

Гаригууд ба гаднах элементүүд

Rosa M. Ros, Hans Deeg

*Олон улсын одон орны холбоо
Испаний Каталаны Техникийн Их Сургууль
Канадын Астрофизийн хүрээлэн, Испани*



ЗОРИЛГО

- Нарны системийн гарагийн ӨГӨГДЛИЙН хүснэгтэнд байгаа тоон утгуудын утгыг ОЙЛГОХ
- Нарны гаригийн системийн Үндсэн шинж чанаруудыг ОЙЛГОХ



Нарны систем

Бид мэдээлэл өгөх
загвар,
зөвхөн урлаг, гар урлал
биш.










Агуулгын дагуу

Шинжлэх ухааны
агуулга, зарим
тодорхой цэгүүдийг
харуулсан загваруудыг
бид хүсч байна



Үйл ажиллагаа 1:

Нарнаас алслагдсан зай

Буд	57 900 000 km		6 cm	0.4 AU
Сугар	108 300 000 km		11 cm	0.7 AU
Дэлхий	149 700 000 km		15 cm	1.0 AU
Ангараг	228 100 000 km		23 cm	1.5 AU
Бархасбадь	778 700 000 km		78 cm	5.2 AU
Санчир	1 430 100 000 km		143 cm	9.6 AU
Тэнгэрийн ван	2 876 500 000 km		288 cm	19.2 AU
Далай ван	4 506 600 000 km		450 cm	30.1 AU



Үйл ажиллагаа 2:

Диаметрүүдийн загвар

Нар	1 392 000 km		139.0 cm
Буд	4 878 km		0.5 cm
Сугар	12 180 km		1.2 cm
Дэлхий	12 756 km		1.3 cm
Ангараг	6 760 km		0.7 cm
Бархасбадь	142 800 km		14.3 cm
Санчир	120 000 km		12.0 cm
Тэнгэрийн ван	50 000 km		5.0 cm
Далай ван	45 000 km		4.5 cm

Үйл ажиллагаа 2: диаметрийн загвар



Гаригуудын голчийг
хэмжээсээр хуваарьтай
футболк



Үйл ажиллагаа 3: Нарны диаметр ба зай

Нар	1 392 000 km			25.0 cm	
Буд	4 878 km	57 900 000 km		0.1 cm	10 m
Сугар	12 180 km	108 300 000 km		0.2 cm	19 m
Дэлхий	12 756 km	149 700 000 km		0.2 cm	27 m
Ангараг	6 760 km	228 100 000 km		0.1 cm	41 m
Бархасбадь	142 800 km	778 700 000 km		2.5 cm	140 m
Санчир	120 000 km	1 430 100 000 km		2.0 cm	250 m
Тэнгэрийн ван	50 000 km	2 876 500 000 km		1.0 cm	500 m
Далай ван	45 000 km	4 506 600 000 km		1.0 cm	800 m

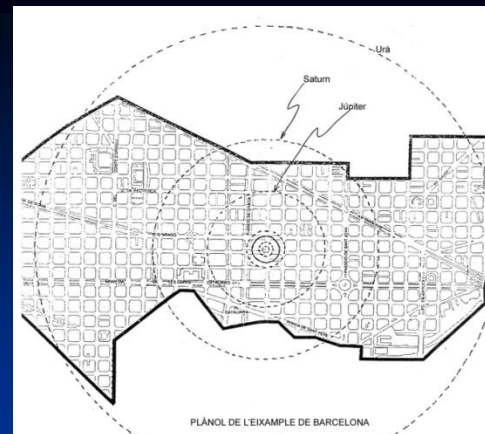
Ихэвчлэн сургуулийн хашаа зөвхөн
Ангараг гардаг



Үйл ажиллагаа 3: нарны аймгийн гарагуудыг Үзүүлсэн загвар...



Үйл ажиллагаа 4: Хотын загвар (Барселона)



Нар	Угаалгын машин	<i>Puerta Instituto</i>
Буд	Түрс	<i>Puerta Hotel Diplomatic</i>
Сугар	Вандуй	<i>Pasaje Méndez Vigo</i>
Дэлхий	Вандуй	<i>Entre Méndez Vigo y Bruc</i>
Ангараг	чинжүү	<i>Paseo de Gracia</i>
Бархасбадь	жүрж	<i>Calle Balmes</i>
Санчир	мандарин	<i>Pasaje Valeri Serra</i>
Тэнгэрийн ван	Chestnut	<i>Calle Entenza</i>
Далай ван	Chestnut	<i>Estación de San</i>

Метз хот (Франц) дахь загвар



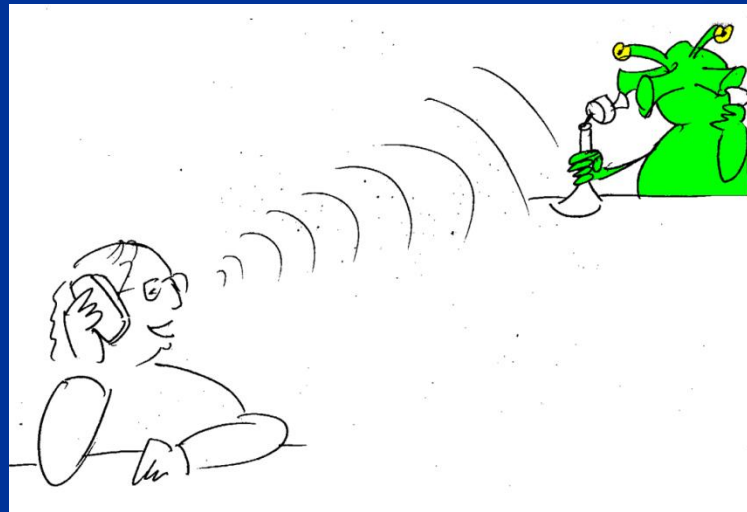
Үйл ажиллагаа 5: Хугацааны загвар

- $c = 300\,000 \text{ km/s}$

Дэлхийгээс сар хүртэлх гэрэл авах хугацаа нь юм:

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

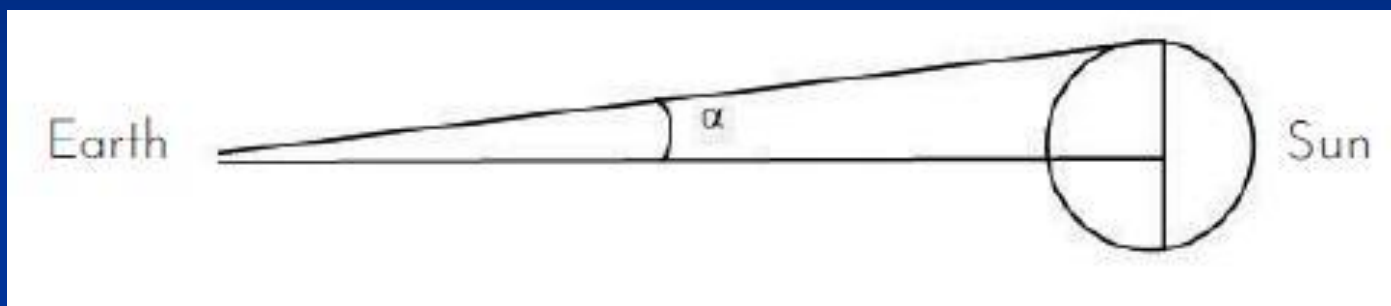
**Харилцаа хэрхэн
болох вэ?
гараг хоорондын
зай**



Нарнаас гэрэл ирэх хугацаа ...

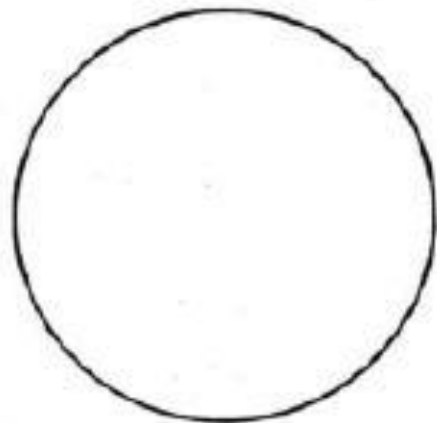
Буд	57 900 000 km		3.3 minutes
Сугар	108 300 000 km		6.0 minutes
Дэлхий	149 700 000 km		8.3 minutes
Ангараг	228 100 000 km		12.7 minutes
Бархасбадь	778 700 000 km		43.2 minutes
Санчир	1 430 100 000 km		1.32 hours
Тэнгэрийн ван	2 876 500 000 km		2.66 hours
Далай ван	4 506 600 000 km		4.16 hours

Үйл явдал 6: Нарны гаригуудаас харсан

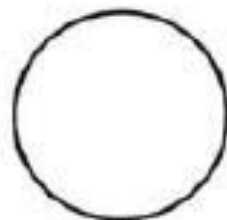


- $\alpha = \tan \alpha = \text{Нарны радиус} / \text{Нарны зай}$
 $= 700\,000 / 150\,000\,000 = 0.0045 \text{ radian} = 0.255^\circ$
- Дэлхийгээс нар хүртлэх зай хэмжигдэнэ.
 $2\alpha = 0.51^\circ$

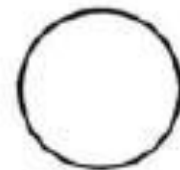
Туршилт 6: Гаригуудаас нарны харагдах байдал



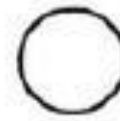
From Mercury



From Venus



From Earth



From Mars



From Jupiter



From Saturn



From Uranus



From Neptune

Үйл ажиллагаа 7: Нягтын загвар

Нар	1.41 g/cm ³	➡	Хүхрийн (1.1-2.2)
Буд	5.41 g/cm ³	➡	Пирит (5.2)
Сугар	5.25 g/cm ³	➡	Пирит(5.2)
Дэлхий	5.52 g/cm ³	➡	Пирит (5.2)
Ангараг	3.90 g/cm ³	➡	Blende (4.0)
Бархасбадь	1.33 g/cm ³	➡	Хүхрийн (1.1-2.2)
Санчир	0.71 g/cm ³	➡	Нарсны мод(0.55)
Тэнгэрийн ван	1.30 g/cm ³	➡	хүхрийн (1.1-2.2)
Далай ван	1.70 g/cm ³	➡	Шавар(1.8-2.5)



Үйл явдал 8: Шилэнжүүлэгч загвар

- 35 x 1 см хэмжээтэй цаасан картон хайчил.
- 50 см урт, диаметртэй диаметртэй цилиндр модоор тэдгээрийг байрлуулна. Доод талынхыг суллахын тулд зөөгчийг дагана.
- Гараа зүүн тийш эргүүлээд, нэг чиглэлд эргэлтийг эргүүлнэ. Центрифугийн хүч нь гар утасны координатыг гажуудсан гэж үздэг.



Үйл явдал 8: Ширхэгжүүлэлт

гараг	(экваторын радиус-туйлын радиус) / экваторын радиус
Буд	0.0
Сугар	0.0
Дэлхий	0.0034
Ангараг	0.005
Бархасбадь	0.064
Санчир	0.108
Тэнгэрийн ван	0.03
Далай ван	0.03



Үйл ажиллагаа 9: Орбитоны Үе шатууд

- Зүүг (соронзон хальсны өнхрөлтийг) олсны нэг төгсгөлд байрлуулж, түүний эсрэг туузыг барь. Толгой дээрээ олс эргүүл.
- Та илүү олсоор суллагдах үед тойрог замыг дуусгахад удаан хугацаа шаардагдана.
- Хэрвээ олсоо богиносгодог бол бага хугацаа зарцуулдаг.



Дэлхий тойрог замын өгөгдөл

Орбит дундаж хурд $v = 2\pi R / T$

Дэлхийд

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

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

(Галактикийн төвийн ойролцоох Sun-ийн дундаж хурд нь 220 км / с буюу 800000 км / цаг.)



Орон зайн мэдээлэл

гараг	Орбитрын хугацаа (хоног)	Нарны зай (км)	Орбит дундаж хурд (km / s)	Орбит дундаж хурд (km / цаг)
Буд	87.97	57.9×10^6	47.90	172 440
Сугар	224.70	108.3×10^6	35.02	126 072
Дэлхий	365.26	149.7×10^6	29.78	107 208
Ангараг	686.97	228.1×10^6	24.08	86 688
Бархасбадь	4331.57	778.7×10^6	13.07	47 052
Санчир	10759.22	$1 430.1 \times 10^6$	9.69	34 884
Тэнгэрийн ван	30.799.10	$2 876.5 \times 10^6$	6.81	24 876
Далай ван	60190.00	$4 506.6 \times 10^6$	5.43	19 558

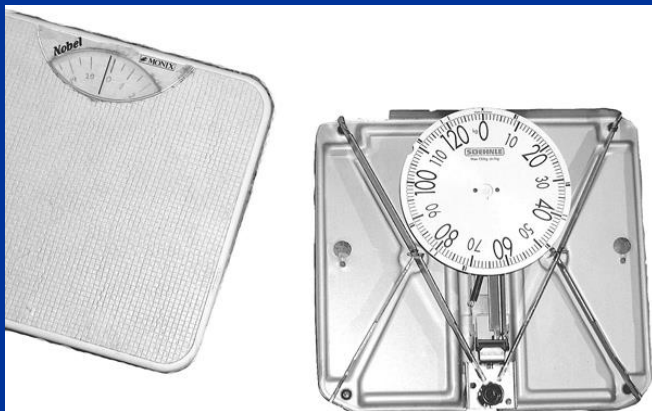


Үйл ажиллагаа 10: Гадаргуугийн хүндийн хүчний загвар

- Гадаргуугийн хүндийн жин, $F = G M m / d^2$, with $m = 1$, $d = R$. Thus $g = G M / R^2$, where $M = 4/3 \pi R^3 \rho$

Орлуулах

- : $g = 4/3 \pi G R \rho$



Гадаргуугийн хүндийн жин

гарагууд	Радиус	Нягт		Calc. Grav.	Real Gravity	
Буд	2 439 km	5.4 g/cm ³		0.378	3.70 m/s ²	0.37
Сугар	6 052 km	5.3 g/cm ³		0.894	8.87 m/s ²	0.86
Дэлхий	6 378 km	5.5 g/cm ³		1.000	9.80 m/s ²	1.00
Ангараг	3 397 km	3.9 g/cm ³		0.379	3.71 m/s ²	0.38
Бархасбадь	71 492 km	1.3 g/cm ³		2.540	23.12 m/s ²	2.36
Санчир	60 268 km	0.7 g/cm ³		1.070	8.96 m/s ²	0.91
Тэнгэрийн ван	25 559 km	1.2 g/cm ³		0.800	8.69 m/s ²	0.88
Далай ван	25 269 km	1.7 g/cm ³		1.200	11.00 m/s ²	1.12
Сар					1.62 m/s ²	0.16

Үйл ажиллагаа 11: "Нөлөөлөлийн тогоонууд" загвар

- Cover the floor with newspapers to prevent a mess
- In a shallow box, set a layer of 1 or 2 cm of flour with a strainer to make the surface very smooth
- Sprinkle a layer of a few millimetres of cocoa powder over the flour with the strainer
- From about 2 m high, drop a tablespoon of cocoa powder to create marks like impact craters
- The used flour can be recycled for a new experiment



Үйл ажиллагаа 12: Сансрын хурд

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

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

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

сансрын хурд нь :

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



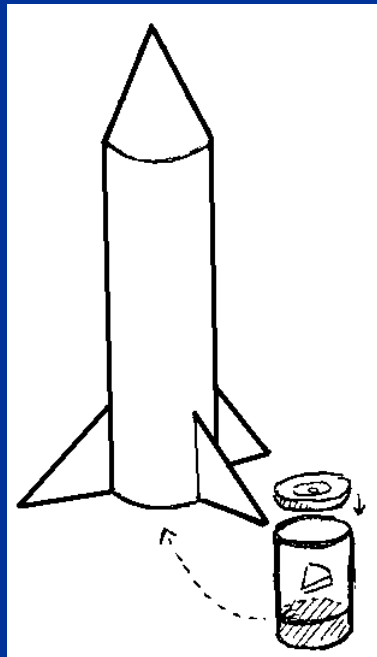
Үйл ажиллагаа 12: Сансрын хурд

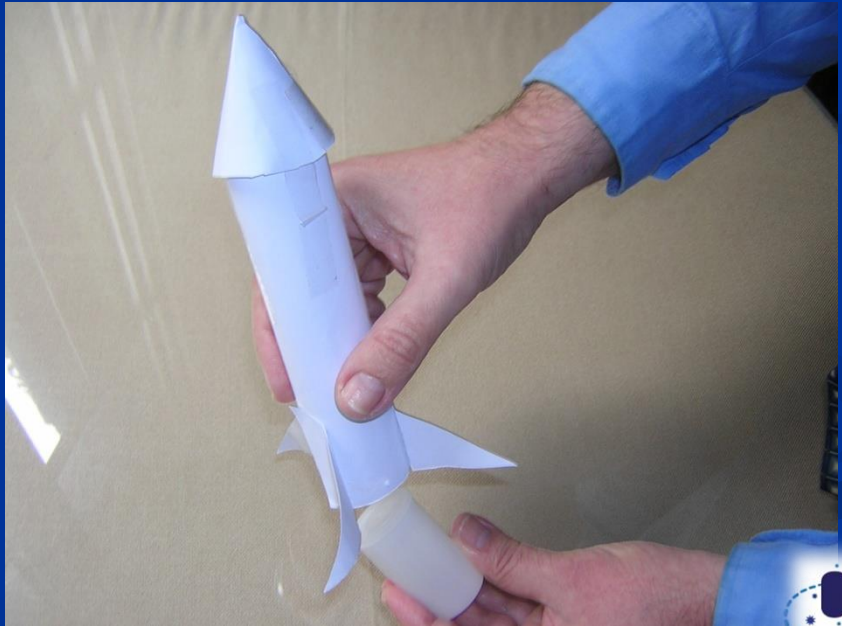
гарагууд	Радиус	Гадаргуу Хүндийн хүч		Сансрын хурд
Буд	2 439 km	0.378		4.3 km/s
Сугар	6 052 km	0.894		10.3 km/s
Дэлхий	6 378 km	1.000		11.2 km/s
Ангараг	3 397 km	0.379		5.0 km/s
Бархасбадь	71 492 km	2.540		59.5 km/s
Санчир	60 268 km	1.070		35.6 km/s
Тэнгэрийн ван	25 559 km	0.800		21.2 km/s
Далай ван	25 269 km	1.200		23.6 km/s



Пуужин хөөргөх

- Картон
- Капсуль сав
- $\frac{1}{4}$ аспириин эм

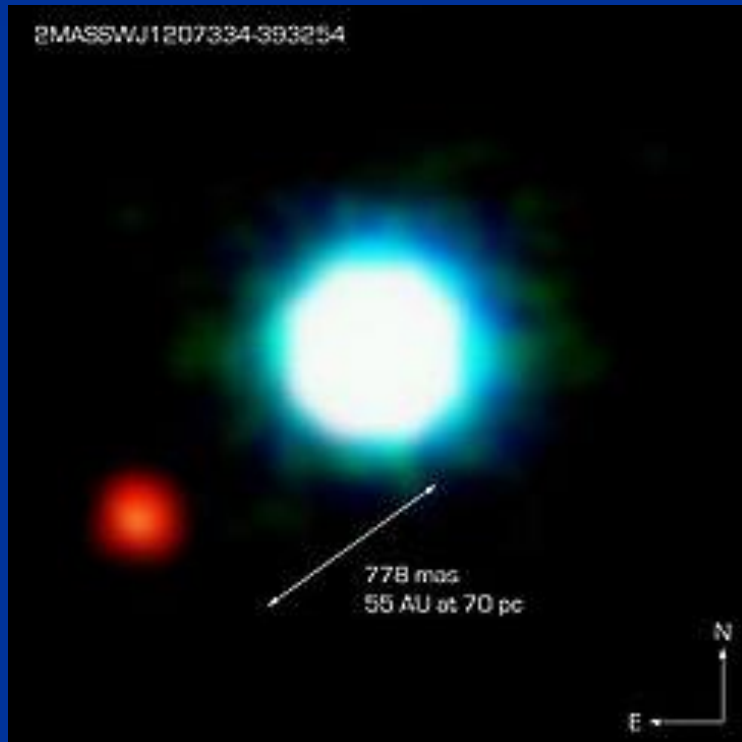




Хос одны гаригийн систем



1995 онд Майкл Уолкер, Дидье Курелоз нар Пепаси хэмээх эксколнетийг илрүүлжээ



2M1207b directly imaged (ESO)

Exoplanet-ийн эхний
дүрс
2003 оны гуравдугаар
сарын 16



Бид технологиос хамаардаг



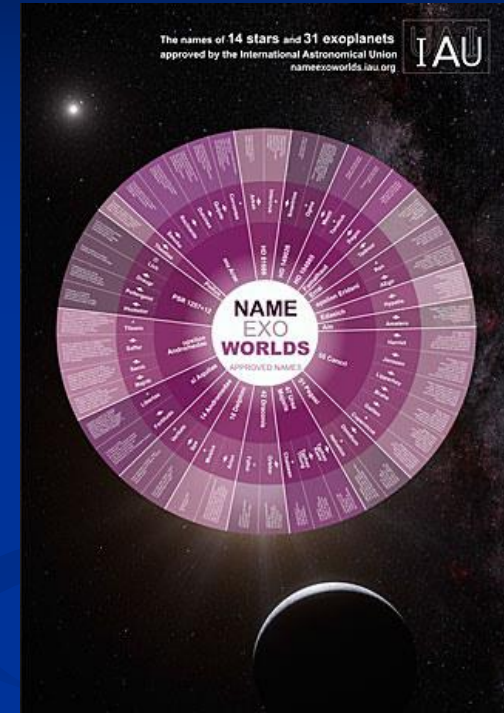
Галилей анх удаа Санчир гаригийг 1610 онд телескоптойгоо хамт ажиглав. Тэр нарийн цагираг хараагүй боловч гурван биетэй од гэж тайлбарлав.

Бөгжийг шийдэхийн тулд илүү сайн дурангаар Huygens (1659) хүлээх хэрэгтэй байв. Энэ шалтгааны улмаас Рубенсийн (1636-1638) зураг Галилейгийн нээлтийн дагуу гурван объектой Санчирьг бэлэгддэг.



Харь гаригуудын нэр

Захидал нь системийн
од дахь анхны гараг
дээр "b" -ээс эхлэн
төвийн одны нэрээс
гаралтай (ж.нь.
51 Pegasi b).



Дараагийн гаригууд нь цагаан толгойн
нэрээр нэрлэгдсэн байна: c, d, e, f, гэх мэт.

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



Эксплансетыг илрүүлэхэд ашигладаг арга

Олон аргыг ашиглаж байна, ж.нь. :

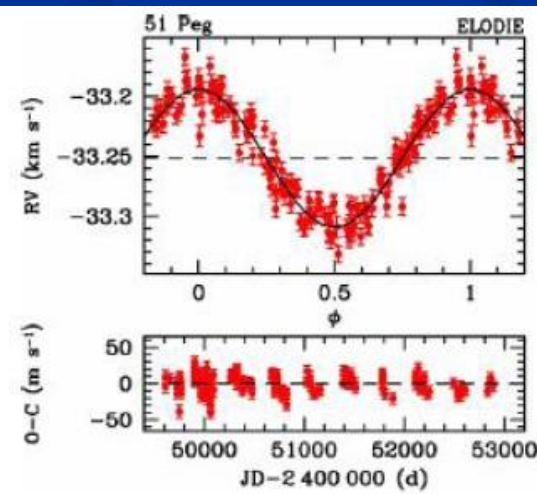
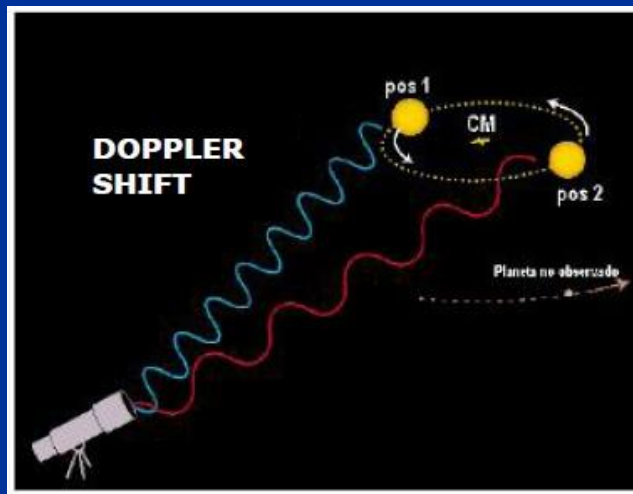
- Радийн хурд буюу Доплер нөлөө
- Транзит арга мөн бусад
- Микролингийн
- Бусад нь



Илрүүлэх арга: радиаль хурд

Дэлхий ба оддын системийн барицерыг тойрч байх үед одны радиаль хурдын хэлбэлзлийг Доплер эффе́кт ашиглан хэмждэг.

Энэ аргаар анхны экзопланет 51 Pegasus b илэрсэн байна.

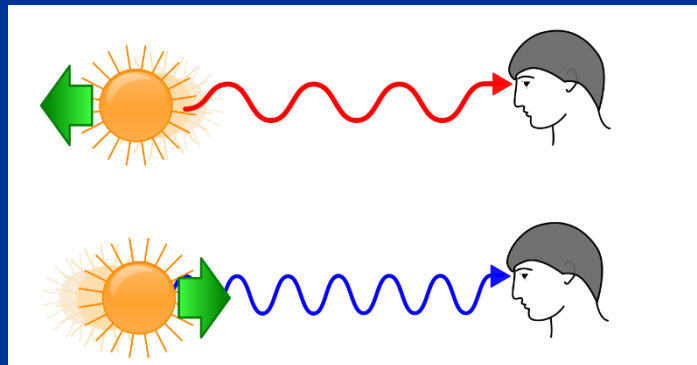


Үйл ажиллагаа 13: Доплерийн нөлөө

The Doppler effect is the change of the wavelength of light when the source is in motion.

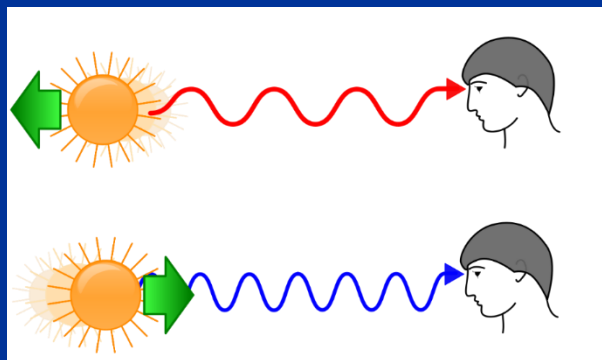
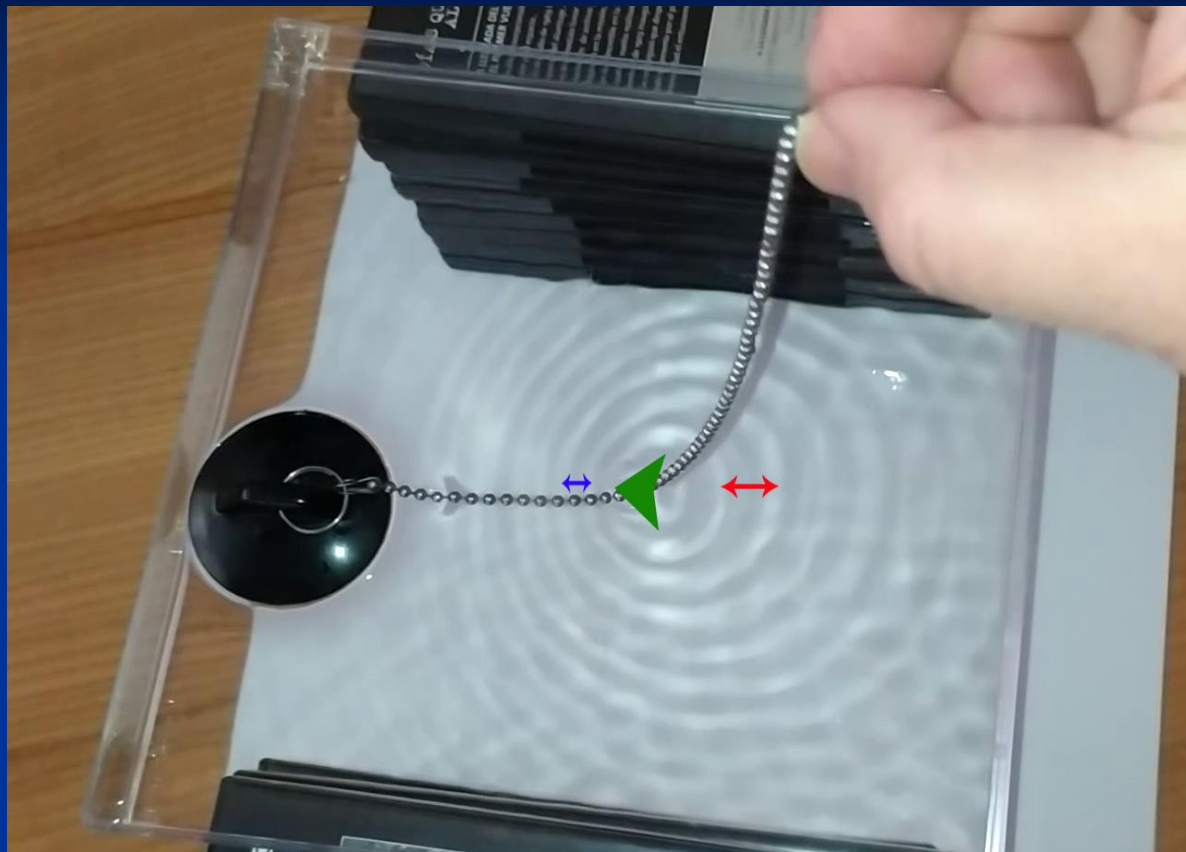
Эх үүсвэр ойртох үед долгионы урт богиносч, ажиглагдсан гэрэл нь харагдах спектрийн цэнхэр хэсэг рүү шилждэг.

Энэ нь холдох үед долгионы урт нэмэгдэж, ажиглагдсан гэрэл нь харагдах спектрийн улаан хэсэг рүү шилждэг.



Үйл ажиллагаа 13: Доплерийн нөлөө

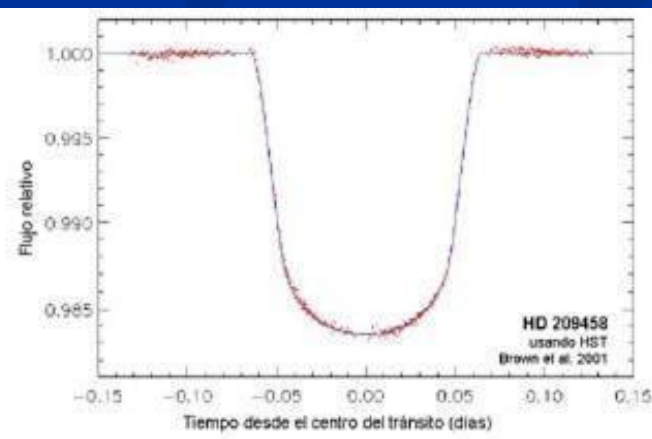
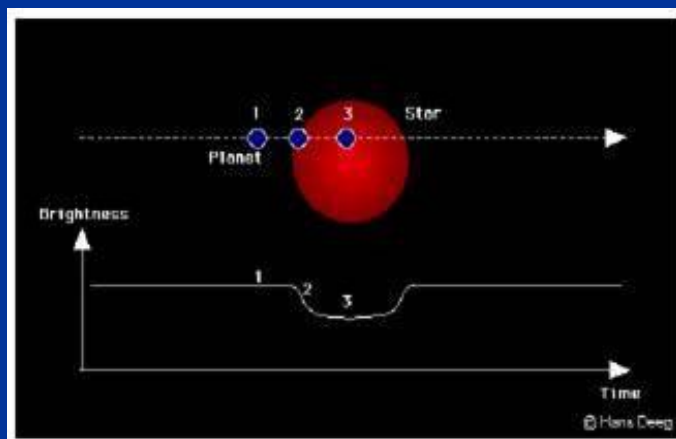
Үүнийг
хувинтай ус,
гинжтэй таг,
зөөврийн флэш
ашиглан
хуулбарласан
болно.



Илрүүлэх арга: Транзит

Экзопланет дамжин өнгөрөх үед одны гэрэл бага зэрэг буурдаг.

Нарны гэрлийн од ба Бархасбадь гарагуудын хувьд гэрэлтэх бууралт нь ойролцоогоор 1% байдаг бол Дэлхийн хэмжээст гаригуудын бууралт 0.03% орчим байдаг.

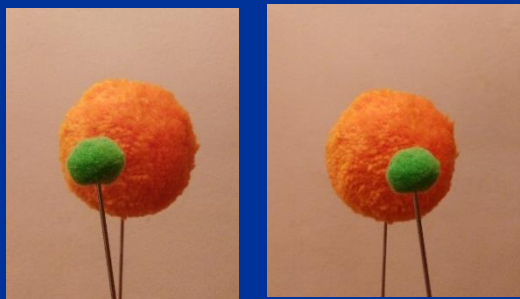


Үйл ажиллагаа 14: Транзит симуляци

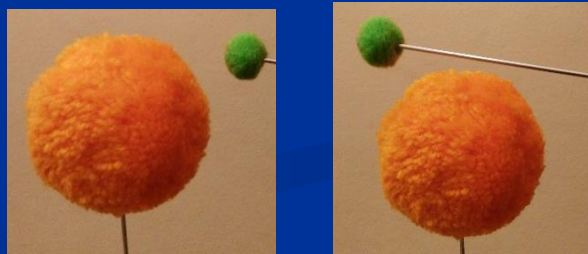
Хоёр бөмбөлөг ашиглан: нэг нь одод, нөгөө нь одны тойрог замд байдаг экзопланетад жижиг хэмжээтэй.

Орбитын нэг хавтгайд ажиглагчтай хамт тэр газраас ажиглавал экзопланет одны урд өнгөрч, одны гэрэл буурч байгааг харах болно.

Гэхдээ ажиглагч тойрог замын нэг хавтгайд байдаггүй бол гэрэлтэх муруйд ямар ч өөрчлөлт гарахгүй.



Орбитын хавтгайд ажиглагч

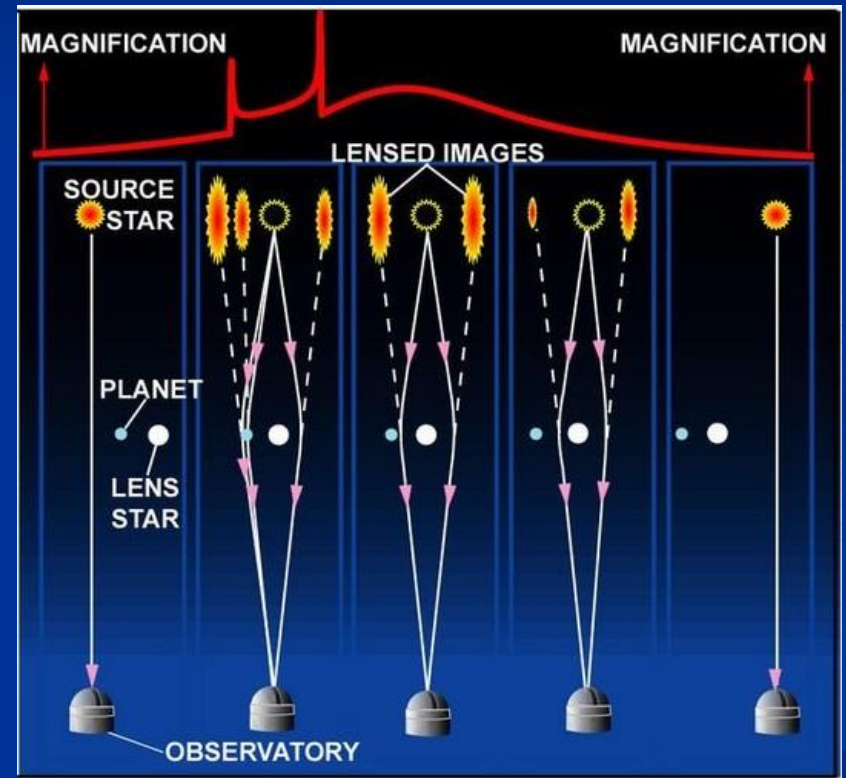


Орбитын хавтгай дээрээс ажиглагч



Илрүүлэх арга: Бичил линз

Таталцлын линзийг
үүсгэдэг од эсвэл
объектыг системтэй
зэрэгцүүлснээс болж
од-экзопланет
системийг онцолсон
томрол эсвэл гажуудал
байдаг.



Гурван бие (газар, объект-линз ба од-экзопланет)
хоорондох бүрэн харааны шугам байх ёстой.

Үйл ажиллагаа 15: Микролензи загварчлал

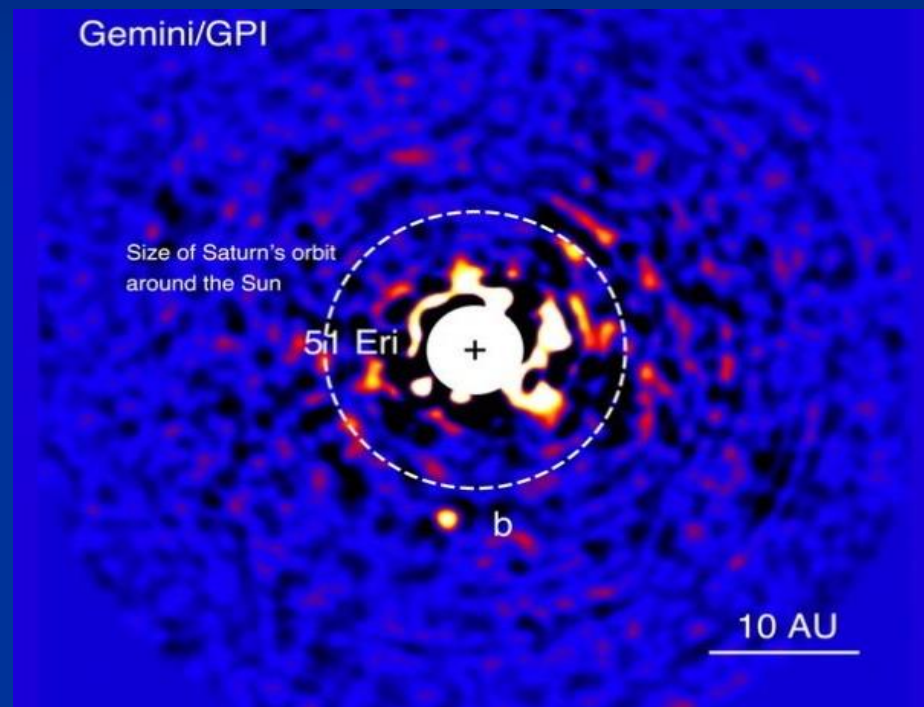


Зөвхөн ганц шилтэй
шилний хөлтэй бол
юу ч харагдахгүй.

Дарсны шилэн аягатай
Дараа нь бид нэгийг нөгөөдөө давж,
нэг цэг гарч ирвэл бүр хоёр болно.

Илрүүлэх арга: Шууд

Оддын дүр төрхийг
түүний эргэн
тойрон дахь
экзопланетуудыг
тодорхойлохын
тулд судалж үздэг.



Одноос ялгарч буй гэрлийн хэмжээнээс
шалтгаалан үүнийг хийхэд хялбар биш юм.



Харь гаригуудын загварууд

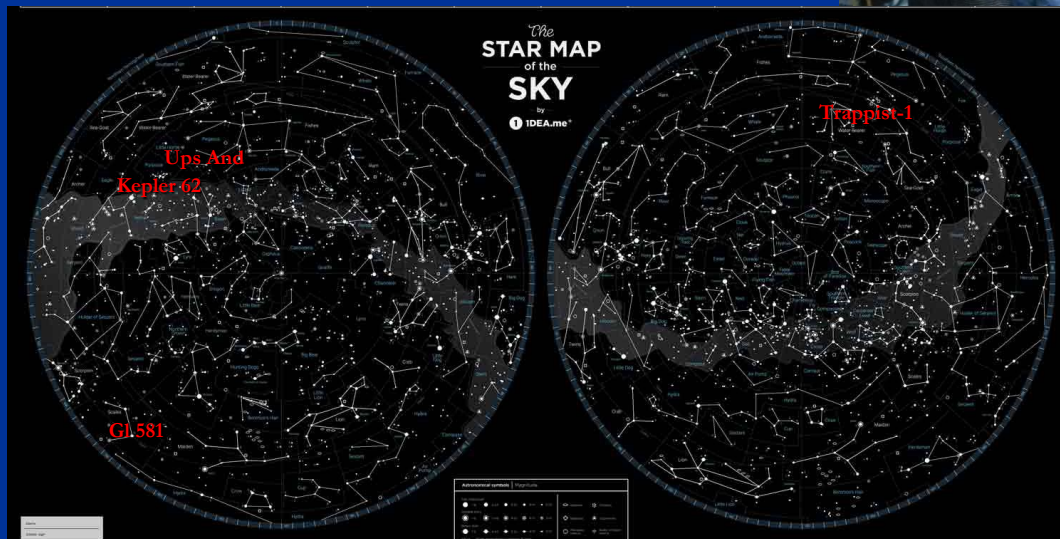
Одоогийн байдлаар 4000 орчим гаригийн системийг илрүүлж, 5300 гаруй гадаад гаригийг илрүүлж, 10000 орчим гадаад гаригийн нэр дэвшигчдийн ажиглалтыг хийжээ. Jet Propulsion Laboratory (NASA; <http://planetquest.jpl.nasa.gov/>)

Илүүдэл эксплантацийн массууд Бархасбадь (1.90×10^{27} кг) буюу Дэлхийтэй (5.97×10^{24} кг)



* техникийн хязгаарлалтууд

Үйл ажиллагаа 16: Экзопланетарын системийн цар хүрээний загварууд



зай $1 \text{ AU} = 1 \text{ m}$ диаметр $10\,000 \text{ km} = 0.5 \text{ cm}$



Үйл ажиллагаа 16: Нарны систем

Нарны систем	зай AU	диаметр km	Зайны загвар	Диаметрийн загвар
Буд	0.39	4 879	40 cm	0.2 cm
Сугар	0.72	12 104	70 cm	0.6 cm
Дэлхий	1	12 756	1m	0.6 cm
Ангараг	1.52	6 794	1.5 m	0.3 cm
Бархасбадь	5.2	142 984	5 m	7 cm
Санчир	9.55	120 536	10 m	6 cm
Тэнгэрийн ван	19.22	51 118	19 m	2.5 cm
Далай ван	30.11	49 528	30 m	2.5 cm

Host Star Sun G2V загвар дахь нарны диаметр нь 35 см

зай 1 AU = 1 m диаметр 10 000 km = 0.5 cm

Үйл ажиллагаа 16: Бид эксопланетерийг анхны системийг илрүүлж чадна

Upsilon Andromedae	зай AU	диаметр km	Зайны загвар	Диаметрийн загвар
Ups And b	0.059	124 000	6 cm	6 cm
Ups And c	0.83	176 000	83 cm	9 cm
Ups And d	2.51	221 000	2.5 m	11 cm

Host Star Upsilon Andromedae F8V нь 44 л.у дээр байдаг.
in., Загвар дахь Нарны диаметр 1.28 нь 45 см

зай 1 AU = 1 m диаметр 10 000 km = 0.5 cm



Үйл ажиллагаа 16: Бид барьж чадна ("газрын гадаргуутай гариг" систем):

Gliese 581	Зай ООН	Диаметр km	Зайн загвар	Диаметрийн загвар
Gl.581 e	0.030	16 000	3 cm	0.8 cm
Gl.581 b	0.041	32 000	4 cm	1.5 cm
Gl.581 c	0.073	22 000	7 cm	1 cm

Хост од Gliese 581 M2,5V нь 20,5 л.н байна. Libra-д,
загварт Нарны 0.29 диаметр 10 см байна

Зай 1 ООН = 1 m Диаметр 10 000 km = 0.5 cm



Туршилт 16: Бид бусад гаригуудын хийж болно:

Kepler 62	Зай ООН	Диаметр km	Зайн загвар	Диаметрийн загвар
Kepler-62 b	0,0553	16 800	5,5 cm	0.8 cm
Kepler-62 c	0,0929	6 800	9 cm	0.3 cm
Kepler-62 d	0,12	24 000	12 cm	1.2 cm
Kepler-62 e	0,427	20 000	43 cm	1 cm
Kepler-62 f	0,718	18 000	72 cm	1.9 cm

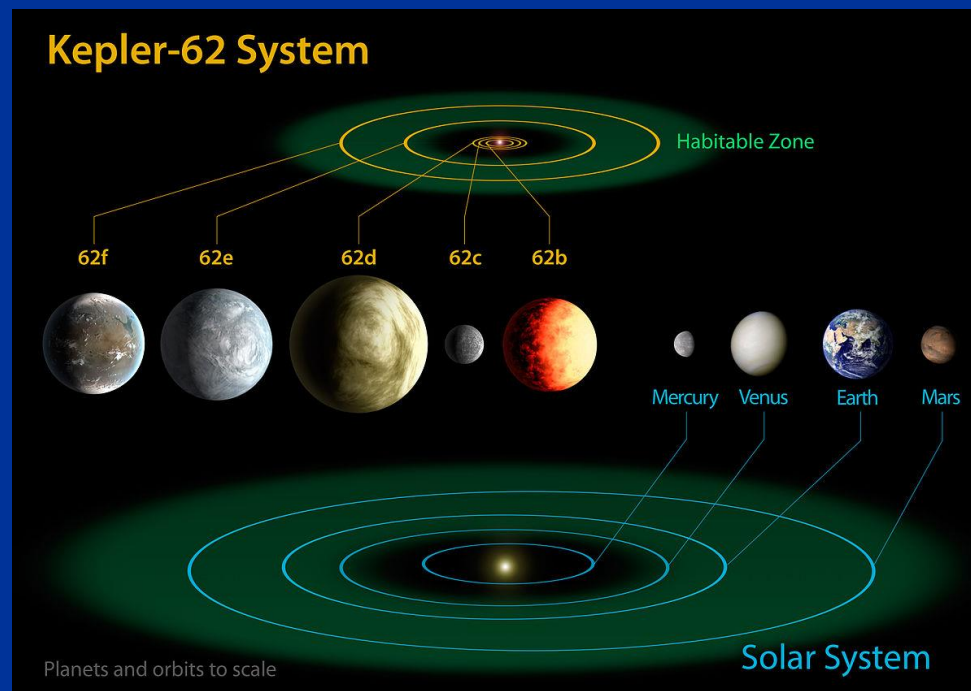
Хөтлөгч од Kepler 62 K2V нь 1200 л.рт байна. дахь
Лир,. Загвар дахь Нарны 0.64 диаметр нь 22 см юм

Зай 1 ООН = 1 m Диаметр 10 000 km = 0.5 cm



Экзопланетуудын амьдрах орчин

- Кеплер-62-ийн амьдрах боломжтой бүсэд: хоёр экзопланет гадаргуу дээр шингэн устай байж болно. Байгаль орчны бүсэд ойрхон байдаг Кеплер-62e-ийн хувьд энэ нь гадаргууг халаадаг цацрагийг бууруулдаг цацруулагч үүлний бүрхүүлийг шаарддаг. Кеплер-62f, нөгөө талаас, амьдрах боломжтой бүсийн гадна бүсэд байдаг



Туршилт 16: Бид

бусад гаригуудын хийж болно:

Trappist-1	Зай ООН	Диаметр km	Зайн загвар	Диаметри йн загвар	Зай ООН
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

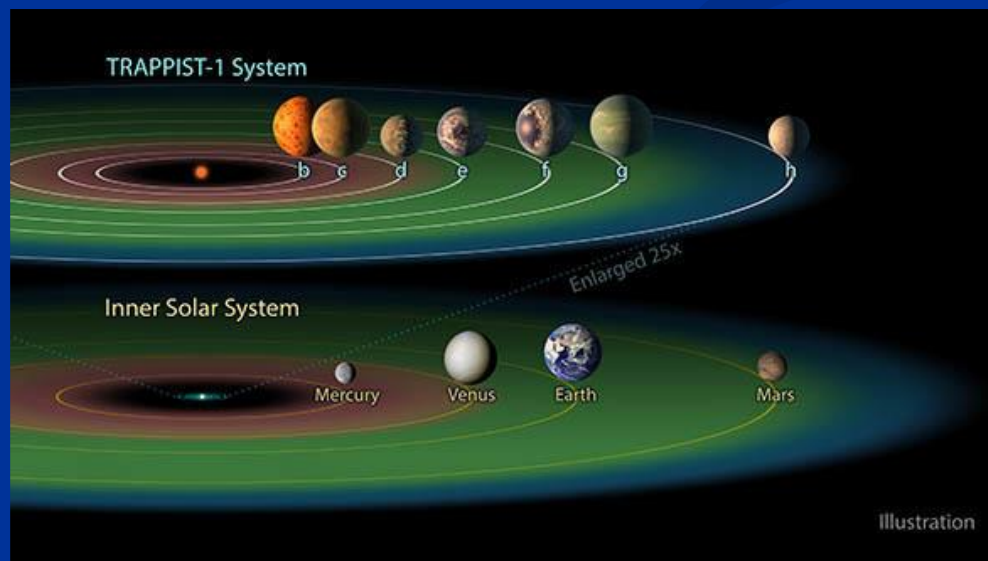
Хөтлөгч Trappist 1 M8V 40 литрийн багтаамжтай. Акуариусад байдаг. Загвар дахь Нарны 0.1 диаметр нь 4 см юм

Зай 1 ООН = 1 m Диаметр 10 000 km = 0.5 cm



Экзопланетуудын амьдрах орчин

- Траппист-1 системд чулуурхаг шинж чанартай бөгөөд гадаргуу дээр их хэмжээний устай, шингэн хэлбэрээр, уурын хэлбэрээр эсвэл мөсөн царцдас хэлбэрээр байж болно. Trappist 1-ийн амьдрах боломжтой бүсэд Trappist-1e оршдог бөгөөд энэ нь дэлхийтэй харьцуулахад өтгөн цөмтэй бөгөөд энэ систем нь бүх гаригуудын хамгийн их төстэй бөгөөд хамгаалалтын соронзон бөмбөрцөгтэй байдаг. Байна.



ДҮГНЭЛТ

- Мэдлэг бол гаригуудын "бетон" юм
- Харилцаа нь хэмжээсүүдийн талаар илүү сайн ойлголт өгөх боломжийг олгодог "параметр" -ийг бий болгодог
- Нарны систем "хоосон"
- Exoplanets танилцуулга Илрүүлэх аргыг таних.



Анхаарал тавьсанд
баярлалаа!

