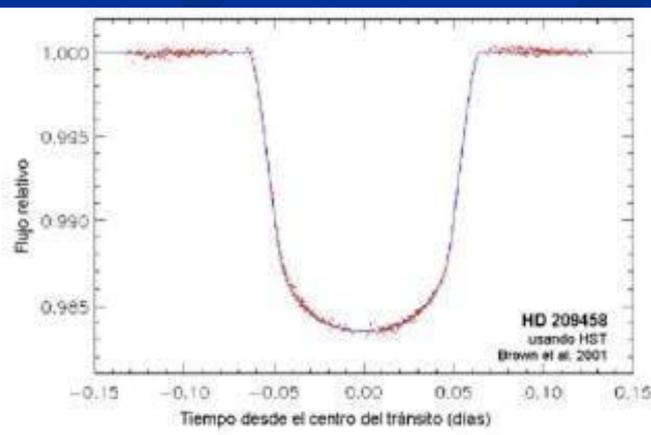
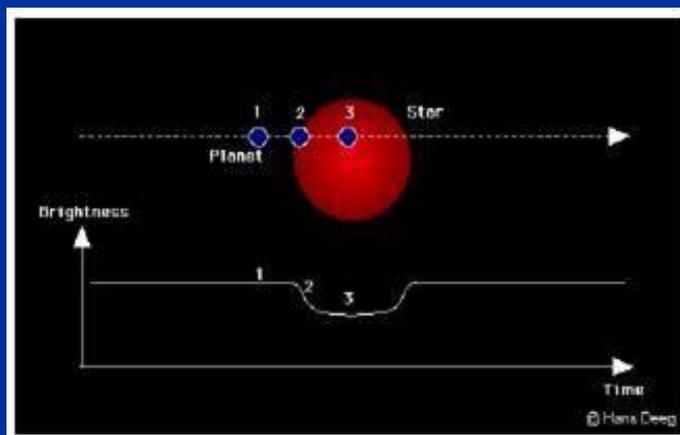
물통, 체인캡과  
플래쉬로 재현함



# 발견 방법: 통과법

외계행성이 그 중심별을 궤도운동하며 중심별의 앞을 지날때 별의 밝기는 약간 감소함.

태양형 별과 목성크기의 외계행성의 경우엔, 밝기 감소가 약 1% 이고, 지구 크기의 행성인 경우에는 밝기 감소가 약 0.03%.

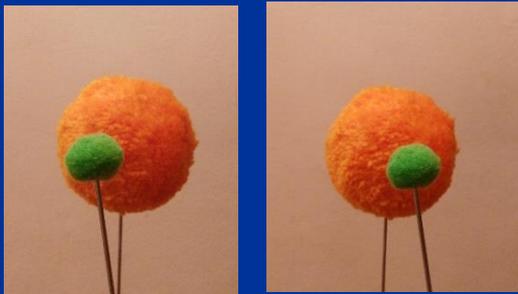


# 활동 14: 통과법 시뮬레이션

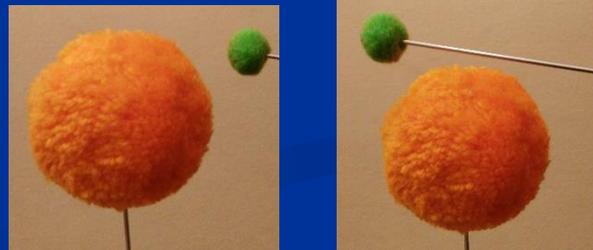
공 두개 사용: 별을 나타내는 큰 것과 외계행성을 나타내는 작은 것.

궤도와 같은 면을 바라보면, 외계행성이 별 앞을 지나갈때 별의 밝기가 감소함을 알 수 있음.

만약 궤도와 같은 면에서 바라보지 않는다면, 아무런 밝기 변화도 볼 수 없음.



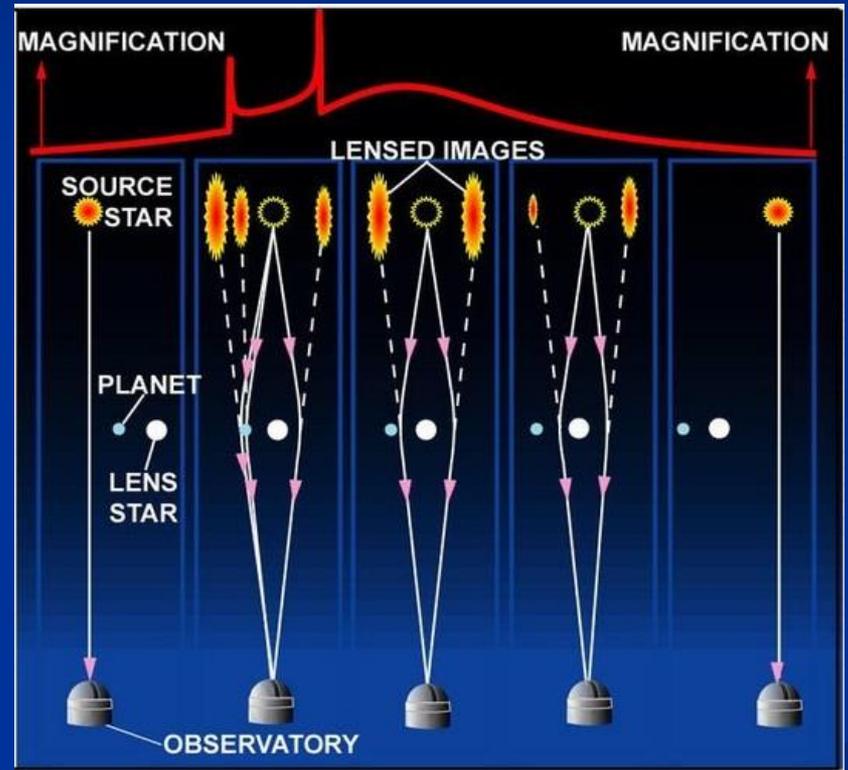
시선방향이 궤도면과 동일



시선방향이 궤도면에서 벗어남

# 발견 방법: 중력 렌즈

행성을 가진 별이 렌즈 역할을 하면서, 배경 광원의 빛의 세기를 더 밝게 한다거나 왜곡시킴.



세 천체가 시선방향으로 정확히 일직선이여야 함  
(지구-외계행성계(렌즈)-광원)

# 활동 15: 중력렌즈의 실험



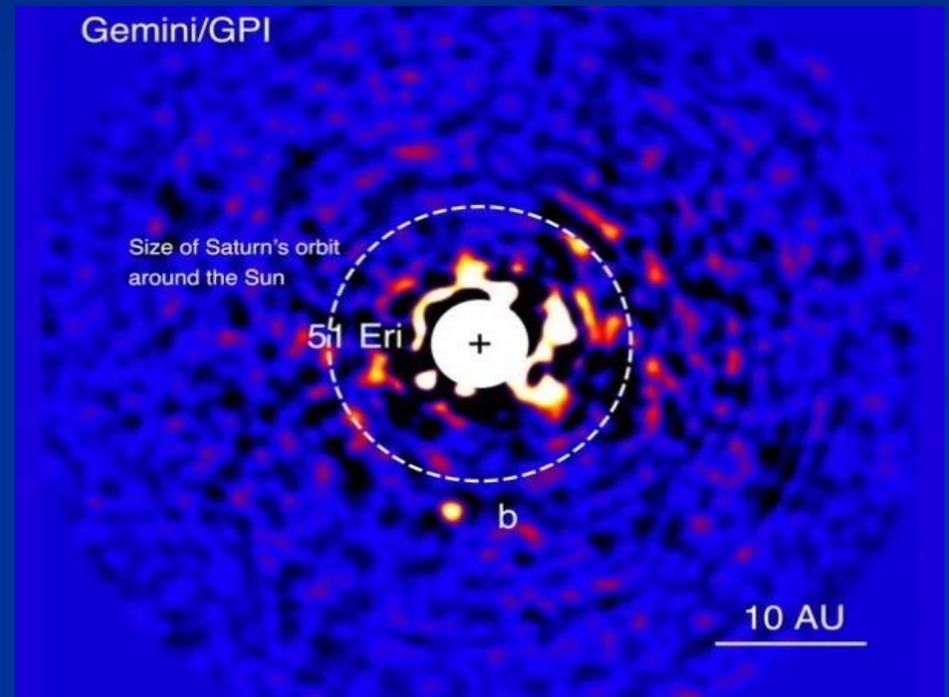
와인잔바닥면  
하나로 증폭된  
것은 중심별에  
의한 것\*



와인잔 바닥면 두개  
증폭된 광원의 빛이 한번 더  
증폭됨.

# 발견 방법: 직접 방법

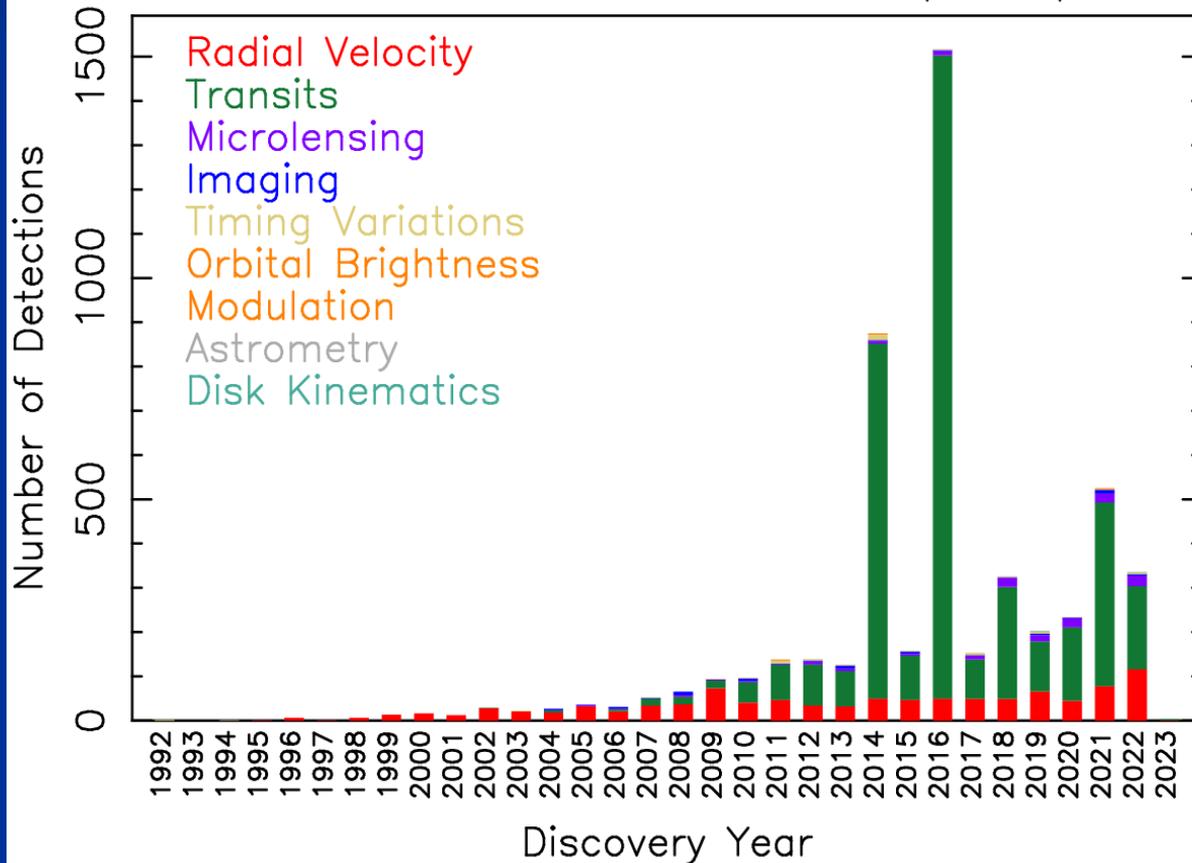
중심별 주위의  
외계행성을  
발견하기 위한  
별의 영상



중심별의 밝은 빛으로, 이러한 영상 얻기가  
쉽지 않음.

## Detections Per Year

26 Jan 2023  
exoplanetarchive.ipac.caltech.edu



2023,  
다양한  
방법으로  
발견한  
외계행성



# 외계 행성계 모형

현재 약 4,000개의 행성계가 발견되었고, 5,300개 이상의 외계 행성과 약 10,000개의 외계 행성 후보에 대한 관측이 이루어졌습니다

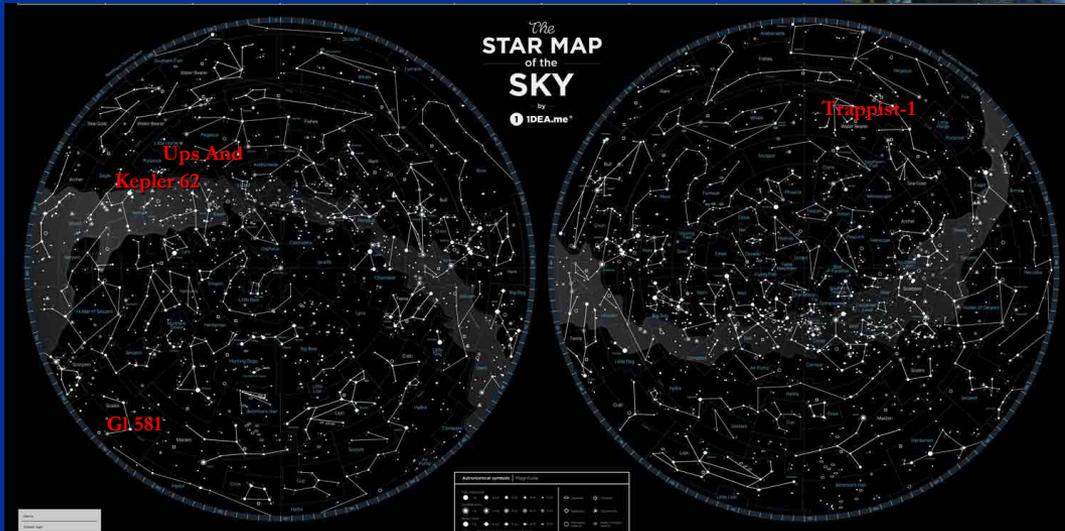
.Jet Propulsion Laboratory (NASA; <http://planetquest.jpl.nasa.gov/>)

목성과 비슷한 질량을 가졌거나 ( $1.9 \times 10^{27}$  kg) 지구와 비슷한 질량을 가짐 ( $5.97 \times 10^{24}$  kg).

기술적 한계 고려



# 활동 16: 외계행성계의 척도 모형



거리 |  $1 \text{ AU} = 1 \text{ m}$   
크기 |  $10000 \text{ km} = 0.5 \text{ cm}$

# 활동 16: 태양계 만듦

| 태양계 | 거리<br>AU | 크기<br>km | 거리 모형 | 크기 모형  |
|-----|----------|----------|-------|--------|
| 수성  | 0.39     | 4879     | 40 cm | 0.2 cm |
| 금성  | 0.72     | 12104    | 70 cm | 0.6 cm |
| 지구  | 1        | 12756    | 1m    | 0.6 cm |
| 화성  | 1.52     | 6794     | 1.5 m | 0.3 cm |
| 목성  | 5.2      | 142984   | 5 m   | 7 cm   |
| 토성  | 9.55     | 120536   | 10 m  | 6 cm   |
| 천왕성 | 19.22    | 51118    | 19 m  | 2.5 cm |
| 해왕성 | 30.11    | 49528    | 30 m  | 2.5 cm |

중심별 태양 G2V, 모형에서 태양의 크기 (직경)은 35 cm

거리 1 AU = 1 m  
 직경 10000 km = 0.5 cm



# 활동 16: 1st 외계행성계를 만들자

| Upsilon Andromedae<br>Titawin | Discovery<br>year | Distance<br>AU | Diameter<br>km | Model<br>Distance | Model<br>Diameter |
|-------------------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| Ups And b/Saffar              | 1996              | 0.059          | 108 000        | 6 cm              | 5.5 cm            |
| Ups And c/Samh                | 1999              | 0.830          | 200 000        | 83 cm             | 10 cm             |
| Ups And d/Majriti             | 1999              | 2.510          | 188 000        | 2.5 m             | 9 cm              |
| Ups And e/Titawin e           | 2010              | 5.240          | 140 000        | 5.2 m             | 7 cm              |

중심별 Upsilon Andromedae F8V is at 44 l.y. in And., 태양의 1.28배이므로 직경 모형은 45 cm

거리 1 AU = 1 m  
직경 10000 km = 0.5 cm



# 활동 16: “지구형” 행성을 만들자

| Gliese 581 | 발견년도 | 궤도반경<br>AU | 직경<br>km | 모형<br>반경 | 모형 직경  |
|------------|------|------------|----------|----------|--------|
| Gl.581 e   | 2009 | 0.030      | 15 200   | 3 cm     | 0.8 cm |
| Gl.581 b   | 2005 | 0.041      | 32 000   | 4 cm     | 1.6 cm |
| Gl.581 c   | 2007 | 0.073      | 22 000   | 7 cm     | 1.1 cm |

천칭자리에 있는 중심별 Gliese 581는 20,5 l.y.거리에 있는 M2,5V 형 별. 직경은 태양의 0.29배, 태양 모형으로는 10cm

거리 1 AU = 1 m  
 직경 10000 km = 0.5 cm



# 활동 16: "생명가능 지구형" 행성을 만들어 보자

| Kepler 62   | 발견년도 | 궤도반경<br>AU | 직경<br>km | 모형 반경  | 모형<br>직경 |
|-------------|------|------------|----------|--------|----------|
| Kepler-62 b | 2013 | 0.056      | 33 600   | 5.6 cm | 1.7 cm   |
| Kepler-62 c | 2013 | 0.093      | 13 600   | 9 cm   | 0.7 cm   |
| Kepler-62 d | 2013 | 0.120      | 48 000   | 12 cm  | 2.4 cm   |
| Kepler-62 e | 2013 | 0.427      | 40 000   | 43 cm  | 2 cm     |
| Kepler-62 f | 2013 | 0.718      | 36 000   | 72 cm  | 1.8 cm   |

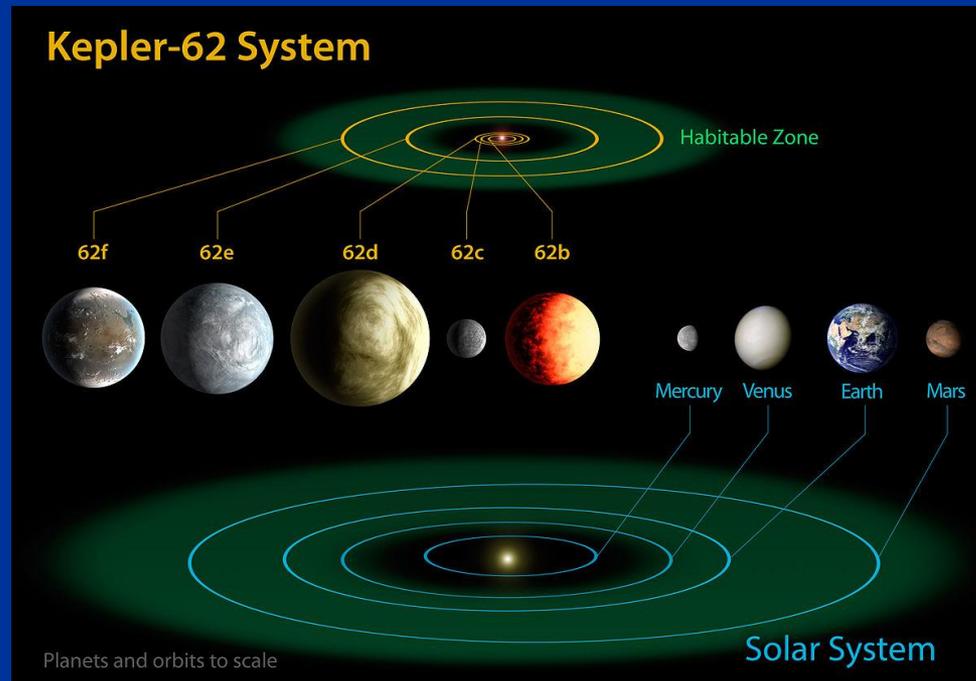
거문고자리의 중심별 Kepler 62 는 1200 1.y. 떨어져 있는 K2V 형 별. 크기는 태양의 0.64배, 태양 모형으로는 22

거리 1 AU = 1 m  
 직경 10000 km = 0.5 cm



# 외계행성에서 생명 가능성

- Kepler-62의 생명가능지대: 외계 행성 두개의 표면에 물이 있을 수 있음. 생명가능 지대 안쪽에 있는 Kepler-62e는 표면을 가열하는 복사를 줄여줄 구름이 있어야 생명 가능성이 있음. Kepler-62f는 반대로 생명가능지대 바깥쪽에 위치함.



# 활동 16: “지구형 행성”을 만들자

| Trappist-1   | 발견년도 | 궤도반경<br>AU | 직경<br>km | 모형 반경  | 모형 직경  |
|--------------|------|------------|----------|--------|--------|
| Trappist-1 b | 2016 | 0.012      | 28 400   | 1.2 cm | 1.4 cm |
| Trappist-1 c | 2016 | 0.016      | 28 000   | 1.6 cm | 1.4 cm |
| Trappist-1 d | 2016 | 0.022      | 20 000   | 2.2 cm | 1.0 cm |
| Trappist-1 e | 2017 | 0.030      | 23 200   | 3.0 cm | 1.2 cm |
| Trappist-1 f | 2017 | 0.039      | 26 800   | 3.9 cm | 1.3 cm |
| Trappist-1 g | 2017 | 0.047      | 29 200   | 4.7 cm | 1.5 cm |
| Trappist-1 h | 2017 | 0.062      | 19 600   | 6.2 cm | 1.0 cm |

물병자리에 있는 중심별 Trappist 1은 40 l.y 거리에 있는

M8V형 별

직경은 태양 크기의 0.1배로 모형으로는 4 cm

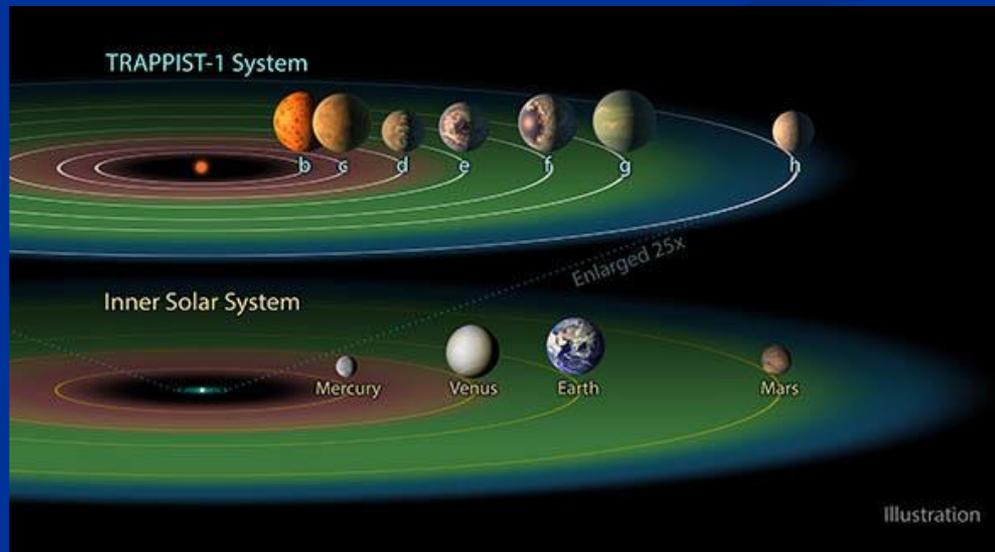
거리 1 AU = 1 m

직경 10000 km = 0.5 cm



# 외계행성의 생명 가능성

■ Trappist-1 시스템은 암석으로 이루어져 있고, 표면에 다량의 얼음이 있을 수 있음, 액체, 기체상태 혹은 얼음 표면으로 이루어져 있을 수 있음. Trappist 1의 생명가능지대에 있는 Trappist-1e은 지구와 비슷하게 높은 밀도의 핵을 가진 것으로 보이며 이 시스템의 모든 행성중에, 가장 지구와 비슷하며, 자기장에 의해 보호되고 있을 것임.



# 결론

- 좀더 "구체적인" 행성에 대한 지식
- 크기 (혹은 차원)을 잘 이해할 수 있는 "변수"의 관계를 만들어 봄
- 태양계는 "비어 있다"
- 외계행성의 소개. 발견 방법 설명



감사합니다!

