

# Gezegener ve ötegezegener

Rosa M. Ros, Hans Deeg, Ricardo Moreno

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



# Hedefler

- Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerin veri tablolarında bulunan sayısal değerlerin anlamını kavrama
- Güneş Sistemi dışındaki gezegen sistemlerinin temel özelliklerini kavrama



# Güneş Sistemi

Sadece sanatsal değil  
bilgi veren modeller  
arıyoruz.











# İçeriğe göre

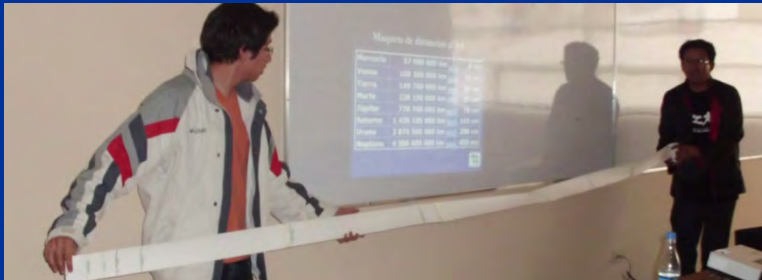
Bilimsel içerikli ve bazı somut noktaları gösteren modeller istiyoruz.





# Etkinlik 1: Güneş Uzaklıklar

<b>Mercury</b>	<b>57 900 000 km</b>		<b>6 cm</b>	<b>0.4 AU</b>
<b>Venus</b>	<b>108 300 000 km</b>		<b>11 cm</b>	<b>0.7 AU</b>
<b>Earth</b>	<b>149 700 000 km</b>		<b>15 cm</b>	<b>1.0 AU</b>
<b>Mars</b>	<b>228 100 000 km</b>		<b>23 cm</b>	<b>1.5 AU</b>
<b>Jupiter</b>	<b>778 700 000 km</b>		<b>78 cm</b>	<b>5.2 AU</b>
<b>Saturn</b>	<b>1 430 100 000 km</b>		<b>143 cm</b>	<b>9.6 AU</b>
<b>Uranus</b>	<b>2 876 500 000 km</b>		<b>288 cm</b>	<b>19.2 AU</b>
<b>Neptune</b>	<b>4 506 600 000 km</b>		<b>450 cm</b>	<b>30.1 AU</b>



## 2. Etkinlik: apların Modeli

<b>Sun</b>	<b>1 392 000 km</b>		<b>139.0 cm</b>
<b>Mercury</b>	<b>4 878 km</b>		<b>0.5 cm</b>
<b>Venus</b>	<b>12 180 km</b>		<b>1.2 cm</b>
<b>Earth</b>	<b>12 756 km</b>		<b>1.3 cm</b>
<b>Mars</b>	<b>6 760 km</b>		<b>0.7 cm</b>
<b>Jupiter</b>	<b>142 800 km</b>		<b>14.3 cm</b>
<b>Saturn</b>	<b>120 000 km</b>		<b>12.0 cm</b>
<b>Uranus</b>	<b>50 000 km</b>		<b>5.0 cm</b>
<b>Neptune</b>	<b>45 000 km</b>		<b>4.5 cm</b>

## 2. Etkinlik: apların Modeli



Ölçeklenecek gezegenlerin  
aplarını gösteren tişört



# Etkinlik 3: aplar ve Gneş'ten uzaklıklar

Sun	1 392 000 km			25.0 cm	
Mercury	4 878 km	57 900 000 km		0.1 cm	10 m
Venus	12 180 km	108 300 000 km		0.2 cm	19 m
Earth	12 756 km	149 700 000 km		0.2 cm	27 m
Mars	6 760 km	228 100 000 km		0.1 cm	41 m
Jupiter	142 800 km	778 700 000 km		2.5 cm	140 m
Saturn	120 000 km	1 430 100 000 km		2.0 cm	250 m
Uranus	50 000 km	2 876 500 000 km		1.0 cm	500 m
Neptune	45 000 km	4 506 600 000 km		1.0 cm	800 m

Genellikle bir okul bahesi sadece Mars'a ulařır

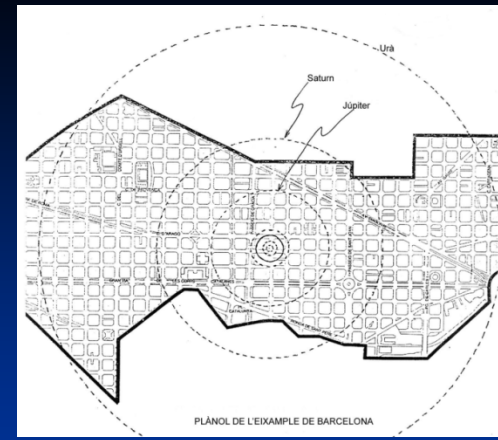




# Etkinlik 3: Oyun alanındaki apların ve mesafelerin modeli ...



# Etkinlik 4: Şehirde model (*Barcelona*)



<b>Güneş</b>	<b>Çamaşır makinesi</b>	<i>Puerta Instituto</i>
<b>Mercury</b>	<b>havyar yumurtası</b>	<i>Puerta Hotel Diplomatic</i>
<b>Venus</b>	<b>Bezelye</b>	<i>Pasaje Méndez Vigo</i>
<b>Earth</b>	<b>Bezelye</b>	<i>Entre Méndez Vigo y Bruc</i>
<b>Mars</b>	<b>Biber tanesi</b>	<i>Paseo de Gracia</i>
<b>Jupiter</b>	<b>Portakal</b>	<i>Calle Balmes</i>
<b>Saturn</b>	<b>Mandalina</b>	<i>Pasaje Valeri Serra</i>
<b>Uranus</b>	<b>kestane</b>	<i>Calle Entenza</i>
<b>Neptune</b>	<b>kestane</b>	<i>Estación de San</i>



# Metz şehrindeki model (France)



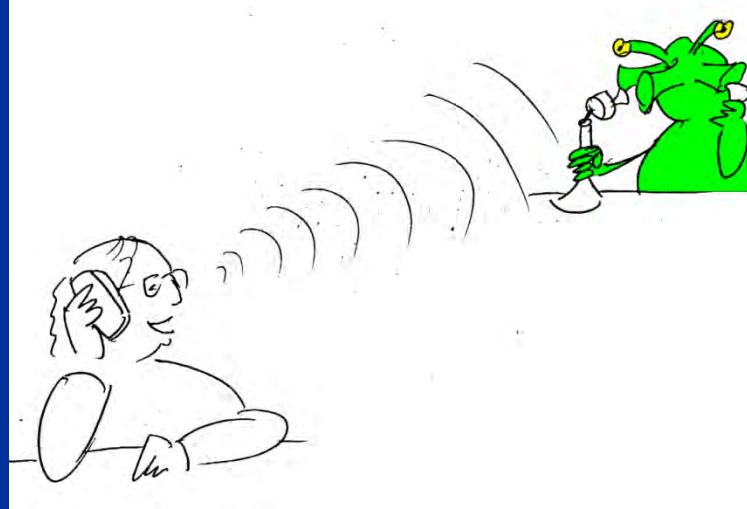
## Etkinlik 5: Zaman modeli

■  $c = 300\,000 \text{ km/s}$

Işığın Dünya'dan Ay'a gitme süresi:


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

Gezegener arası  
bir konuşma nasıl  
olur  
“video” ile mi?

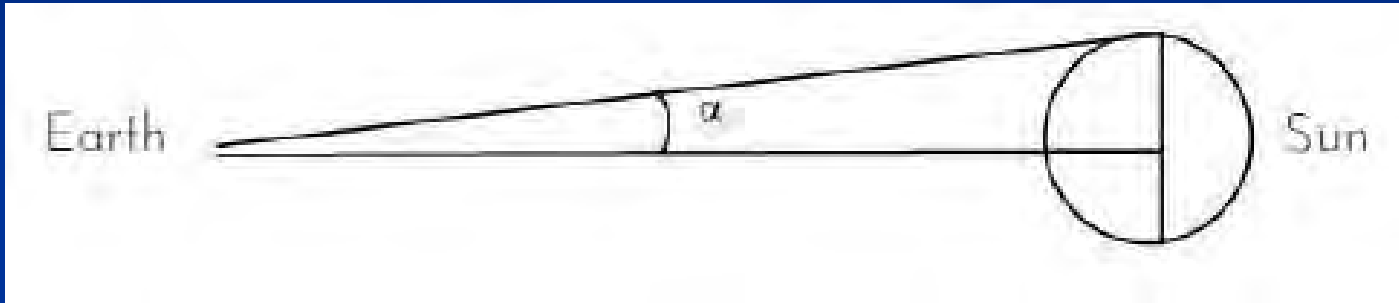




# Güneş ışığının ulaşmak için alacağı yol

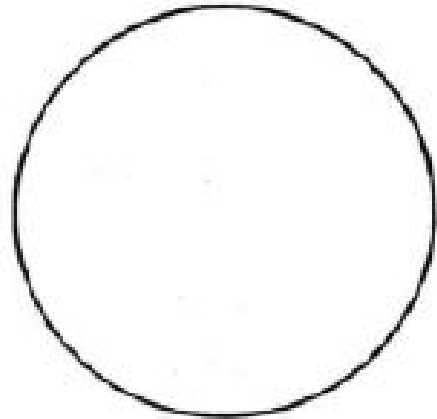
<b>Mercury</b>	<b>57 900 000 km</b>		<b>3.3 minutes</b>
<b>Venus</b>	<b>108 300 000 km</b>		<b>6.0 minutes</b>
<b>Earth</b>	<b>149 700 000 km</b>		<b>8.3 minutes</b>
<b>Mars</b>	<b>228 100 000 km</b>		<b>12.7 minutes</b>
<b>Jupiter</b>	<b>778 700 000 km</b>		<b>43.2 minutes</b>
<b>Saturn</b>	<b>1 430 100 000 km</b>		<b>1.32 hours</b>
<b>Uranus</b>	<b>2 876 500 000 km</b>		<b>2.66 hours</b>
<b>Neptune</b>	<b>4 506 600 000 km</b>		<b>4.16 hours</b>

# Etkinlik 6: Gezegenlerden Görülen Güneş



- $\alpha = \tan \alpha = \text{Güneş yarıçap} / \text{güneşe uzaklık}$   
 $= 700\ 000 / 150\ 000\ 000 = 0.0045 \text{ radian} = 0.255^\circ$   
Dünya'dan, Güneş ölçer  $2\ \alpha = 0.51^\circ$

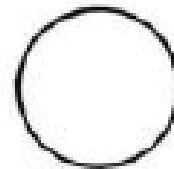
# Etkinlik 6: Gezegenlerden Görülen Güneş



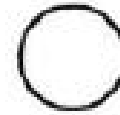
From Mercury



From Venus



From Earth



From Mars



From Jupiter



From Saturn



From Uranus



From Neptune

# Etkinlik 7: Yoğunluk modeli

Güneş	1.41 g/cm <sup>3</sup>	➡	Kükürt (1.1-2.2)
Mercury	5.41 g/cm <sup>3</sup>	➡	Pyrite (5.2)
Venus	5.25 g/cm <sup>3</sup>	➡	Pyrite (5.2)
Earth	5.52 g/cm <sup>3</sup>	➡	Pyrite (5.2)
Mars	3.90 g/cm <sup>3</sup>	➡	Blende (4.0)
Jupiter	1.33 g/cm <sup>3</sup>	➡	Kükürt (1.1-2.2)
Saturn	0.71 g/cm <sup>3</sup>	➡	Çam ağacı(0.55)
Uranus	1.30 g/cm <sup>3</sup>	➡	Kükürt (1.1-2.2)
Neptune	1.70 g/cm <sup>3</sup>	➡	Kil (1.8-2.5)





# Etkinlik 8: Düzleştirme Modeli

- 35 x 1 cm'lik karton şeritleri kesin.
- Bunları 50 cm uzunluğunda ve 1 cm çapında silindirik bir çubuğa takın. Çubuk boyunca hareket edebilmesi için alt ucu gevşek bırakın.
- Çubuğu elleriniz arasında bir yönde ve diğerinde hızlı dönüşlerle döndürün. Merkezkaç kuvveti, gezegenler deforme olurken karton bantları deforme eder.



# Etkinlik 8: Düzleştirme

Planets	(ekvator yarıçapı-kutup yarıçapı)/ ekvator yarıçapı
Mercury	0.0
Venus	0.0
Earth	0.0034
Mars	0.005
Jupiter	0.064
Saturn	0.108
Uranus	0.03
Neptune	0.03



# Etkinlik 9: Yörünge Dönemleri modeli

- Bir ipin bir ucuna bir somun takın ve ipi zıt yönde tutun.
- Halatı başınızın üzerinden çevirin. Daha fazla ip bıraktığınızda, bir yörünge periyodunu tamamlamak daha uzun sürer.
- İpin bir kısmını çıkarırsanız, daha az zaman alır



# Etkinlik 9: Dünya yörünge verileri

Ortalama yörünge hızı  $v = 2\pi R / T$

Dünya için

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

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

(Güneş'in galaktik merkez etrafındaki ortalama yörünge hızı 220 km/s veya 800.000 km/s'dir.)





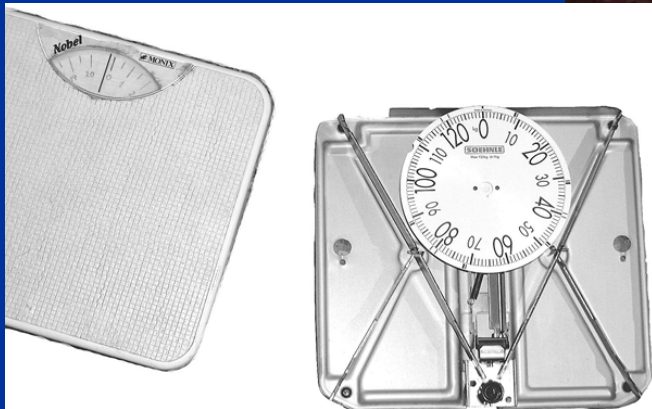
# Etkinlik 9: Yörünge verileri

Planet	Yörünge periyodu (gün)	Güneş Uzaklık (km)	Yörünge ortalama hızı (km/s)	Yörünge ortalama hızı (km/h)
Mercury	87.97	$57.9 \times 10^6$	47.90	172 440
Venus	224.70	$108.3 \times 10^6$	35.02	126 072
Earth	365.26	$149.7 \times 10^6$	29.78	107 208
Mars	686.97	$228.1 \times 10^6$	24.08	86 688
Jupiter	4331.57	$778.7 \times 10^6$	13.07	47 052
Saturn	10759.22	$1 430.1 \times 10^6$	9.69	34 884
Uranus	30.799.10	$2 876.5 \times 10^6$	6.81	24 876
Neptune	60190.00	$4 506.6 \times 10^6$	5.43	19 558












# Etkinlik 10: Yüzey yerçekimi ivmelerinin modeli

- Yüzey yerçekimi,  $F = G M m / d^2$ , ile  $m = 1$ ,  $d = R$ . Böylece  $g = G M / R^2$ , nerede  $M = 4/3 \pi R^3 \rho$
- deęiştirme:  $g = 4/3 \pi G R \rho$



# Etkinlik 10: Yüzey yerçekimi ivmeleri

Planets	Ekvator Yarıçap	Yoğunluk		Calc. acc.	Gerçek hızlanma	
Mercury	2 439 km	5.4 g/cm <sup>3</sup>		0.378	3.70 m/s <sup>2</sup>	0.37
Venus	6 052 km	5.3 g/cm <sup>3</sup>		0.894	8.87 m/s <sup>2</sup>	0.86
Earth	6 378 km	5.5 g/cm <sup>3</sup>		1.000	9.80 m/s <sup>2</sup>	1.00
Mars	3 397 km	3.9 g/cm <sup>3</sup>		0.379	3.71 m/s <sup>2</sup>	0.38
Jupiter	71 492 km	1.3 g/cm <sup>3</sup>		2.540	23.12 m/s <sup>2</sup>	2.36
Saturn	60 268 km	0.7 g/cm <sup>3</sup>		1.070	8.96 m/s <sup>2</sup>	0.91
Uranus	25 559 km	1.2 g/cm <sup>3</sup>		0.800	8.69 m/s <sup>2</sup>	0.88
Neptune	25 269 km	1.7 g/cm <sup>3</sup>		1.200	11.00 m/s <sup>2</sup>	1.12
Moon					1.62 m/s <sup>2</sup>	0.16

# Etkinlik 11: "Darbe kraterleri" modeli

- Karmaşayı önlemek için zemini gazetelerle örtün.
- Yüzeyi çok pürüzsüz hale getirmek için sığ bir kutuya 1 veya 2 cm'lik bir un tabakası koyun.
- Süzgeç ile unun üzerine birkaç milimetre kakao tozu serpin.
- Yaklaşık 2 m yükseklikten, çarpma kraterleri gibi izler oluşturmak için bir yemek kaşığı kakao tozu damlatın.
- Kullanılmış un yeni bir deney için geri dönüştürülebilir





# Etkinlik 12: Kaçış hızı

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

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






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

kaçış hızı sonuçları:

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

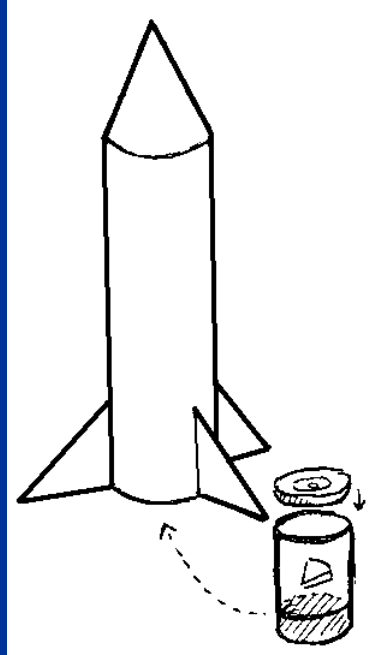


# Etkinlik 12: Kaçış hızı

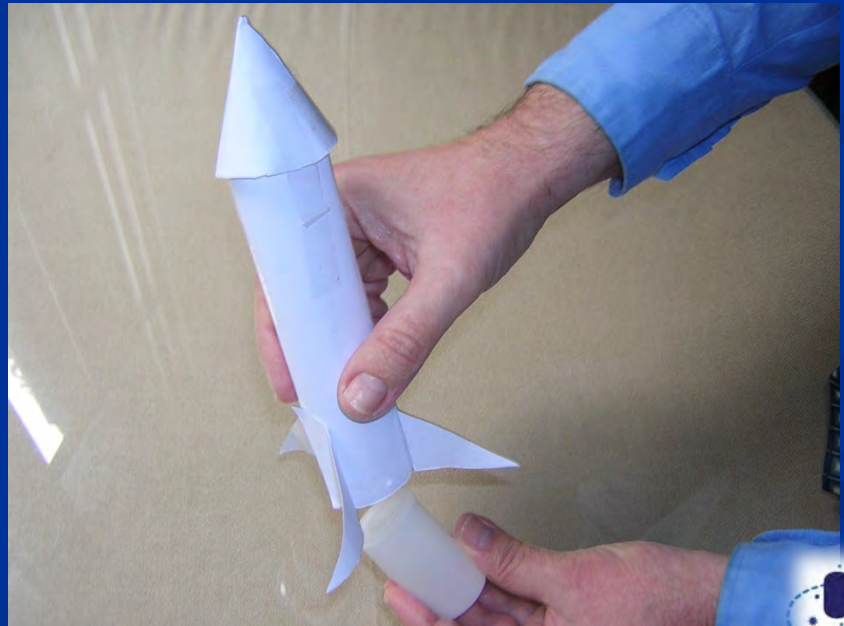
Planets	Ekvator Yarıçap	$g_{\text{Planet}}/g_{\text{Earth}}$		Kaçış Hızı
Mercury	2 439 km	0.378		4.3 km/s
Venus	6 052 km	0.894		10.3 km/s
Earth	6 378 km	1.000		11.2 km/s
Mars	3 397 km	0.379		5.0 km/s
Jupiter	71 492 km	2.540		59.5 km/s
Saturn	60 268 km	1.070		35.6 km/s
Uranus	25 559 km	0.800		21.2 km/s
Neptune	25 269 km	1.200		23.6 km/s

# Etkinlik 12: Roket fırlatma

- Karton
- Film kabı
- $\frac{1}{4}$  Efervesan tabletler









# Güneş dışı gezegen sistemleri



1995 yılında Michael Mayor ve Didier Queloz,  
51 Pegasi yörüngesinde dönen bir ötegezegenin  
tespit edildiğini duyurdular.



Bir ötegezegenin ilk  
görüntüsü 2003 16  
Mart

2M1207b doğrudan görüntülendi(ESO)



# Teknolojiye bağımlıyız



Galilei, Satürn'ü teleskopuyla ilk kez 1610'da gözlemledi. Güzel bir yüzük görmedi ama onu üç gövdeli bir yıldız olarak yorumladı. Halkayı çözmek için Huygens'i (1659) daha iyi bir teleskopla beklemeniz gerekiyordu. Bu nedenle Rubens (1636-1638) tablosu, Galilei'nin keşfine göre Satürn'ü üç cisimle simgelemektedir.



# Ötegezegenler için

Sistemde bulunan ilk gezegen için "b" ile başlayan merkez yıldızın adından sonra bir harf yerleştirilir.(örn. 51 Pegasi b).

Bir sonraki gezegen, c, d, e, f, vb. alfabenin bir sonraki harfiyle adlandırılır.(51 Pegasi c, 51 Pegasi d, 51 Pegasi e or 51 Pegasi f).





# Dış gezegen algılama yöntemleri

Birçok yöntem kullanılır:

Radyal Hız ve Doppler Etkisi

Transit Yöntemi

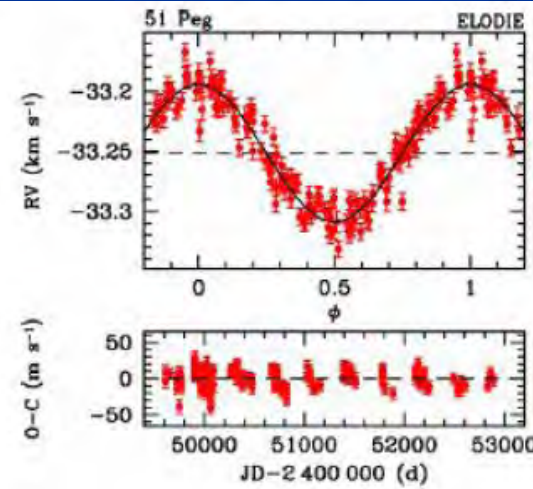
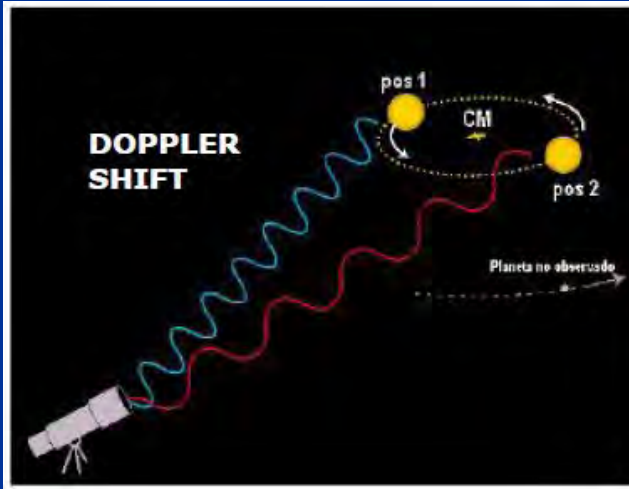
mikro merceklenme

Diğerleri



# Algılama Yöntemi: Radyal Hız

Gezegeenin ve yıldız sisteminin bariyeri etrafında dönerken yıldızın radyal hızının değişimi Doppler Etkisi kullanılarak ölçülür. İlk ötegezegen 51 Pegasus b bu yöntemle tespit edildi.

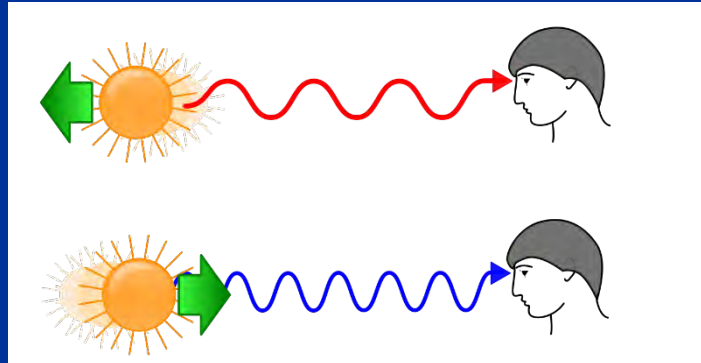


# Etkinlik 13: Doppler Etkisi

Doppler etkisi, kaynak hareket halindeyken ışığın dalga boyunun değişmesidir.

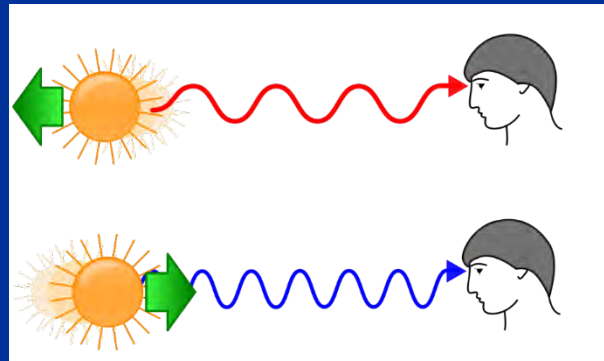
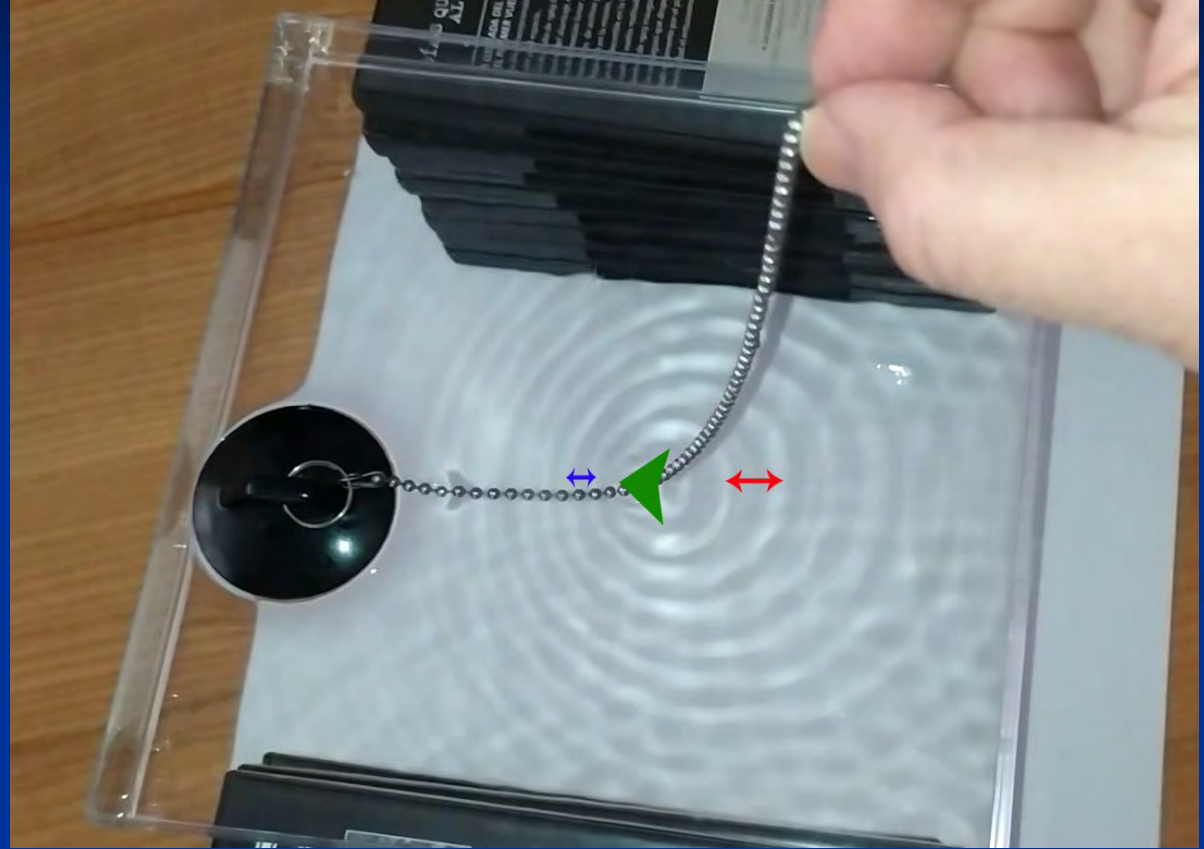
Kaynak yaklaştığında dalga boyu kısalır ve gözlenen ışık görünür spektrumun mavi kısmına kayar.

Uzaklaştığında dalga boyu uzar ve gözlenen ışık görünür spektrumun kırmızı kısmına kayar.



# Etkinlik 13: Doppler Etkisi

Bir kova su,  
zincirli kapak ve  
seyyar flaş ile  
çoğaltılarak  
çoğaltılmıştır.

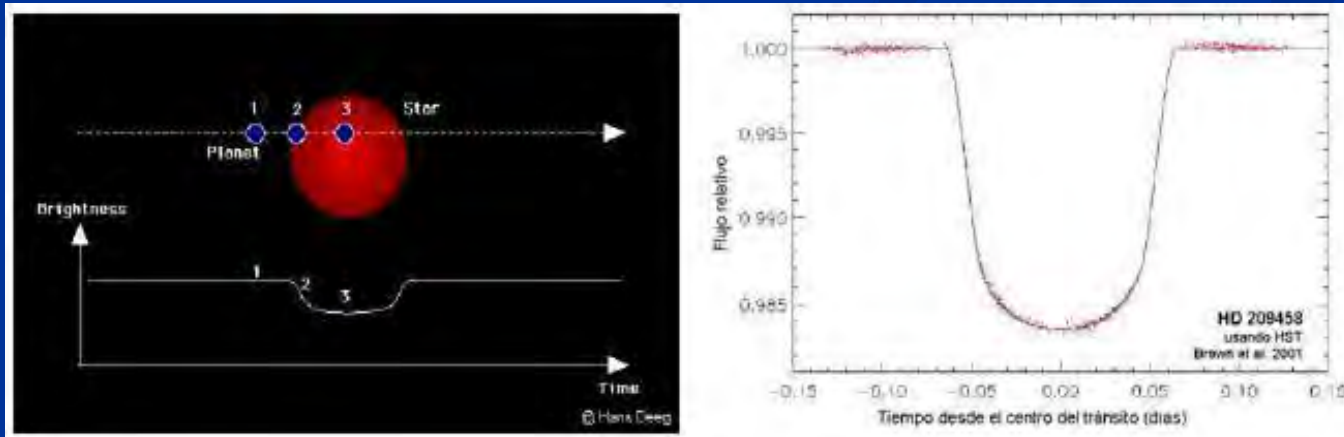




# Algılama Yöntemi: Geçişler

Bir dış gezegenin geçişi sırasında, yıldızın parlaklığı küçük bir azalmaya uğrar.

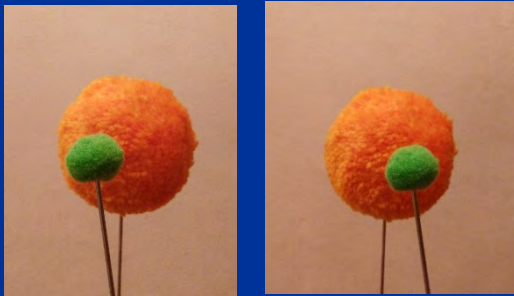
Güneş tipi yıldızlar ve Jüpiter büyüklüğündeki gezegenler için parlaklık düşüşü yaklaşık% 1, Dünya büyüklüğündeki gezegenlerde ise azalma% 0,03 civarındadır.



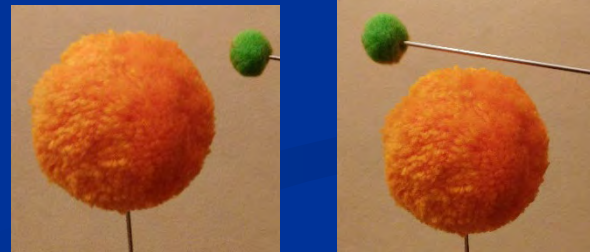
# Etkinlik 14: Toplu taşıma simülasyonu

İki top kullanarak: biri yıldız için büyük, diğeri yıldızın yörüngesindeki ötegezegen için küçük.

Gözlemci yörüngenin aynı düzleminde ve o yerden gözlem yaparken, ötegezegenin yıldızın önünden geçtiğini ve yıldızın parlaklığının azaldığını göreceksiniz. Ancak gözlemci aynı yörünge düzleminde değilse, parlaklık eğrisinde herhangi bir değişiklik gözlemlenmeyecektir.



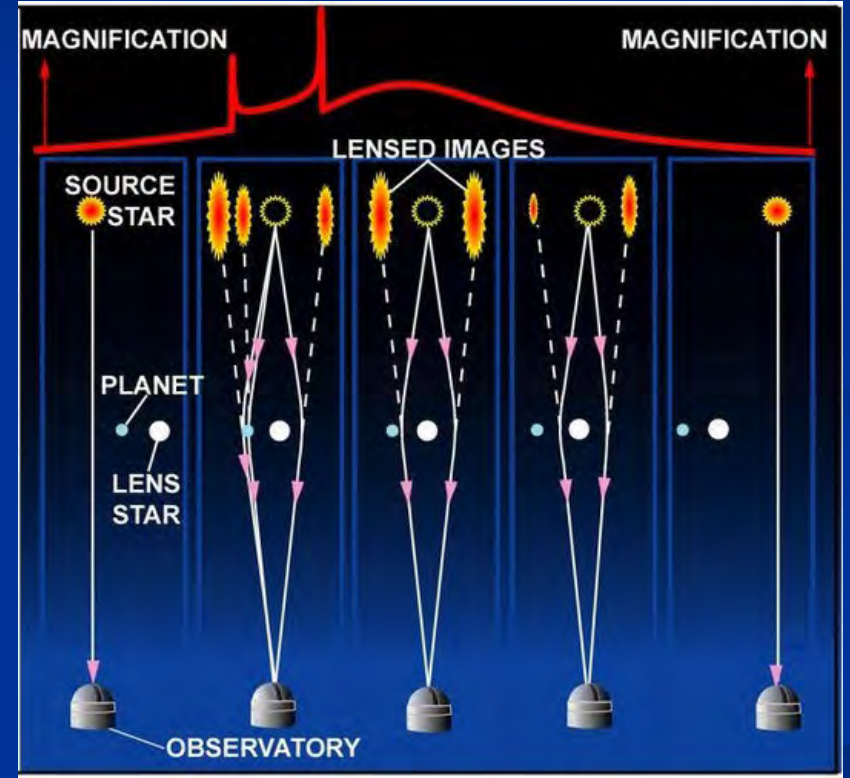
Yörünge düzleminde gözlemci



Gözlemci yörünge düzleminin dışında

# Algılama Yöntemi: Mikro Lensleme

Sistemin yerçekimi merceğini oluşturan bir yıldız veya nesne ile hizalanması nedeniyle yıldız-dış gezegen sistemini vurgulayan bir genişleme veya bozulma var.



Üç cisim (dünya, nesne-mercek ve yıldız-ötegezegen) arasında tam bir görsel hizalama olmalıdır.

# Etkinlik 15: Mikro lenslerin simülasyonu



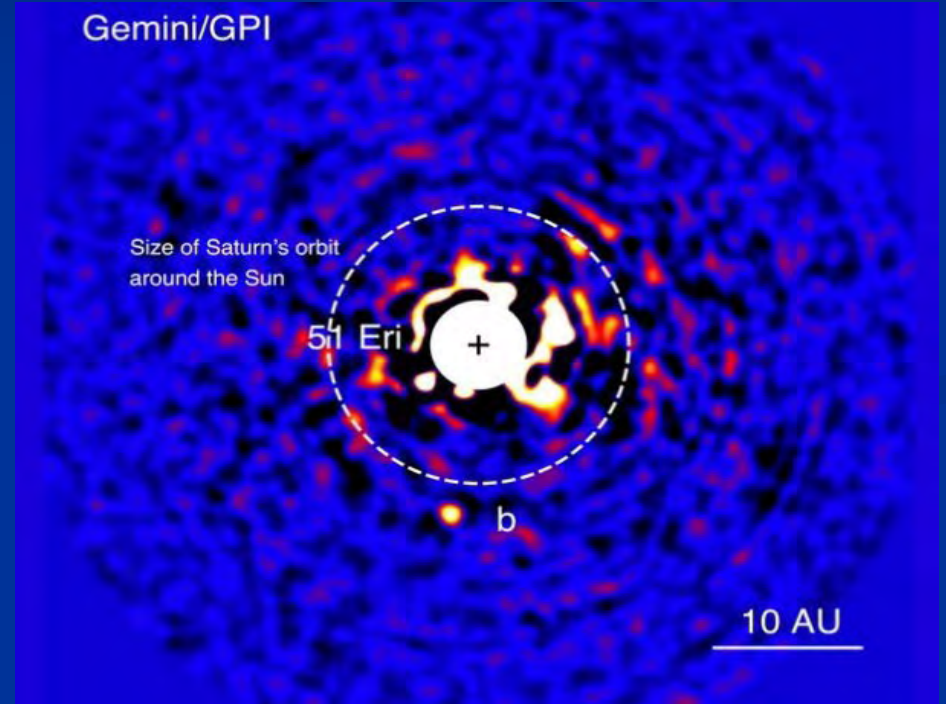
Sadece bir kadeh şarap bardağı ayağı ile hiçbir şey görülmez.

Bir çift şarap kadehi ayağı ile  
Sonra birini diğerinin üzerinden geçiririz  
ve bir nokta ortaya çıkar ve sonra  
iki.

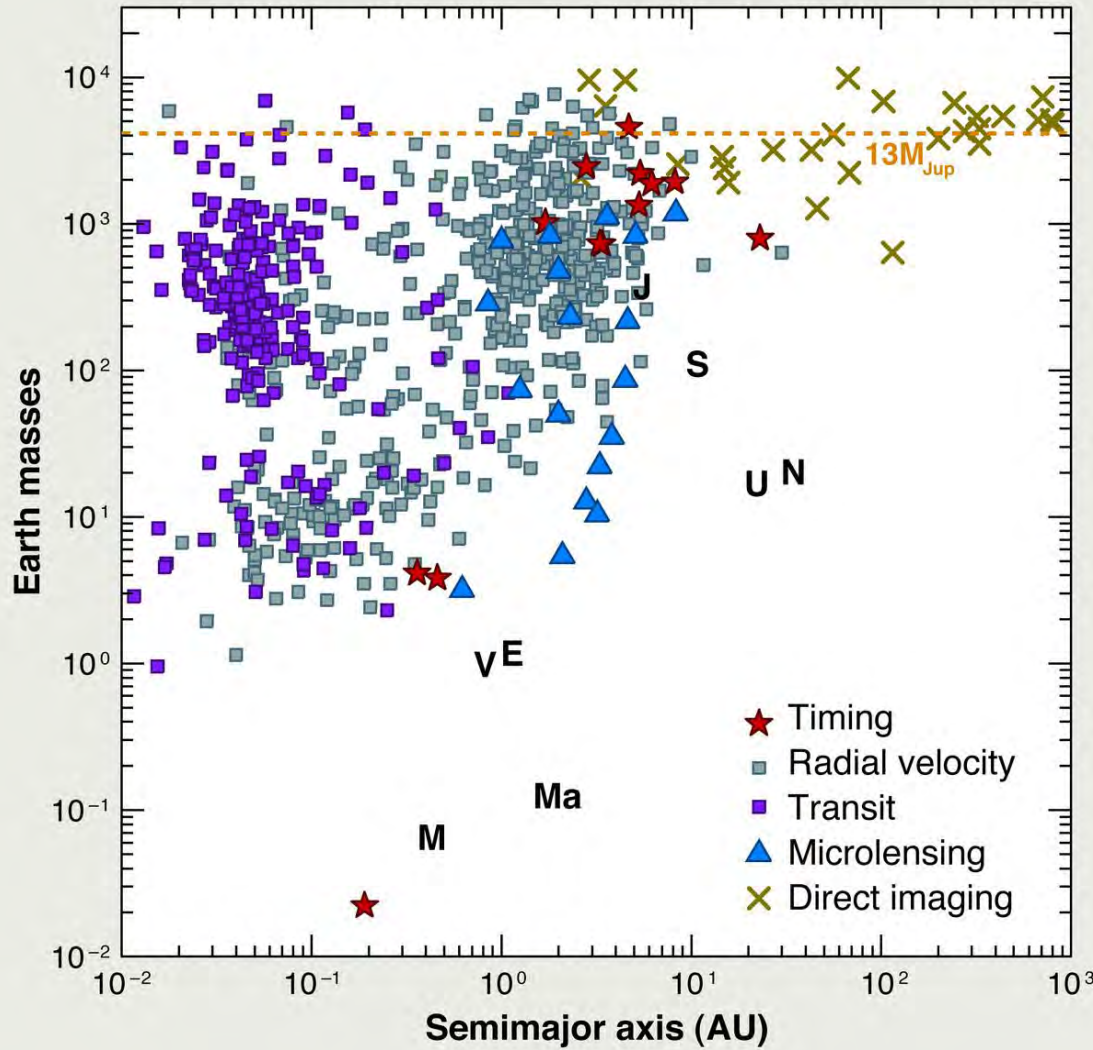


# Algılama Yöntemi: Doğrudan

Yıldızın görüntüsü,  
etrafındaki  
ötegezegenleri  
belirlemek için  
incelenir.



Yıldızın yaydığı ışık miktarı nedeniyle  
uygulaması kolay değildir.



Farklı  
algılama  
yöntemlerine  
göre 2013  
bilinen  
ötegezegenle

r



# ötegezegen sistemlerinin modelleri

Onaylanmış 2000'den fazla ötegezegen sistemi ve birkaç bin aday ötegezegen var.

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

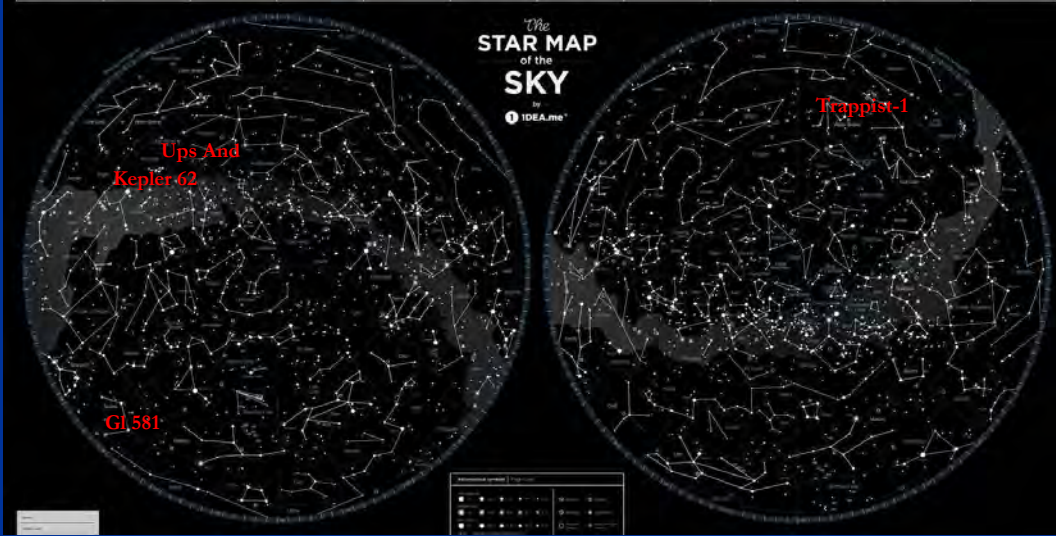
Kütleler Jüpiter ( $1,9 \times 10^{27}$  kg) veya Dünya ( $5,97 \times 10^{24}$  kg) ile karşılaştırılır.



Teknolojik sınırlar bunun nedenidir.



# Etkinlik 16: Dış gezegen sistemlerinin ölçekli modelleri



Mesafe 1 AU = 1 m  
Çap 10000 km = 0,5 cm



# Etkinlik 16: Güneş Sistemi İnşa Et:

Solar System	Mesafe AU	Çap km	Model Mesafesi	Model çapı
Mercury	0.39	4879	40 cm	0.2 cm
Venus	0.72	12104	70 cm	0.6 cm
Earth	1	12756	1m	0.6 cm
Mars	1.52	6794	1.5 m	0.3 cm
Jupiter	5.2	142984	5 m	7 cm
Saturn	9.55	120536	10 m	6 cm
Uranus	19.22	51118	19 m	2.5 cm
Neptun	30.11	49528	30 m	2.5 cm

Host Star Sun G2V, Modeldeki Güneşin Çapı 35 cm'dir.

Mesafe 1 AU = 1 m  
Çap 10000 km = 0,5 cm



# Etkinlik 16: 1. dış gezegen sistemini inşa edin:

Upsilon Andromedae Titawin	Discovery year	Distance AU	Diameter km	Model Distance	Model 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

Ev sahibi Star Upsilon Andromedae F8V, 44 l.y'de. And.'de,  
Modeldeki Güneşin Çapı 1.28 cm'dir.

**Distance 1 AU = 1 m**

**Diameter 10000 km = 0.5 cm**



# Etkinlik 16: “Karasal” gezegenler inşa edin

Gliese 581	Discovery year	Distance AU	Diameter km	Model Distance	Model Diameter
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

Ev sahibi yıldız Gliese 581 M2,5V, 20,5 l.y. Terazî burcunda, Modeldeki Güneşin Çapı 0,29 cm'dir.

**Distance 1 AU = 1 m**

**Diameter 10000 km = 0.5 cm**



# Etkinlik 16: "Yaşanabilir karasal" gezegenler inşa edin

Kepler 62	Discovery year	Distance AU	Diameter km	Model Distance	Model Diameter
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

Ev sahibi yıldız Kepler 62 K2V 1200 l.y'de. Lyr'de,  
Modeldeki Güneş'in 0.64 Çapı 22 cm'dir.

Distance 1 AU = 1 m

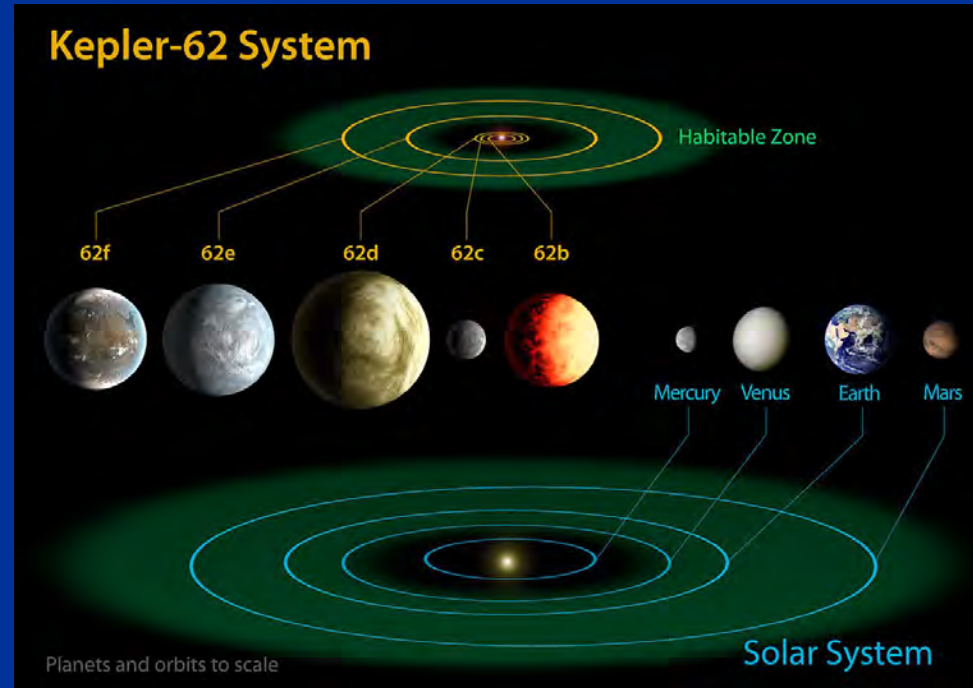
Diameter 10000 km = 0.5 cm





# Dış gezegenlerin olası yaşanabilirliği

- Kepler-62'nin yaşanabilir bölgesinde: iki ötegezegenin yüzeylerinde sıvı su olabilir. Yaşanabilir bölgenin iç kısmına yakın olan Kepler-62e için bu, yüzeyi ısıtan radyasyonu azaltan yansıtıcı bulutların kapsanmasını gerektirecektir. Kepler-62f ise yaşanabilir bölgenin dış bölgesinde yer alıyor.



# Faaliyet 16: “Yaşanabilir karasal” plan oluşturun

Trappist-1	Discovery year	Distance AU	Diameter km	Model Distance	Model Diameter
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

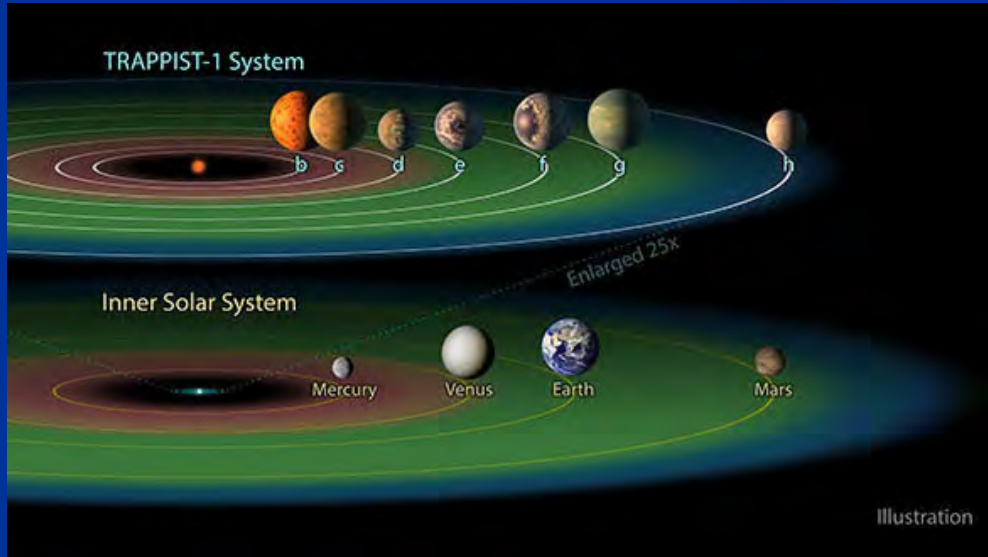
Sunucu yıldız Trappist 1 M8V, 40 l.y.'de.  
Acuarius'ta, Modeldeki Güneşin 0.1 Çapı 4 cm'dir.

**Distance 1 AU = 1 m**  
**Diameter 10000 km = 0.5 cm**



# Dış gezegenlerin olası yaşanabilirliği

■ Trappist-1 sisteminde kayalıktır ve yüzeyinde sıvı, buhar şeklinde veya buz kabuğu şeklinde büyük miktarlarda su olabilir. Trappist 1'in yaşanabilir bölgesinde, yoğun bir çekirdeğe sahip gibi görünen, Dünya ile karşılaştırılabilir gibi görünen Trappist-1e bulunur; bu, bu sistemdeki tüm gezegenlerin, bu, Dünya'ya en çok benzeyen ve muhtemelen koruyucu bir manyetosphereye sahip olduğunu gösterir. .



# Sonuçlar

- Bilgi gezegenlerin daha "somut"udur
- İlişkiler, boyutların daha iyi anlaşılmasını sağlayan "parametreler" oluşturur
- Güneş sistemi "boş" Dış gezegenlerin tanıtımı.
- Tespit yöntemlerini tanır.





İlginiz için teşekkür  
ederim!

