سیارات و فراخورشیدی ها

Rosa M. Ros, Hans Deeg

International Astronomical Union
Universidad Politécnica de Cataluña, España
Instituto de Astrofísica de Canarias, España

اهداف

- فراگیری مفهوم مقادیر عددی یافت شده در جدول های اطلاعاتی سیارات سامانه خورشیدی
- فراگیری ویژگی های اصلی منظومه های سیاره ای فراخورشیدی

سامانه خورشیدی

ما به دنبال الگو هایی هستیم که اطلاعاتی را در اختیار بگذارند، نه تنها کارهای هنری و کاردستی.

بر اساس محتوا

ما الگوهایی با محتوای علمی می خواهیم و آنهایی که

نکاتی واقعی را نمایش میدهند

فعالیت ۱: الگویی از فاصله ها تا خورشید

تیر	57 900 000 km		6 cm	0.4 AU
ناهید	108 300 000 km		11 cm	0.7 AU
زمین	149 700 000 km		15 cm	1.0 AU
بهرام	228 100 000 km		23 cm	1.5 AU
برجیس	778 700 000 km		78 cm	5.2 AU
کیوان	1 430 100 000 km		143 cm	9.6 AU
اورانوس	2 876 500 000 km		288 cm	19.2 AU
نپتون	4 506 600 000 km		450 cm	30.1 AU

فعالیت ۲: الگوی قطرها

خورشید	1 392 000 km	⇒	139.0 cm
تیر	4 878 km	⇒	0.5 cm
ناهید	12 180 km	⇒	1.2 cm
زمین	12 756 km	⇒	1.3 cm
بهرام	6 760 km	⇒	0.7 cm
برجیس	142 800 km	⇒	14.3 cm
کیوان	120 000 km	⇒	12.0 cm
اورانوس	50 000 km	⇒	5.0 cm
نپتون	45 000 km	⇒	4.5 cm

فعالیت ۲: مدل قطر ها

تیشرت براساس قطر سیارات براساس مقیاس

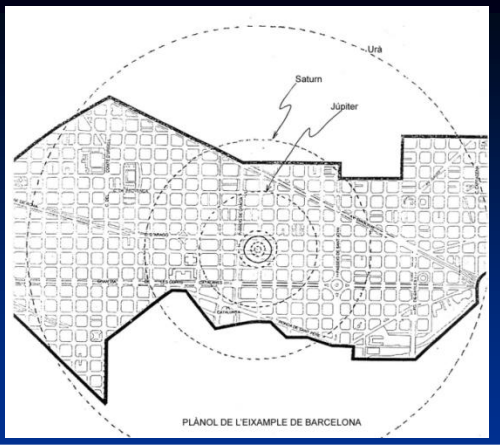
فعالیت ۳: قطرها و فاصله ها تا خورشید

خورشید	1 392 000 km			25.0cm	
تیر	4 878 km	57 900 000 km		0.1cm	10 m
ناهید	12 180 km	108 300 000 km		0.2 cm	19 m
زمین	12 756 km	149 700 000 km		0.2 cm	27 m
بهرام	6 760 km	228 100 000 km		0.1 cm	41 m
برجیس	142 800 km	778 700 000 km		2.5 cm	140 m
کیوان	120 000 km	1 430 100 000 km		2.0 cm	250 m
اورانوس	50 000 km	2 876 500 000 km		1.0 cm	500 m
نپتون	45 000 km	4 506 600 000 km		1.0 cm	800 m

معمولاً حیاط مدرسه تنها به مریخ میرسد

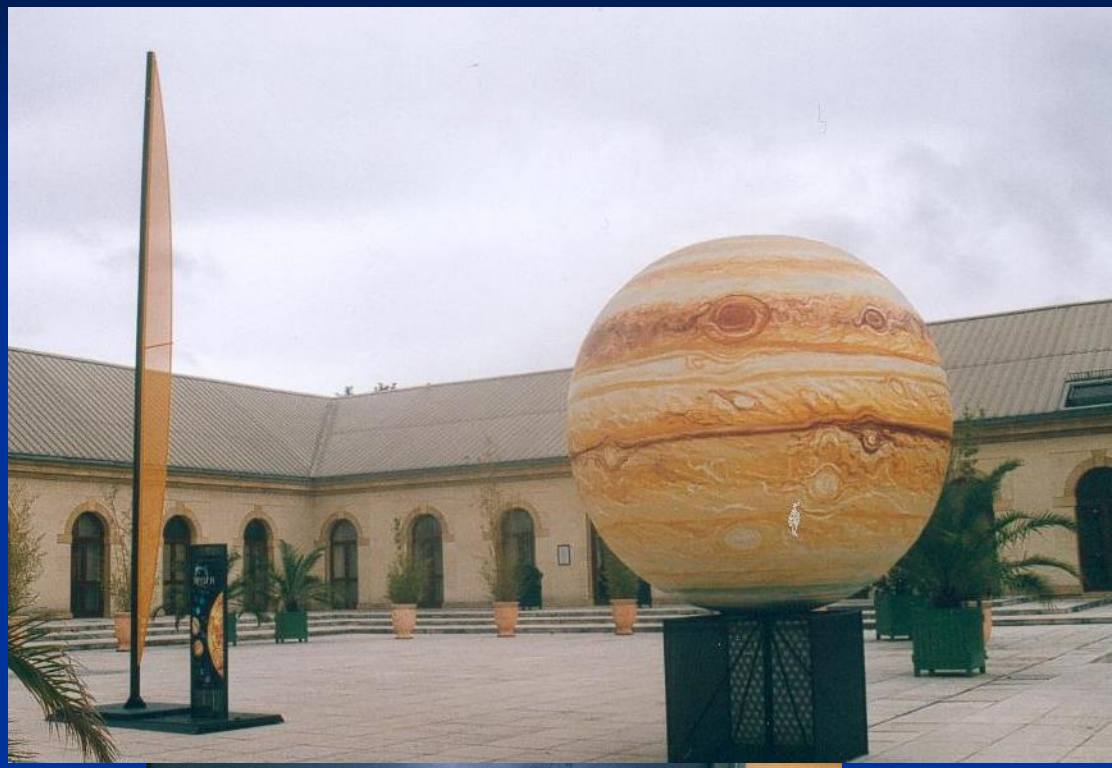
فعالیت ۳: مدل قطر و فواصل در زمین بازی

فعالیت ۴: مدل در شهر بارسلونا



خورشید	Washing machine	*Puerta Instituto*
تیر	caviar egg	*Puerta Hotel Diplomatic*
ناهید	pea	*Pasaje Méndez Vigo*
زمین	pea	*Entre Méndez Vigo y Bruc*
بهرام	Pepper grain	*Paseo de Gracia*
برجیس	orange	*Calle Balmes*
کیوان	tangerine	*Pasaje Valeri Serra*
اورانوس	chestnut	*Calle Entenza*
نپتون	chestnut	*Estación de Sans*

الگویی در شهر متز فرانسه



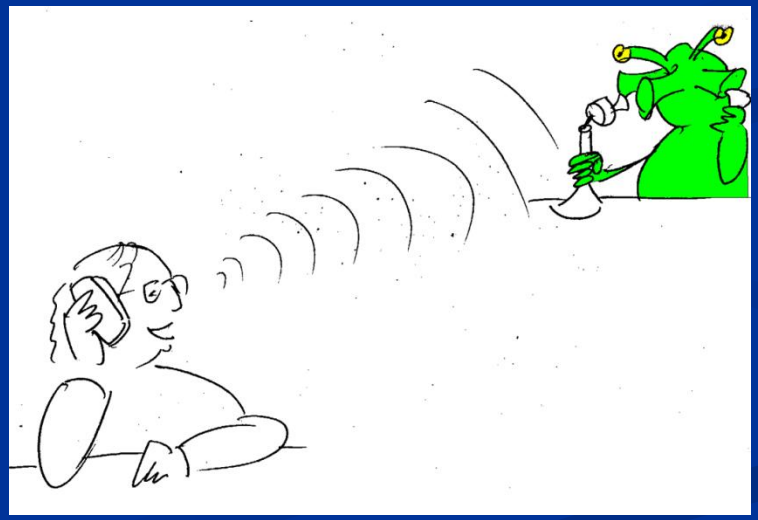
فعالیت ۵: الگوهای زمانی

- سرعت نور $c = 300\ 000\ km/s$

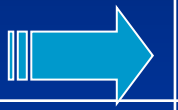
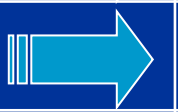
زمان مورد نیاز برای رسیدن نور از ماه به زمین برابر است با:

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

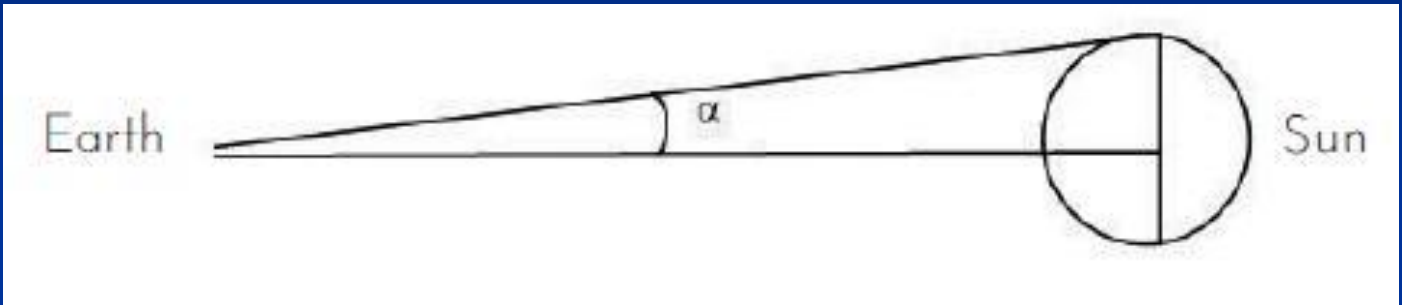
چگونه یک گفتگوی ویدئویی بین سیارات برقرار شود؟



مدت زمان لازم برای رسیدن نور خورشید به سیارات:

تیر	57 900 000 km		3.3 minutes
ناهید	108 300 000 km		6.0 minutes
زمین	149 700 000 km		8.3 minutes
بهرام	228 100 000 km		12.7 minutes
برجیس	778 700 000 km		43.2 minutes
کیوان	1 430 100 000 km		1.32 hours
اورانوس	2 876 500 000 km		2.66 hours
نپتون	4 506 600 000 km		4.16 hours

فعالیت ۶: خورشید بر روی سیارات چطور دیده می شود

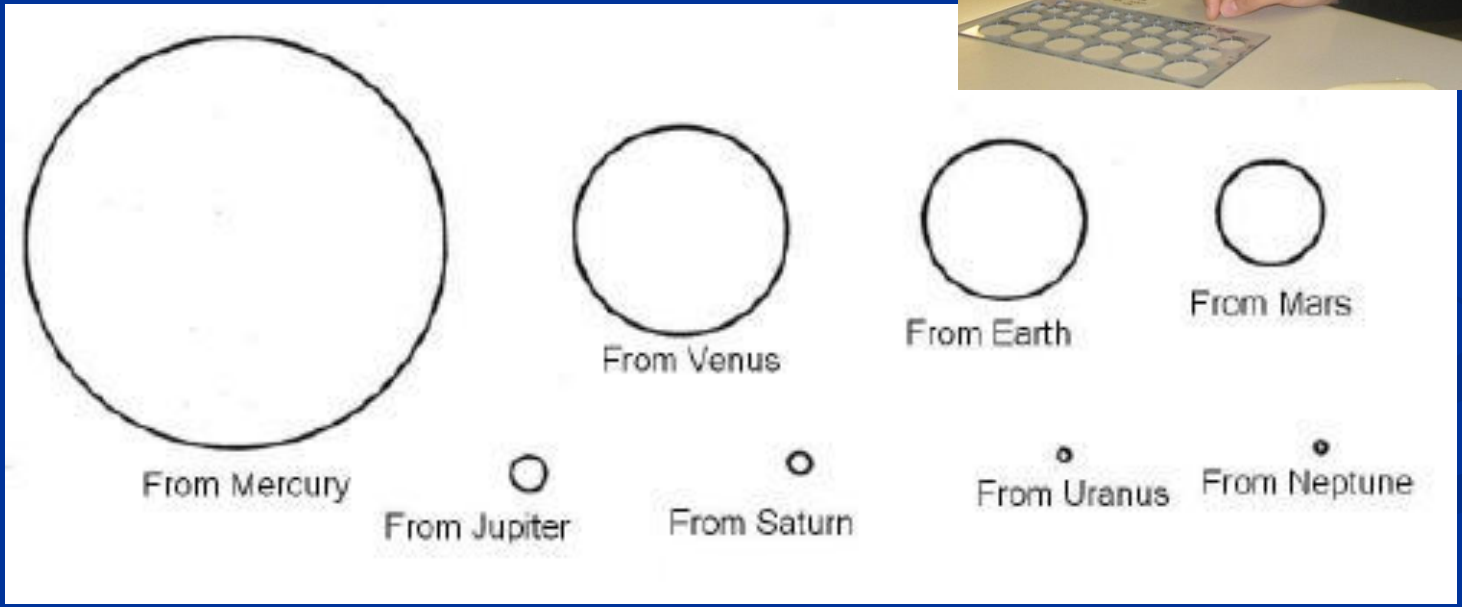


- α = شعاع خورشید /فاصله تا خورشید = $\tan \alpha$ =

= 700 000/150 000 000 = 0.0045 radian = 0.255°

- از روی زمین خورشید این اندازه دیده می شود
- $2\alpha = 0.51^\circ$

فعالیت ۶: خورشید اینگونه بر روی سیارات دیده می شود



فعالیت ۷: چگالی

خورشید	1.41 g/cm3	⇒	Sulfur (1.1-2.2)
تیر	5.41 g/cm3	⇒	Pirite (5.2)
ناهید	5.25 g/cm3	⇒	Pirite (5.2)
زمین	5.52 g/cm3	⇒	Pirite (5.2)
بهرام	3.90 g/cm3	⇒	Blende (4.0)
برجیس	1.33 g/cm3	⇒	Sulfur (1.1-2.2)
کیوان	0.71 g/cm3	⇒	Pine wood (0.55)
اورانوس	1.30 g/cm3	⇒	Sulfur (1.1-2.2)
نپتون	1.70 g/cm3	⇒	Clay (1.8-2.5)

فعالیت ۸: مدل مسطح

نوار های مقوایی به ابعاد ۳۵×۱ را ببرید آنها را به یک تکه چوب استوانه ای قطر ۵۰×۱ بچسبانید قسمت پایینی را آزاد بگذارید به طوری که بتواند در امتداد تیرک چوبی حرکت کند

تکه چوب را در میان دست در یک جهت و سپس جهت دیگر به سرعت بچرخانید نیروی گریز از مرکز موجب خمیده شدن نوار های مقوایی مانند سیارات می‌شود .

فعالیت ۸: پخ شدگی

سیارات	(equatorial radius-polar radius)/ equatorial radius
تیر	0.0
ناهید	0.0
زمین	0.0034
بهرام	0.005
برجیس	0.064
کیوان	0.108
اورانوس	0.03
نپتون	0.03

فعالیت ۹: مدل دوره های چرخشی

یک مهره را به انتهای یک طناب متصل کنید و انتهای دیگر آن را بگیرید. حالا شروع به چرخاندن آن بالای سر خودتان کنید. هرچه طناب را بیشتر رها کنید (طول بیشتر)مدت زمان بیشتری طول می کشد تا یک دور کامل بزند. و اگر بخشی از طناب را حذف کنید (طول کمتر) زمان کمتری طول می کشد

اطلاعات مداری زمین

سرعت چرخش مداری زمین به طور میانگین

$v=2\pi R/T$

برای زمین

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

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

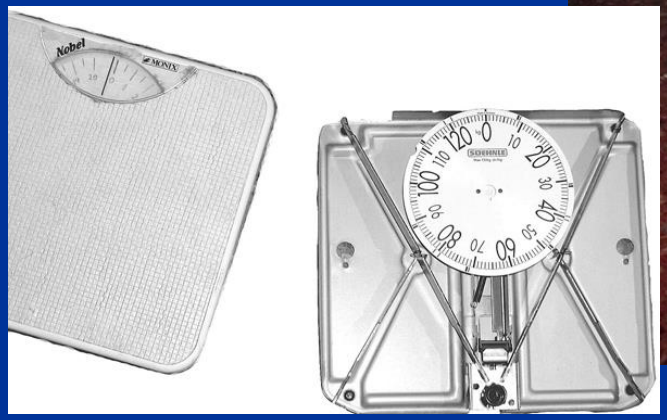
)سرعت چرخش خورشید به طور میانگین به دور مرکز کهکشانی...است
220 km/s or 800000 km/h.)

اطلاعات چرخشی

سیاره	دوره انتقالی (روز)	فاصله تا خورشید(km)	میانگین سرعت مداری(km/s)	میانگین سرعت مداری(km/h)
تیر	87.97	$57.9\ 10^6$	47.90	172440
ناهید	224.70	$108.3\ 10^6$	35.02	126072
زمین	365.26	$149.7\ 10^6$	29.78	107208
بهرام	686.97	$228.1\ 10^6$	24.08	86688
برجیس	4331.57	$778.7\ 10^6$	13.07	47052
کیوان	10759.22	$1\ 430.1\ 10^6$	9.69	34884
اورانوس	30.799.10	$2\ 876.5\ 10^6$	6.81	24876
نپتون	60190.00	$4\ 506.6\ 10^6$	5.43	19558

فعالیت۰ ۱: مدل جاذبه سطحی

- گرانش سطحی = $4/3\ \pi\ R^3\ \rho$ where M = $g = GM/R^2$, with m = 1, d = R. Thus $F = GM\ m/d^2$,
- جایگزینیρ $g = 4/3\ \pi\ G\ R\ \rho$:



جاذبه سطحی

سیاره	شعاع استوایی	چگالی		جاذبه محاسبه شده	جاذبه واقعی	
تیر	2439 km	5.4 g/cm3		0.378	3.70 m/s2	0.37
ناهید	6052 km	5.3 g/cm3		0.894	8.87 m/s2	0.86
زمین	6378 km	5.5 g/cm3		1.000	9.80 m/s2	1.00
بهرام	3397 km	3.9 g/cm3		0.379	3.71 m/s2	0.38
برجیس	71492 km	1.3 g/cm3		2.540	23.12 m/s2	2.36
کیوان	60268 km	0.7 g/cm3		1.070	8.96 m/s2	0.91
اورانوس	25559 km	1.2 g/cm3		0.800	8.69 m/s2	0.88
نپتون	25269 km	1.7 g/cm3		1.200	11.00 m/s2	1.12
ماه					1.62 m/s2	0.16

فعالیت ۱۱: مدل دهانه های برخوردی

برای جلوگیری از آلودگی، زمین را با روزنامه بپوشانید در یک جعبه کم عمق، یک لایه ۱ یا ۲سانتی متر از آرد با استفاده از صافی ایجاد کنید. یک لایه میلیمتری از پودر کاکائو را با استفاده از صافی، بر روی سطح آرد ایجاد کنید. از ارتفاع ۲ متری ۱ قاشق پودر کاکائو را برای ایجاد علامت هایی مشابه دهانه های برخوردی سطح ماه بریزید.

آرد برای یک آزمایش جدید می‌تواند استفاده شود .

فعالیت ۱۲: سرعت گریز

- $E_{\text{جنبشی}} = \frac{1}{2} mv^2$
- $E_{\text{پتانسیل}} = -GM_{\text{سیاره}} m / R_{\text{سیاره}}$
- $E_{\text{کل}} = E_{\text{جنبشی}} + E_{\text{پتانسیل}} = 0$
- $g_{\text{سیاره}} = GM_{\text{سیاره}} / R^2_{\text{سیاره}}$

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

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

در نتیجه سرعت فرار برابر است با:

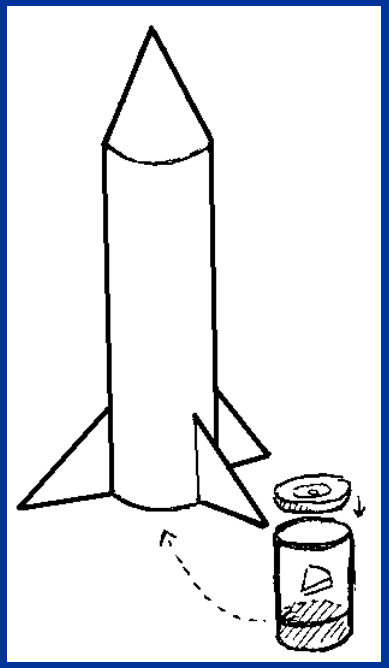
$$v = (2gR)^{1/2}$$

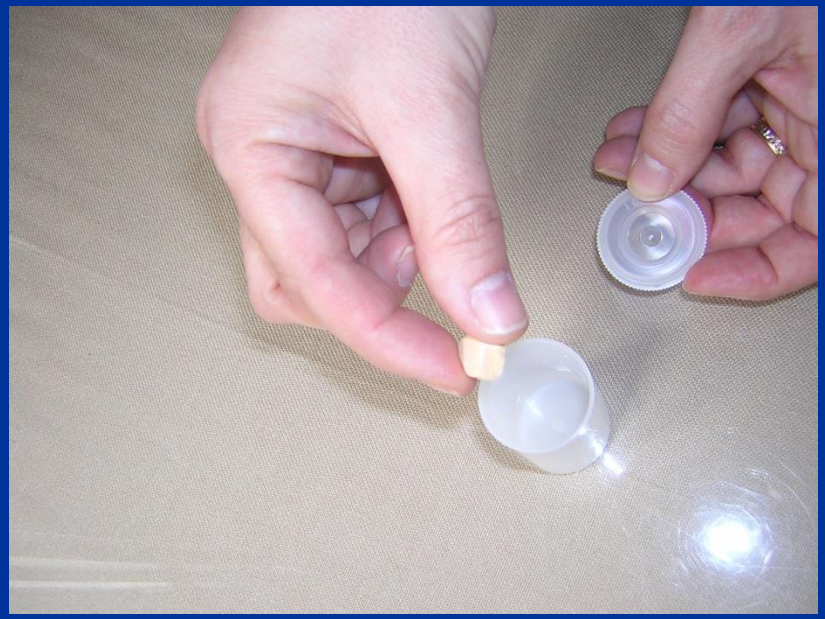
فعالیت ۱۲: سرعت گریز

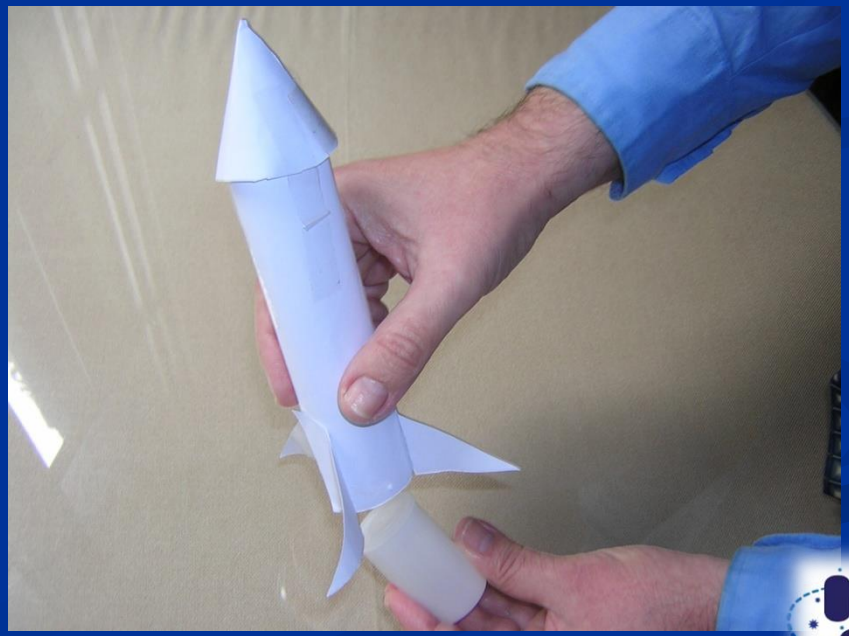
سیاره	شعاع استوایی	جاذبه سطحی		سرعت گریز
تیر	2 439 km	0.378		4.3 km/s
ناهید	6 052 km	0.894		10.3 km/s
زمین	6 378 km	1.000		11.2 km/s
بهرام	3 397 km	0.379		5.0 km/s
برجیس	71 492 km	2.540		59.5 km/s
کیوان	60 268 km	1.070		35.6 km/s
اورانوس	25 559 km	0.800		21.2 km/s
نپتون	25 269 km	1.200		23.6 km/s

پرتاب راکت

- مقوای نازک
- قوطی کپسولهای دارو
- قرص جوشان ۱/٤







منظومه های فراخورشیدی

در ۱۹۹۵ Michael Mayor و Didier Queloz اولین سیاره فراخورشیدی را که به دور 51 Pegasi می چرخید، شناسایی کردند.

2M1207b directly imaged (ESO)

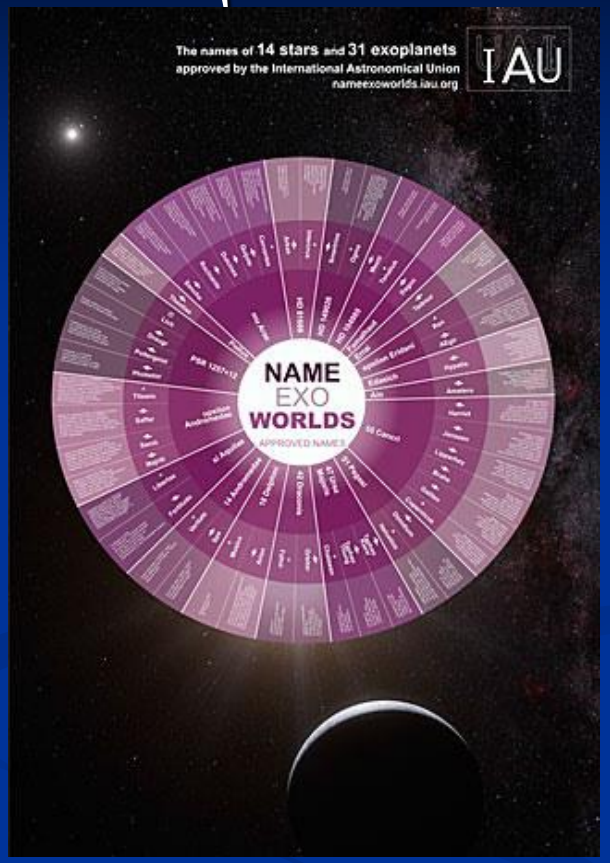
اولین تصویر از یک سیاره فراخورشیدی، ۱۶ مارچ ۲۰۰۳

ما به تکنولوژی وابسته هستیم.

در سال ۱۶۱۰، گالیله زحل را برای نخستین بار رصد کرد،او به کمک تلسکوپ خود، حلقه را به خوبی نمی دید، او گمان کرد یک ستاره با سه جرم

مشاهده می کند. شما باید تا آمدن هویگنس با یک تلکوپ بهتر (۱۶۵۹) و جل راز حلقه صبر می ۰کردید. به همین علت، روبنز نقاش(۱۶۳۸-۱۶۳۶) زحل را با توجه به کشفیات گالیله ترسیم کرد.

نام گذاری فراخورشیدی ها



برای اولین ستاره، حرف b بعد از نام ستاره ی مرکزی قرار می گیرد.

(e.g. 51 Pegasi b).

سیارات بعدی با حروف بعدی الفبا نام گذاری می شوند: c,d, f,...

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

روشهای کشف سیارات فراخورشیدی

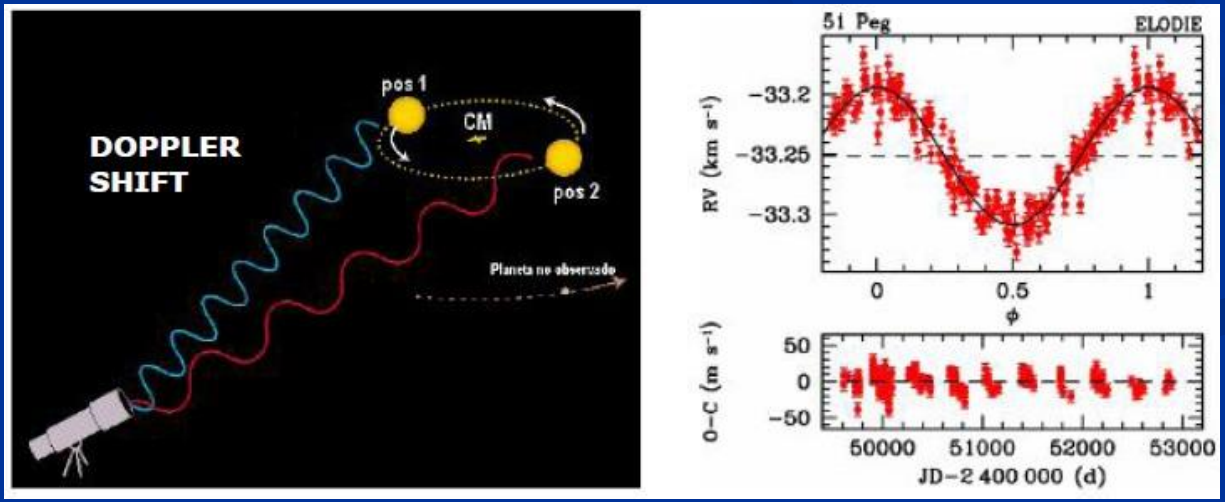
روش های زیادی استفاده می شوند:

- سرعت شعاعی یا اثر داپلر
- روش گذر
- میکرو لنزینگ
- و سایر روش ها

روش شناسایی: سرعت شعاعی

تغییر سرعت شعاعی ستاره به هنگام چرخش پیرامون مرکز جرم ستاره و سیاره با استفاده از اثر دوپلر اندازه گیری می شود.

با استفاده از این روش نخستین فراخورشیدی 51 Pegasus b شناسایی شد.

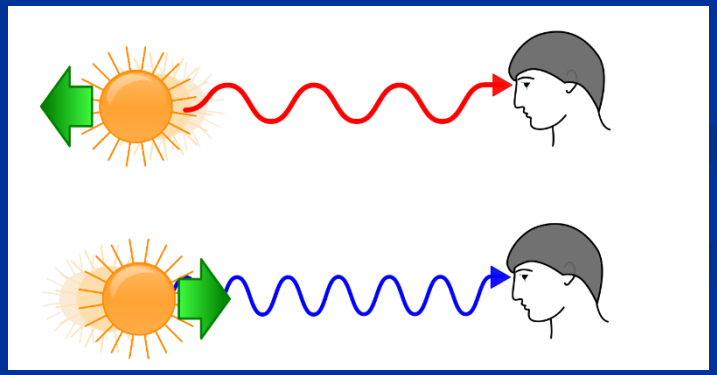


فعالیت ۱۳: اثر دوپلر

اثر دوپلر تغییر طول موج نور در اثر حرکت منبع نور می‌باشد.

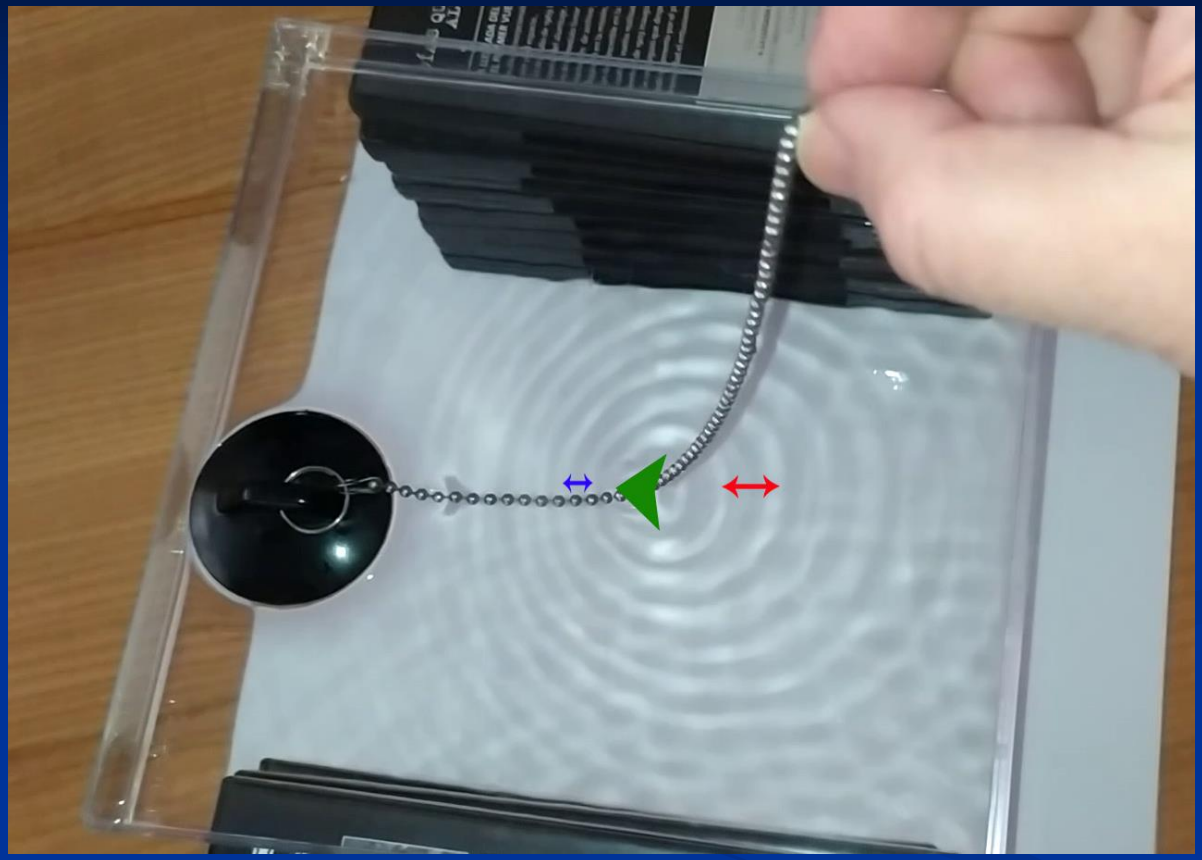
با نزدیک شدن منبع، طول موج کوتاه شده و نور دریافتی به سمت بخش آبی‌رنگ طیف مرئی می‌رود.

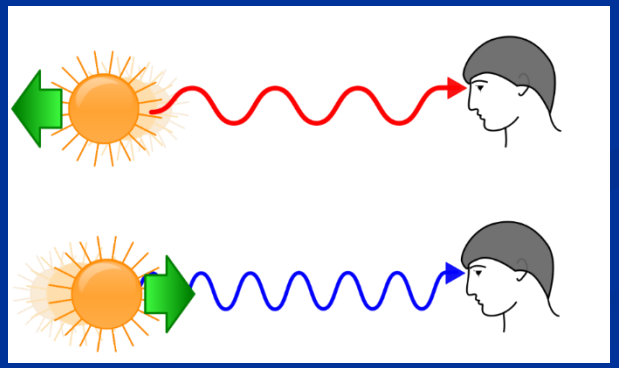
با دور شدن منبع، طول موج کشیده شده و نور دریافتی به سمت بخش قرمز رنگ طیف مرئی می‌رود.



فعالیت ۱۳: اثر دوپلر

این فعالیت با استفاده از یک سطل آب، سرپوش (سر قوطی یا بطری) زنجیردار و نور فلش موبایل انجام می‌شود.

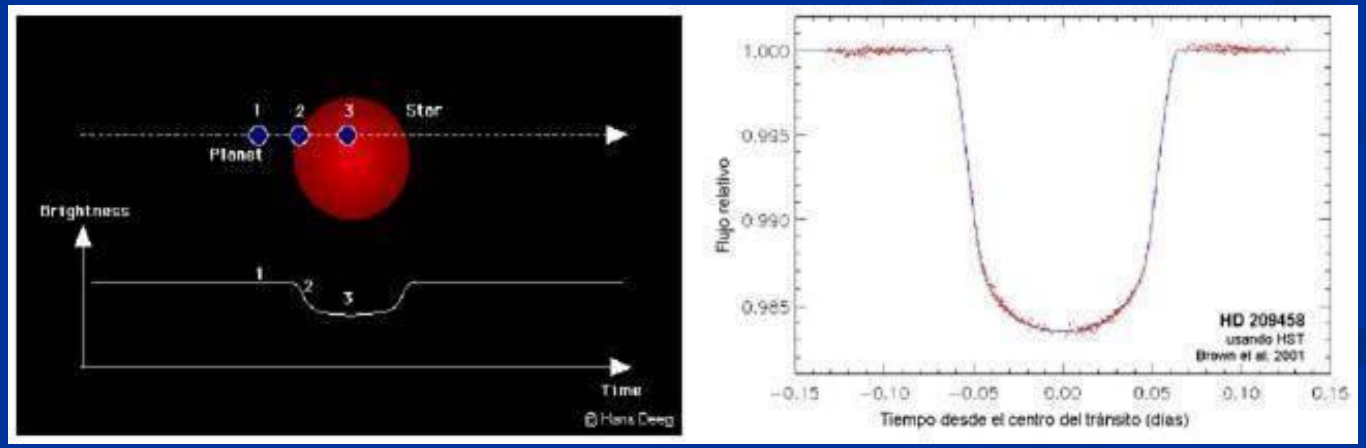




روش شناسایی: گذر(عبور)

به هنگام عبور یک فراخورشیدی، از مقابل ستاره ی مادر، نور آن کمی کاهش می یابد.

برای ستاره ای از نو خورشید و سیاره ای با اندازه مشتری، درخشندگی حدود ۱٪ کاهش می یابد و برای سیاره هایی با اندازه ی زمین، به میزان ۰.۰۳٪ کاهش می یابد.



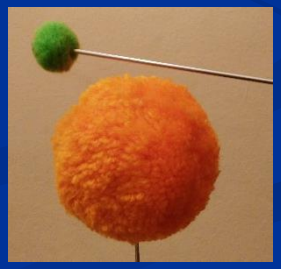
فعالیت ۱۴: شبیه سازی گذر

از دو توپ استفاده کنید: یک توپ بزرگ به عنوان ستاره و یک توپ کوچک تر برای سیاره ی فراخورشیدی که به دور ستاره می چرخد.

اگر صفحه ی دید ناظر و صفحه ی حرکت سیاره هم راستا باشند، شما می بینید که سیاره از مقابل ستاره عبور می کند و روشنایی ستاره کاهش می یابد.

اما اگر صفحه ی دید ناظر با صفحه ی مداری سیاره مشابه نباشد،تغییری در نمودار روشنایی ستاره دیده نمی شود.

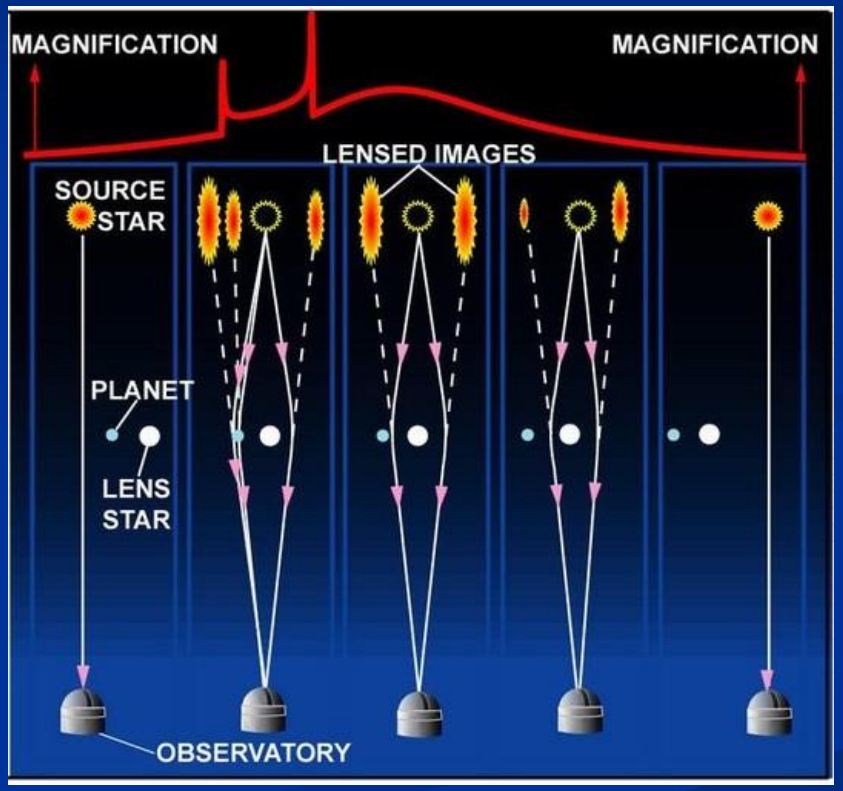
Observer in plane of orbit



Observer out of the plane of orbit

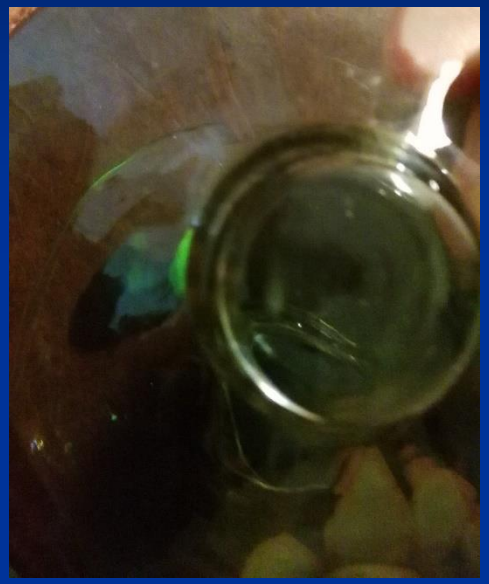
روش شناسایی: میکرولنزینگ

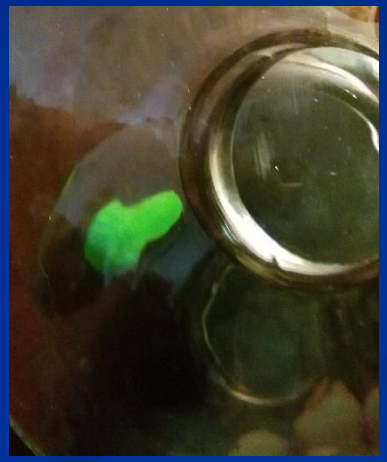
براثر بزرگنمایی یا اعوجاج، سامانه فراخورشیدی، شناسایی می شود، این امر ناشی از هم راستایی سیستم با یک ستاره یا جرم است که عدسی گرانشی را می سازد.



می بایست هم راستایی فرضی کاملی بین سه جرم(زمین، جرم-لنز و ستاره- فراخورشیدی) باشد.

فعالیت ۱۵: شبیه سازی میکرو لنزینگ





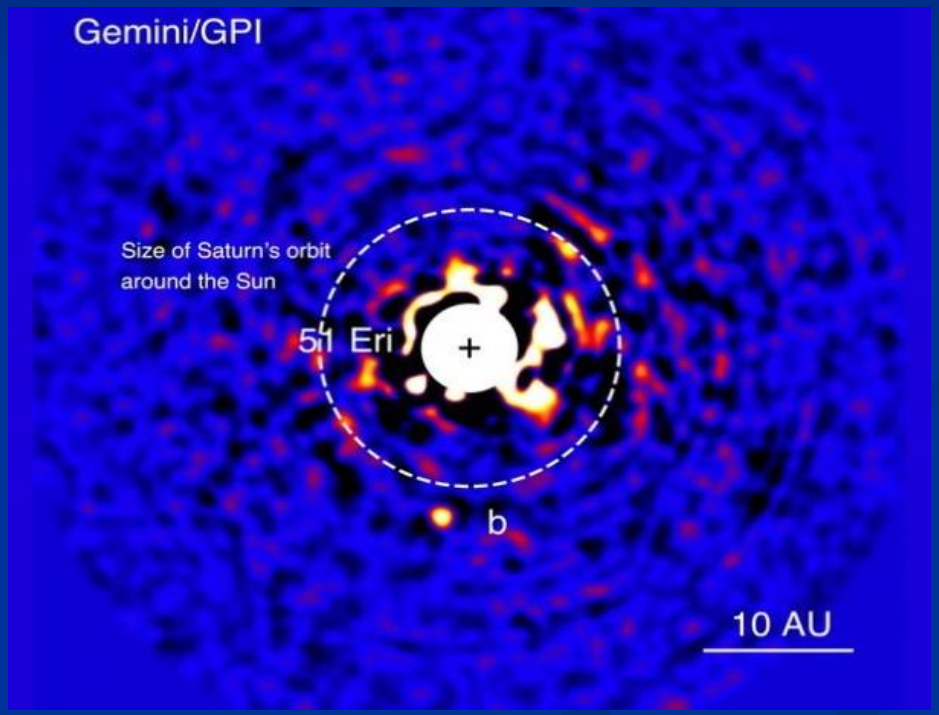
یک جفت پایه لیوان

وقتی یکی را روی دیگری عبور دهیم، ابتدا یک و سپس دو نقطه پدیدار می شود.

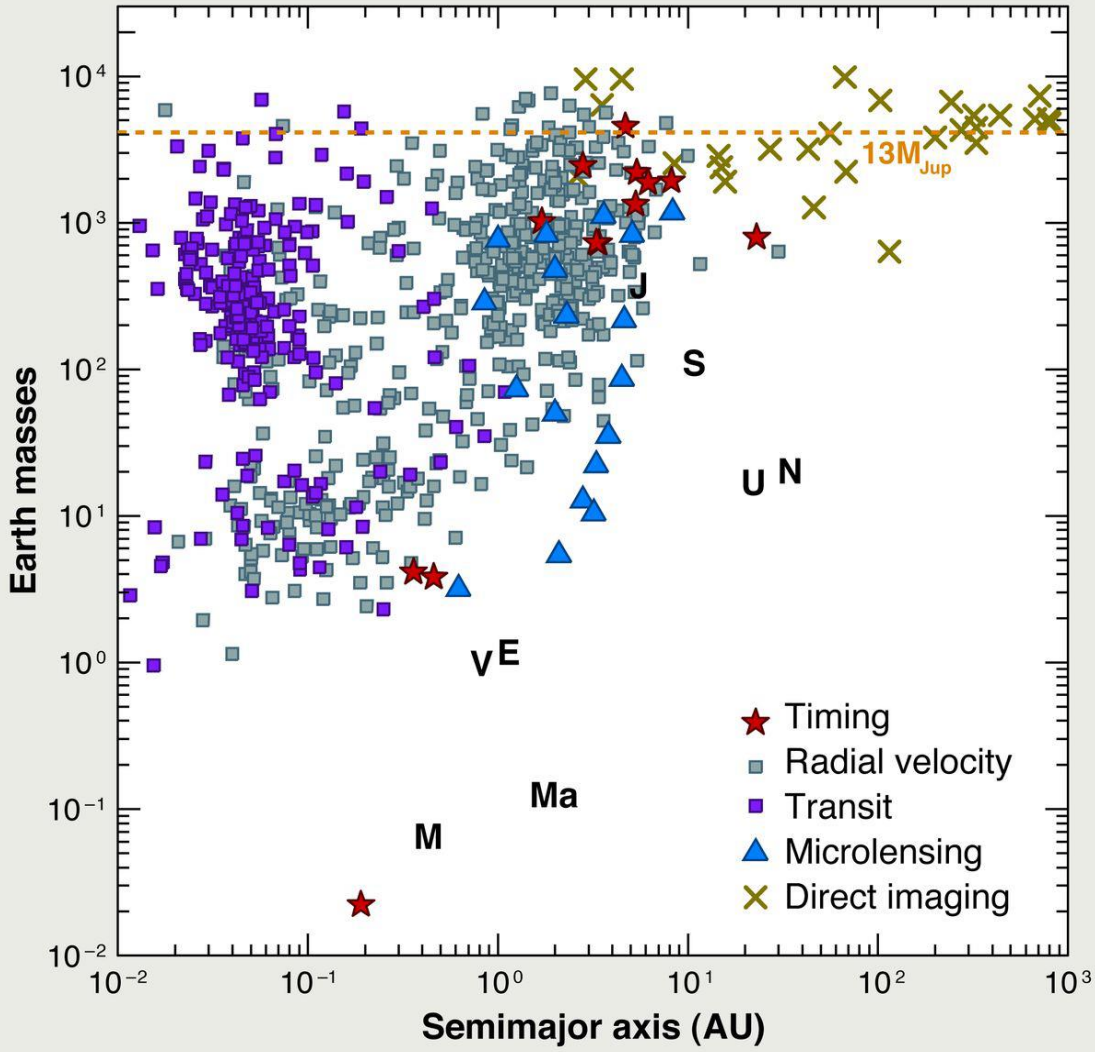
با پایه یک لیوان، هیچ چیز دیده نمی شود.

روش شناسایی : مستقیم

تصویری از ستاره ی مطالعه شده برای شناسایی سیاره های فراخورشیدی پیرامون آن.



با توجه به نور ساطع شده از ستاره، این کار چندان ساده نیست.



فراخورشیدی های شناسایی شده در سال ۲۰۱۳ با توجه به روش مورد استفاده

مدل های سامانه های فراخورشیدی

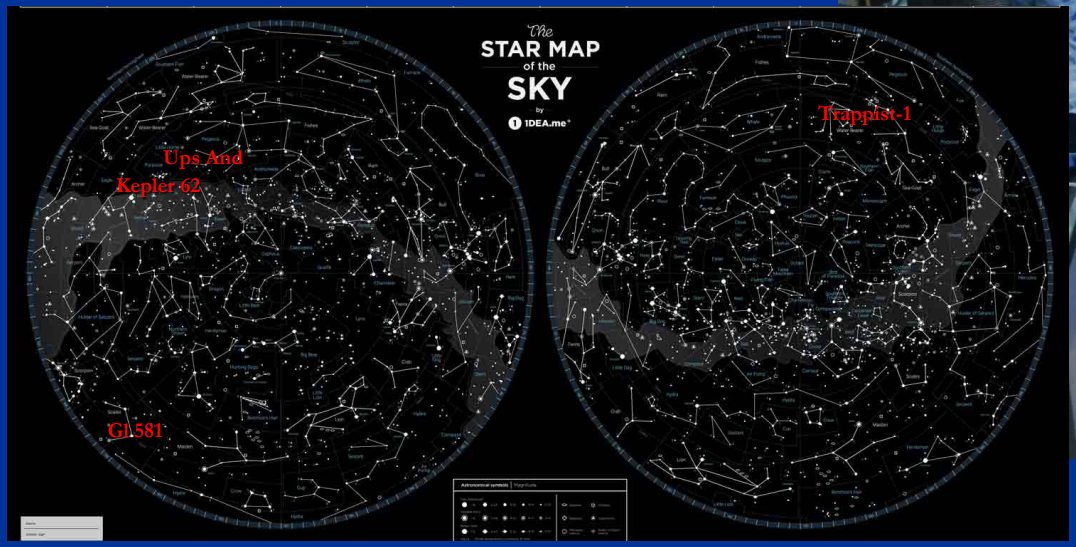
بیش از ۲۰۰۰ هزار سامانه فراخورشیدی شناسایی شده و چندین هزار نیز به عنوان پیشنهاد در فهرست انتظار هستند.

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

جرم آن ها با جرم مشتری (Mj) (1.9×10^{27} kg) و جرم زمین (Me) (5.97×10^{24} kg)مقایسه می شود.

د ت های فناوری دلیل ان است.

فعالیت ۱۶: مقیاسی از مدل منظومه فراخورشیدی



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

فعالیت ۱۶: ساخت منظومه شمسی

منظومه شمسی	فاصله AU	قطر km	فاصله در مدل	قطر در مدل
تیر	0.39	4879	40 cm	0.2 cm
ناهید	0.72	12104	70 cm	0.6 cm
زمین	1	12756	1m	0.6 cm
مریخ	1.52	6794	1.5 m	0.3 cm
مشتری	5.2	142984	5 m	7 cm
زحل	9.55	120536	10 m	6 cm
اورانوس	19.22	51118	19 m	2.5 cm
نپتون	30.11	49528	30 m	2.5 cm

ستاره مادر G2V ، قطر خورشید در این مدل ۳۵ سانتی متر است.

Distance 1 AU = 1 m

Diameter 10000 km = 0.5 cm

فعالیت ۱۶: ساخت(نخستین منظومه فراخورشیدی)

Upsilon Andromedae Titawin	سال کشف	فاصله AU	قطر km	فاصله در مدل	قطر در مدل
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

ستاره مادر Ups Andromedae F8Vدر فاصله ٤٤ سال نوری، با قطر ۱,۲۸ برابر خورشید ، در این مدل ٤٥ سانتی متر است.

Distance 1 AU = 1 m

Diameter 10000 km = 0.5 cm

فعالیت ۱۶: ساخت(با سیارات خاکی)

Gliese 581	سال کشف	فاصله AU	قطر km	فاصله در مدل	قطر در مدل
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

ستاره مادر Gliese 581 M2,5V در فاصله ۲۰,۶سال نوری، با قطر ۰,۲۹ برابر خورشید ، در این مدل ۱۰ سانتی متر است.

Distance 1 AU = 1 m

Diameter 10000 km = 0.5 cm

فعالیت ۱۶: ساخت(سیارات زمین مانند با قابلیت حیات)

Kepler 62	سال کشف	فاصله AU	قطر km	فاصله در مدل	قطر در مدل
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

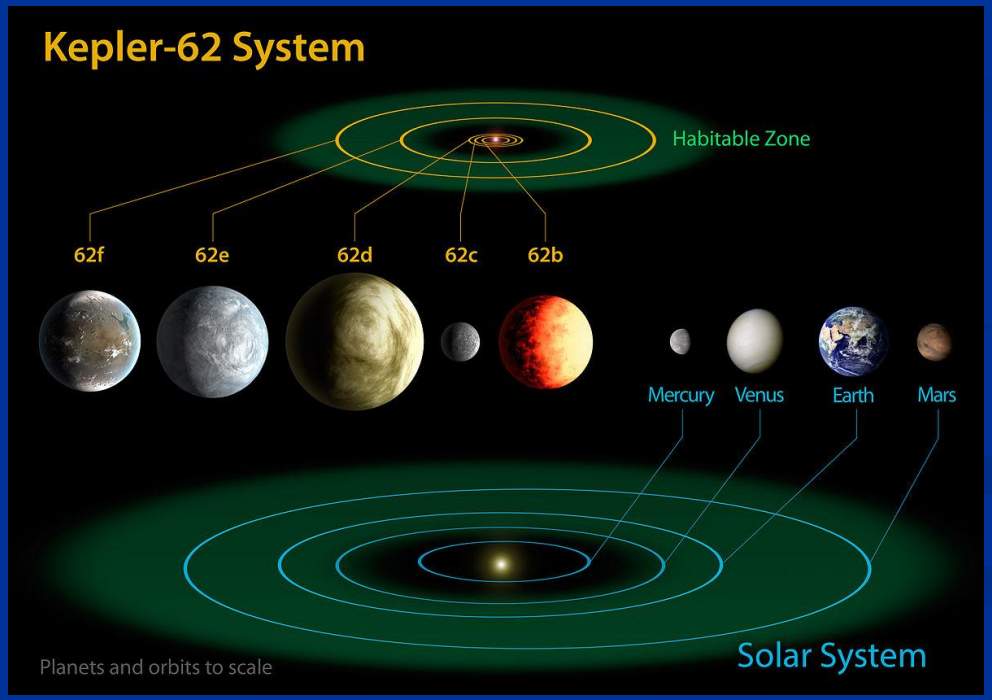
ستاره مادر Kepler 62 K2Vدر فاصله ۱۲۰۰سال نوری، با قطر ۰,٦٤ برابر خورشید ، در این مدل ۲۲ سانتی متر است.

Distance 1 AU = 1 m

Diameter 10000 km = 0.5 cm

امکان حیات در فراخورشیدی ها

- در کمربند حیات Kepler-62: دو سیاره می توانند آب مایع بر سطح خود داشته باشند. برای Kepler-62e، که در نزدیکی قسمت ورودی کمربند حیات قرار دارد، به پوششی از ابرهای بازتابی نیاز دارد تا پرتوهایی که سطح آن را گرم می کنند، کاهش یابد.
- از سوی دیگر Kepler-62f، در بخش بیرونی کمربند حیات قرار دارد.



ساخت(سیارات زمین مانند با قابلیت حیات)

Trappist-1	سال کشف	فاصله AU	قطر km	فاصله در مدل	قطر در مدل
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

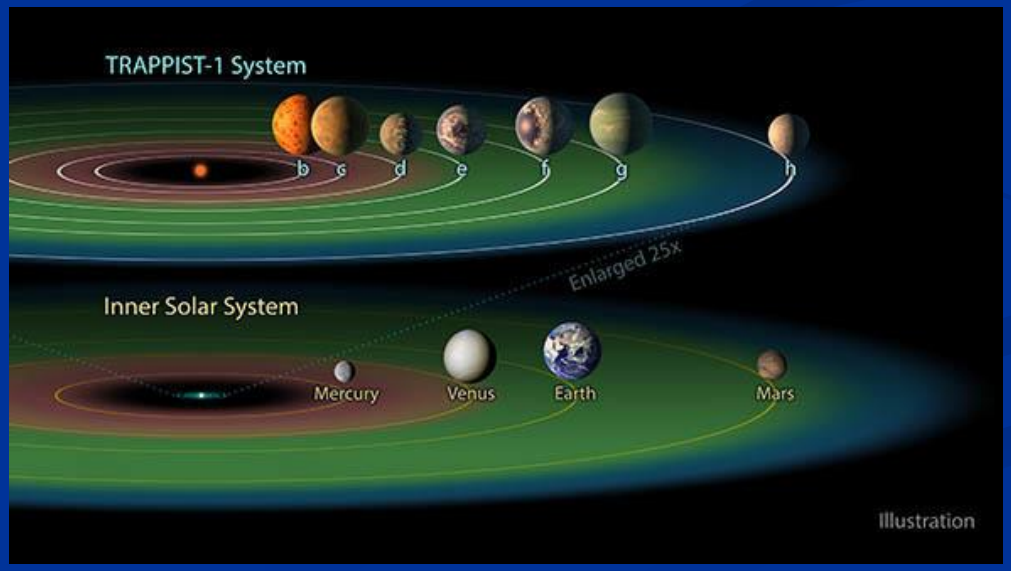
ستاره مادر Trappist 1 M8Vدر فاصله ٤٠ سال نوری، با قطر ۰,۱ برابر خورشید ، در این مدل ٤ سانتی متر است.

Distance 1 AU = 1 m

Diameter 10000 km = 0.5 cm

امکان حیات در فرا خورشیدی ها

- منظومه Trappist-1 سنگی بوده و می تواند مقادیر قابل توجهی از آب بر سطوح سیارات آن به صورت مایع، بخار و یا پوسته ی یخی وجود داشته باشد. در کمربند حیات Trappist-1، سیاره Trappist-1e با دارا بودن هسته ی متراکم قابل قیاس با زمین، در مقایسه با سایر سیارات این منظومه، به زمین شباهت بیشتری داشته و احتمالا داری یک مغناطیس سپهر محافظ است.



نتیجه گیری

دانش بیشتر در مورد "واقعیت" این سیارات

رابطه ساختاری "پارامترهایی" که اجازه می دهند ابعاد را بهتر بفهمیم

منظومه شمسی "خالی است"

معرفی سیارات فراخورشیدی

سپاس از توجه شما