

Планеталар жӘне экзопланеталар

Роза М.Рос, Ханс Диг, Рикардо Морено

*Халықаралық астрономиялық одақ, Каталония
техникалық университеті, Испания, Канар аралдары
астрофизикалық институты, Испания, Мадридтің
Ретамар колледжі, Испания*



Мақсаттар

- Күн жүйесінің планеталары туралы кестелерде берілген сандық мәліметтердің мағынасын түсіну
- Күннен тыс планеталық жүйелердің негізгі сипаттамаларын түсіну



Күн жүйесі

Біз тек өнер мен қолөнер
ғана емес, ақпарат
беретін үлгілерді іздейміз.



Мазмұны бойынша

Бізге кейбір нақты тармақтарды
көрсететін ғылыми мазмұны бар
модельдер қажет.



1-тапсырма: Күннен Қашықтығы

Меркурий	57 900 000 км		6 см	0,4 а.б.
Венера	108 300 000 км		11 см	0,7 а.б.
Жер	149 700 000 км		15 см	1,0 а.б.
Марс	228 100 000 км		23 см	1,5 а.б.
Юпитер	778 700 000 км		78 см	5,2 а.б.
Сатурн	1 430 100 000 км		143 см	9,6 а.б.
Уран	2 876 500 000 км		288 см	19.2 а.у.
Нептун	4 506 600 000 км		450 см	30,1 а.б.



2-тапсырма: Диаметр Үлгісі

Күн	1 392 000 км		139,0 см
Меркурий	4878 км		0,5 см
Венера	12 180 км		1,2 см
Жер	12 756 км		1,3 см
Марс	6 760 км		0,7 см
Юпитер	142 800 км		14,3 см
Сатурн	120 000 км		12,0 см
Уран	50 000 км		5,0 см
Нептун	45 000 км		4,5 см



2-тапсырма: Диаметр Үлгісі



Планетаның диаметрі масштабталатын футболка



3-тапсырма: Күннен диаметрлер мен қашықтық

Күн	1 392 000 км			25,0 см	
Меркурий	4878 км	57 900 000 км		0,1 см	10 м
Венера	12 180 км	108 300 000 км		0,2 см	19 м
Жер	12 756 км	149 700 000 км		0,2 см	27 м
Марс	6 760 км	228 100 000 км		0,1 см	41 м
Юпитер	142 800 км	778 700 000 км		2,5 см	140 м
Сатурн	120 000 км	1 430 100 000 км		2,0 см	250 м
Уран	50 000 км	2 876 500 000 км		1,0 см	500 м
Нептун	45 000 км	4 506 600 000 км		1,0 см	800 м

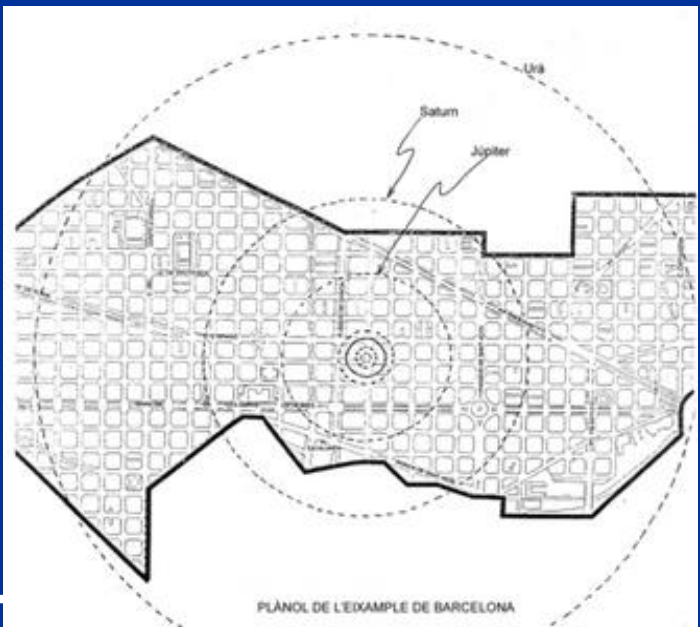
Әдетте мектеп ауласы тек Марсқа дейін созылады.



3-тапсырма: Ойын алаңындағы диаметрлер мен қашықтықтардың үлгісі ...



4-тапсырма: Қаладағы Үлгі (Барселона)



Күн	Кір жуғыш машина	Институтқа кіру (Puerta Instituto)
Меркурий	Уылдырық (жұмыртқа)	Дипломатиялық қонақүйге кіре берісте
Венера	Бұршак	Мендес Виго аллеясы
Жер	Бұршак	Мендес Виго мен Брук арасында
Марс	Бұрыш бұршақтары	Грасия алаңы
Юпитер	Апельсин	Балмес көшесі
Сатурн	мандарин	Валери Серра Лейн
Уран	талшын	Энтенза көшесі
Нептун	талшын	Санс станциясы



Мецтегі модель (Франция)



5-тапсырма: Уақыт Үлгісі

- $c = 300\,000 \text{ км/с}$

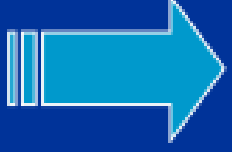
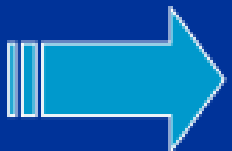
Жарықтың Жерден Айға өтуіне кететін уақыт:

$$t = \text{қашықтық } Z-L / c = 384\,000 \text{ км} / 300\,000 = 1,3 \text{ сек}$$

Планеталар
арасындағы
бейнеқоңырау
қандай болады?

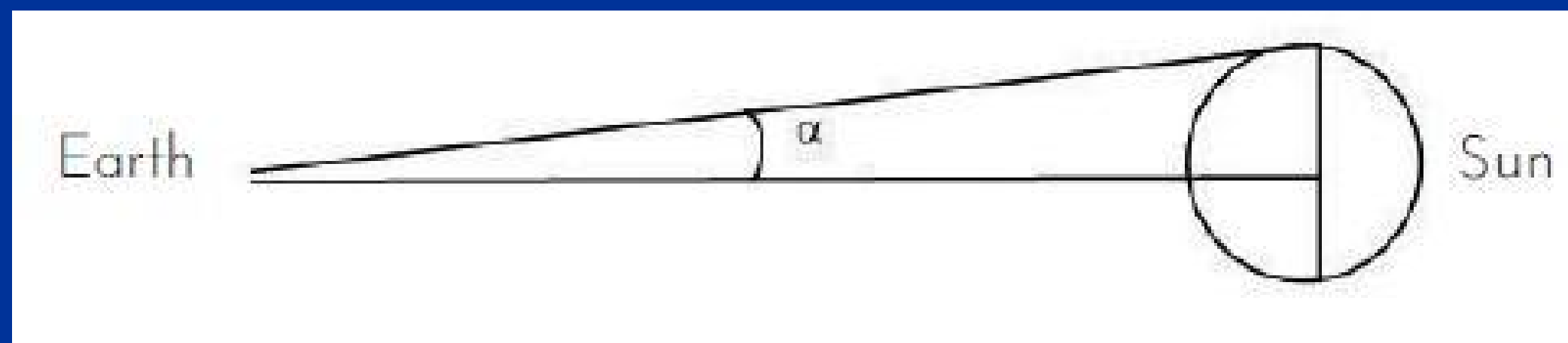


Күн сәулесінің түсуі үшін уақыт қажет...

Меркурий	57 900 000 км		3,3 минут
Венера	108 300 000 км		6,0 минут
Жер	149 700 000 км		8,3 минут
Марс	228 100 000 км		12,7 минут
Юпитер	778 700 000 км		43,2 минут
Сатурн	1 430 100 000 км		1,32 сағат
Уран	2 876 500 000 км		2,66 сағат
Нептун	4 506 600 000 км		4.16 сағат



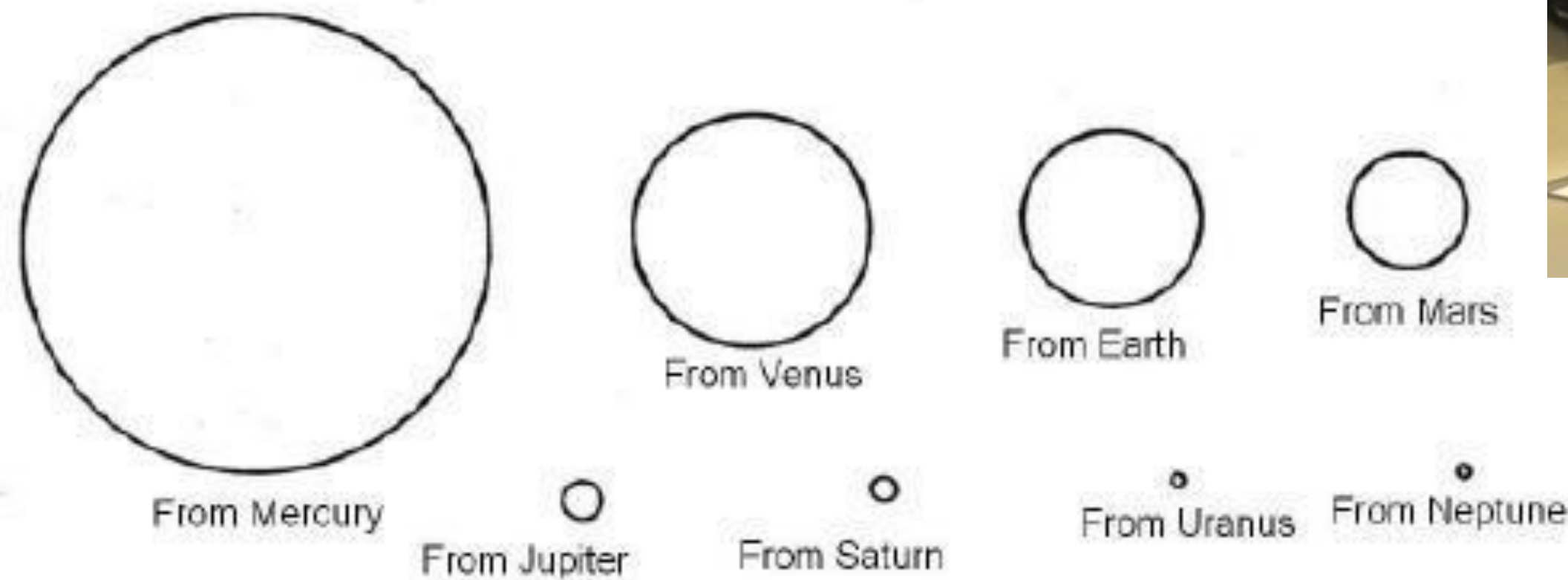
6-тапсырма: Күн әртүрлі планеталардан қалай көрінеді?



- $\alpha = \tan \alpha = \text{Күннің радиусы} / \text{Күнге дейінгі қашықтық}$
 $= 700\,000 / 150\,000\,000 = 0,0045 \text{ радиан} = 0,255^\circ$
- Күн Жерден $2\alpha = 0,51^\circ$ қашықтықта орналасқан



6-тапсырма: Күн әртүрлі планеталардан қалай көрінеді?



7-тапсырма: Тығыздық моделі

Күн	1,41 г/см ³		Күкірт (1,1-2,2)
Меркурий	5,41 г/см ³		Пирит (5.2)
Венера	5,25 г/см ³		Пирит (5.2)
Жер	5,52 г/см ³		Пирит (5.2)
Марс	3,90 г/см ³		Диафрагма (4,0)
Юпитер	1,33 г/см ³		Күкірт (1,1-2,2)
Сатурн	0,71 г/см ³		Қарағай ағашы (0,55)
Уран	1,30 г/см ³		Күкірт (1,1-2,2)
Нептун	1,70 г/см ³		Балшық (1,8-2,5)



8-тапсырма: Тегістеу моделі

- 35 x 1 см өлшемдегі картон жолақтарын кесіңіз.
- Оларды ұзындығы 50 см және диаметрі 1 см цилиндрлік таяқшаға бекітіңіз. Таяқша бойымен қозғалуы үшін төменгі ұшын бос қалдырыңыз.
- Таяқшаны бір бағытта, екіншісінде жылдам қозғалыстармен қолдарыңыздың арасында айналдырыңыз. Орталықтан тепкіш күш планеталар сияқты картон жолақтарын деформациялайды.



8-тапсырма: Тегістеу

Планеталар	(экваторлық радиус-полярлық радиус)/экваторлық радиус
Меркурий	0,0
Венера	0,0
Жер	0,0034
Марс	0,005
Юпитер	0,064
Сатурн	0,108
Уран	0,03
Нептун	0,03



9-тапсырма: Орбиталық период моделі

- Арқанның бір ұшына гайканы байлап, екінші ұшын қолмен ұстаңыз.
- Арқанды басыңыздың үстіннен айналдырыңыз.
- Арқан неғұрлым ұзын болса, бір толық айналым (орбиталық период) жасауға соғұрлым көп уақыт кетеді.
- Ал арқанды қысқартсаңыз, бір айналымға кететін уақыт азаяды.



9-тапсырма: Жер орбитасының деректері

Орбитаның орташа жылдамдығы $v = 2\pi R / T$

Жер үшін

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

$$v = 2\,582\,100 \text{ км/тәу} = 107\,590 \text{ км/сағ} = 29,9 \text{ км/с}$$

(Күннің Галактика центрінің айналасындағы орташа орбиталық жылдамдығы 220 км/с немесе 800 000 км/сағ.)



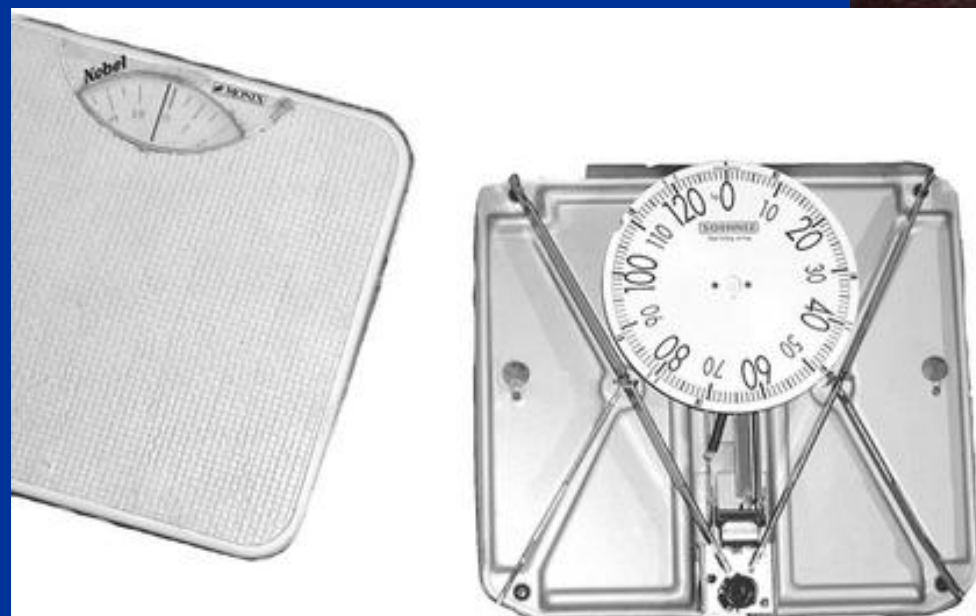
9-тапсырма: Орбиталық мәліметтер

Планета	Орбиталық кезең (күн)	Күннен қашықтығы (км)	Орбитаның орташа жылдамдығы (км/с)	Орбитаның орташа жылдамдығы (км/сағ)
Меркурий	87-97	57.9×10^6	47.90	172 440
Венера	224.70	108.3×10^6	35.02	126 072
Жер	365.26	149.7×10^6	29.78	107 208
Марс	686.97	228.1×10^6	24.08	86 688
Юпитер	4331.57	778.7×10^6	13.07	47 052
Сатурн	10759.22	1430.1×10^6	9.69	34 884
Уран	30799.10	2876.5×10^6	6.81	24 876
Нептун	60190.00	4506.6×10^6	5.43	19 558



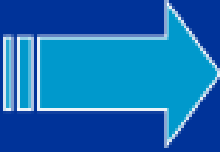
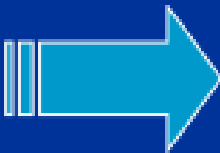
10-тапсырма: Беткі тартылыс күшінің үдеу моделі

- Беткі гравитация, $F = G M m / d^2$, мұнда $m = 1$, $d = R$. Осылайша, $g = G M / R^2$, мұнда $M = 4/3 \pi R^3 \rho$
- Ауыстырамыз: $g = 4/3 \pi G R \rho$



10-тапсырма: Беткі тартылыс Үдеулері

Барлық планеталардың массасы бірдей, тек салмағы (тартылыс күші) әр түрлі

Планеталар	Радиус	Тығыздығы		сәйкес есептеу	Нақты сәйкес.	
Меркурий	2 439 км	5,4 г/см ³		0,378	3,70 м/с ²	0,37
Венера	6 052 км	5,3 г/см ³		0,894	8,87 м/с ²	0,86
Жер	6 378 км	5,5 г/см ³		1000	9,80 м/с ²	1.00
Марс	3 397 км	3,9 г/см ³		0,379	3,71 м/с ²	0,38
Юпитер	71 492 км	1,3 г/см ³		2.540	23,12 м/с ²	2.36
Сатурн	60 268 км	0,7 г/см ³		1,070	8,96 м/с ²	0,91
Уран	25 559 км	1,2 г/см ³		0,800	8,69 м/с ²	0,88
Нептун	25 269 км	1,7 г/см ³		1.200	11,00 м/с ²	1.12
Ай					1,62 м/с ²	0,16

11-тапсырма: «Соққы кратерлері» моделі

- Газет жайып, төңіректің былғанбауын қамтамасыз етіңіз.
- Терең емес ыдысқа елек арқылы 1–2 см қалыңдықта ұн қабатын салыңыз. Бұл бетінің тегіс болуына көмектеседі.
- Ұнның үстіне бірнеше миллиметр қалыңдықта елекпен какао ұнтағын себіңіз.
- Биіктігі шамамен 2 метрден 1 ас қасық какао ұнтағын тастаңыз. Бұл соққы кратерлеріне ұқсас із қалдырады.
- Қолданылған ұнды келесі тәжірибе үшін қайта пайдалануға болады.



12-тапсырма: шығу жылдамдығы

$$E_{\text{кин}} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_{\text{пот}} = -GM_{\text{планета}} m / R_{\text{планета}}$$

$$E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = 0$$

$$g_{\text{планета}} = GM_{\text{планета}} / R_{\text{планета}}^2$$

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

$$\frac{1}{2} mv^2 = g_{\text{планета}} m R_{\text{планета}}$$

Түсу жылдамдығының нәтижесі:

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



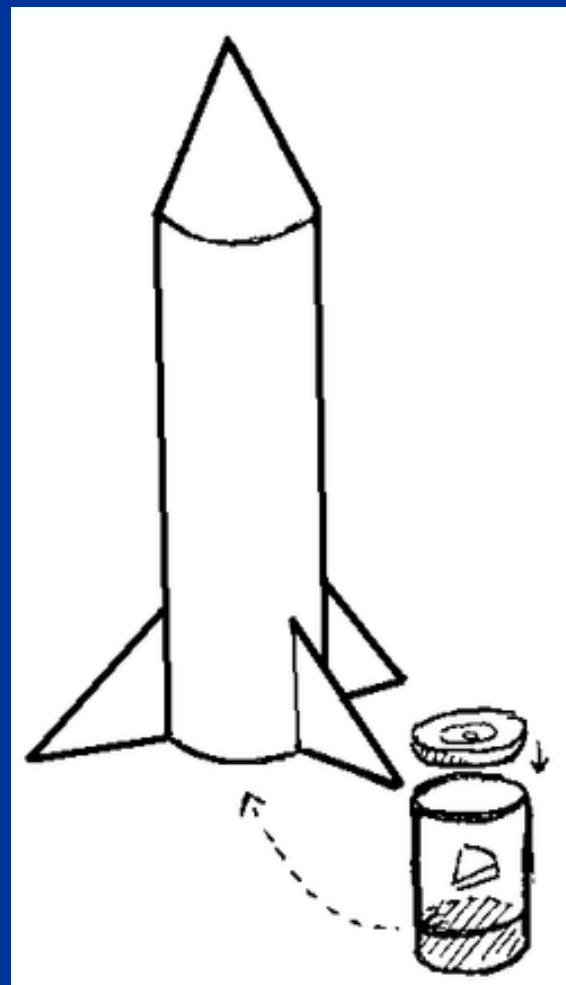
12-тапсырма: Екінші Ғарыштық жылдамдық

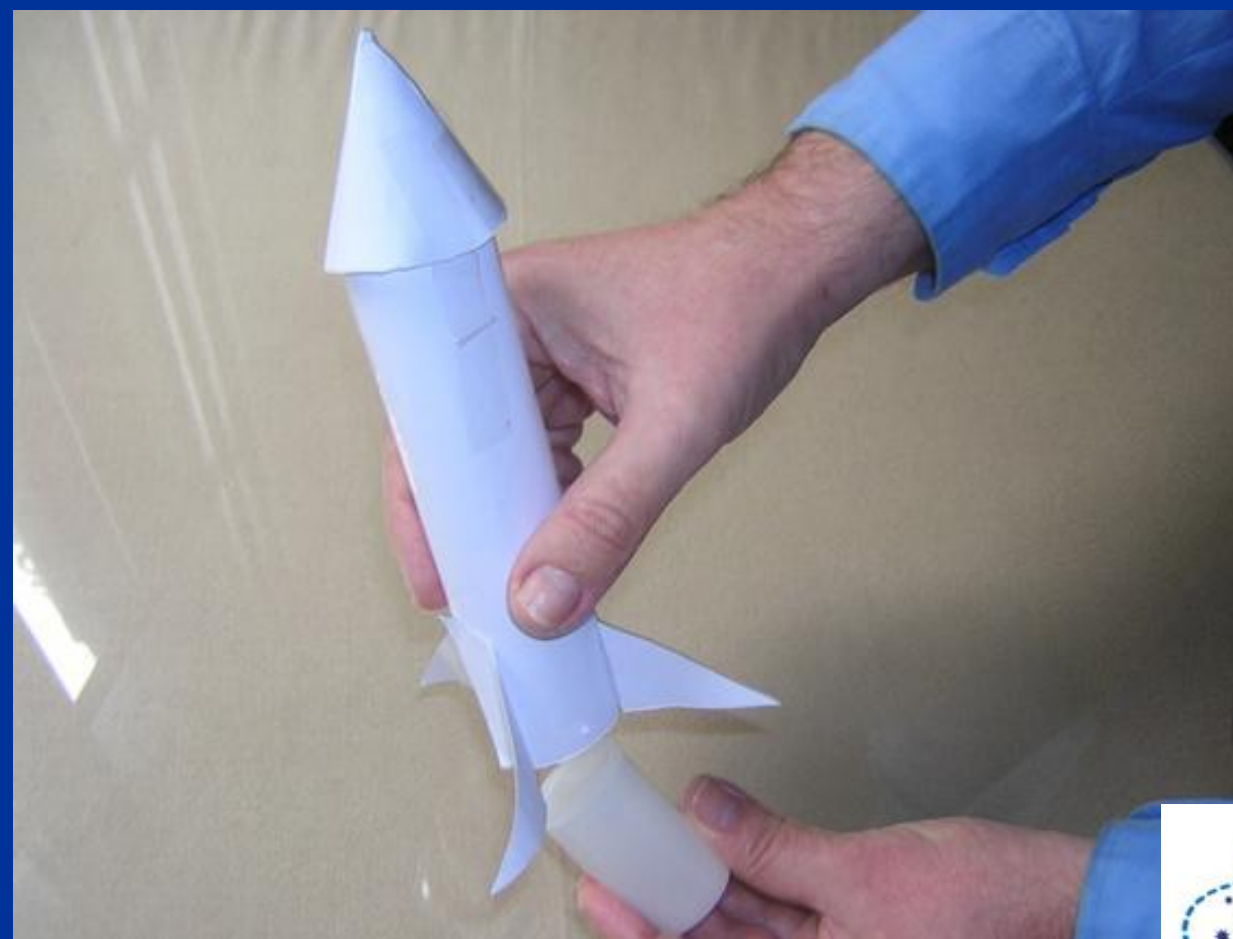
Планеталар	Экваторлық радиус	$g_{\text{планета}}/g_{\text{жер}}$		шығу жылдамдығы
Меркурий	2 439 км	0.378		4.3 км/с
Венера	6 052 км	0.894		10.3 км/с
Жер	6 378 км	1.000		11.2 км/с
Марс	3 397 км	0.379		5.0 км/с
Юпитер	71 492 км	2.540		59.5 км/с
Сатурн	60 268 км	1.070		35.6 км/с
Уран	25 559 км	0.800		21.2 км/с
Нептун	25 269 км	1.200		23,6 км/с



12-тапсырма: Зымыран ұшыру

- Картон
- Пленкаға арналған контейнер
- көпіршікті таблетканың $\frac{1}{4}$





Күннен тыс планеталық жүйелер



1995 жылы Майкл Майор мен Дидье Келос
51 Пегаси жұлдызын айналып өтетін
экзопланета ашылғанын жариялады.



2M1207b, тікелей кескінделген (ESO)

Экзопланетаның
алғашқы суреті
2003 жылдың 16
наурызы



Біз технологияға тәуелдіміз



Галилео Сатурнды алғаш рет 1610 жылы телескоп арқылы бақылаған. Ол мөлдір сақина көрмеді, бірақ оны үш денелі жұлдыз деп түсінді.

Сақинаның құпиясын шешу үшін біз Гюйгенсті (1659) жетілдірілген телескоппен күтуге тура келді. Сондықтан Рубенстің (1636–1638) картинасында Сатурн Галилейдің ашқан жаңалығы бойынша үш нысанмен бейнеленген.



Экзопланеталардың атаулары

Орталық жұлдыздың атынан
кейін жүйеде ашылған бірінші
планета үшін «b» әрпінен
басталатын әріп қойылады.
(мысалы, *51 Pegasus b*).



Келесі планета әліпбидің келесі әрпінің атымен
аталады c, d, e, f, т.б.

(*51 Pegasus c*, *51 Pegasus d*, *51 Pegasus e* немесе *51 Pegasus f*).



Экзопланеталарды анықтау әдістері

Көптеген әдістер қолданылады:

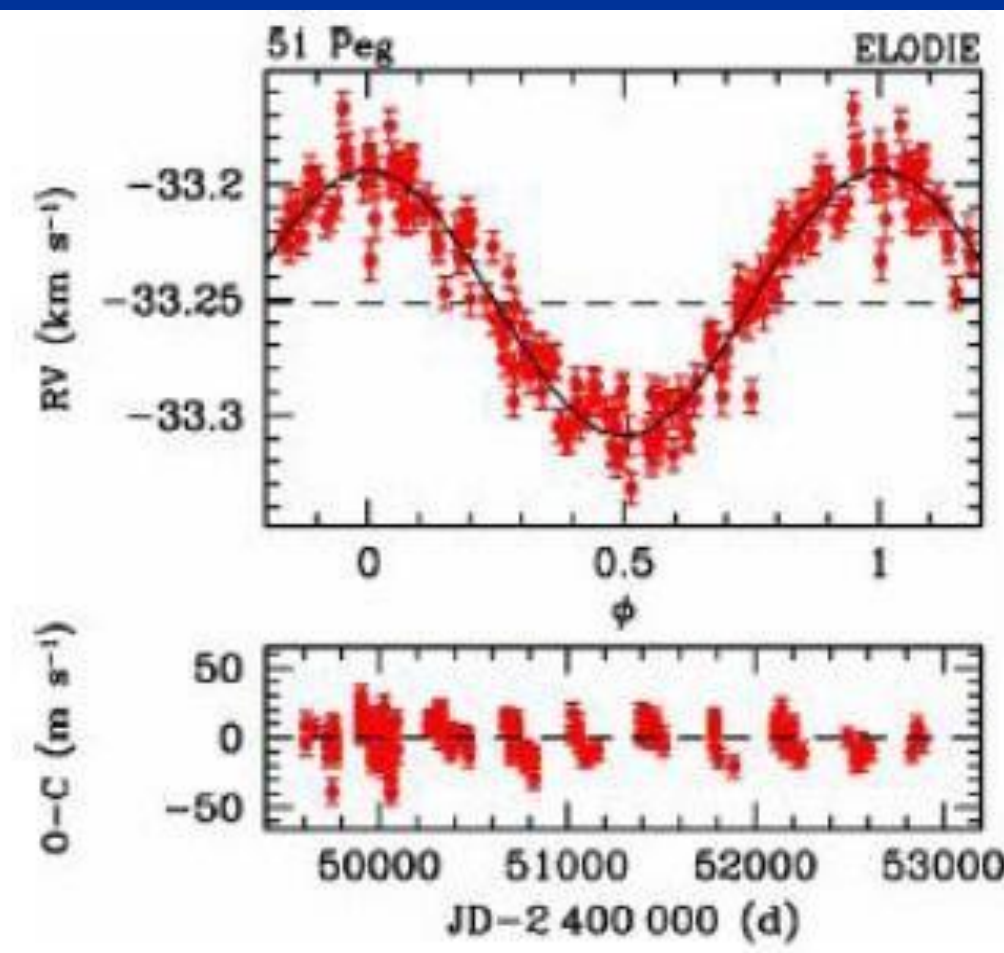
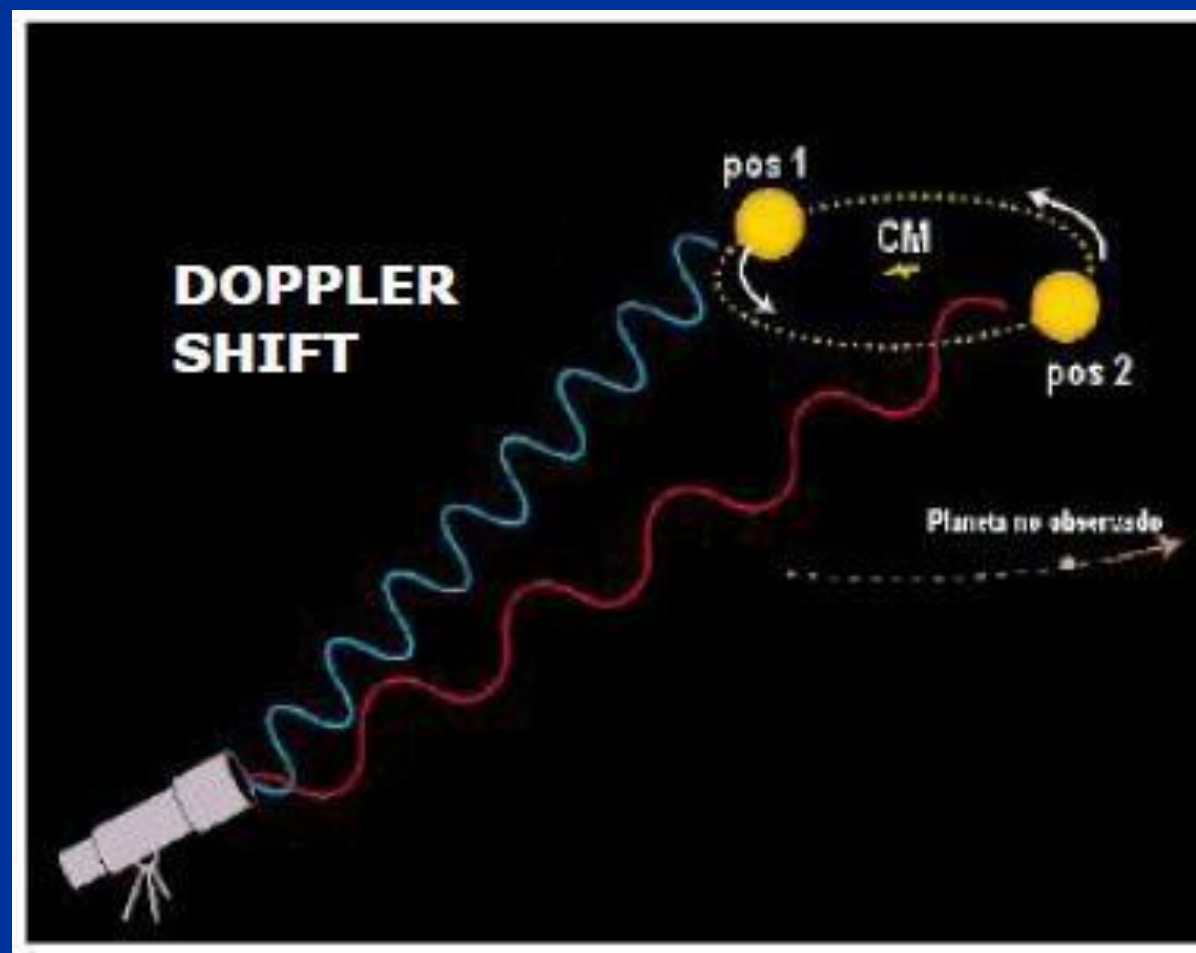
- Радиалды жылдамдық және Доплер эффектісі
- Транзиттік әдіс
- Микролиннизация
- Басқа



Анықтау әдісі: радиалды жылдамдық

Планетаның немесе жұлдыз жүйесінің барицентрі айналасында айналу кезіндегі жұлдыздың радиалды жылдамдығының өзгеруі Доплер эффектісі арқылы өлшенеді.

Дәл осы әдісті қолдану арқылы алғашқы экзопланета 51 Pegasus b ашылды.

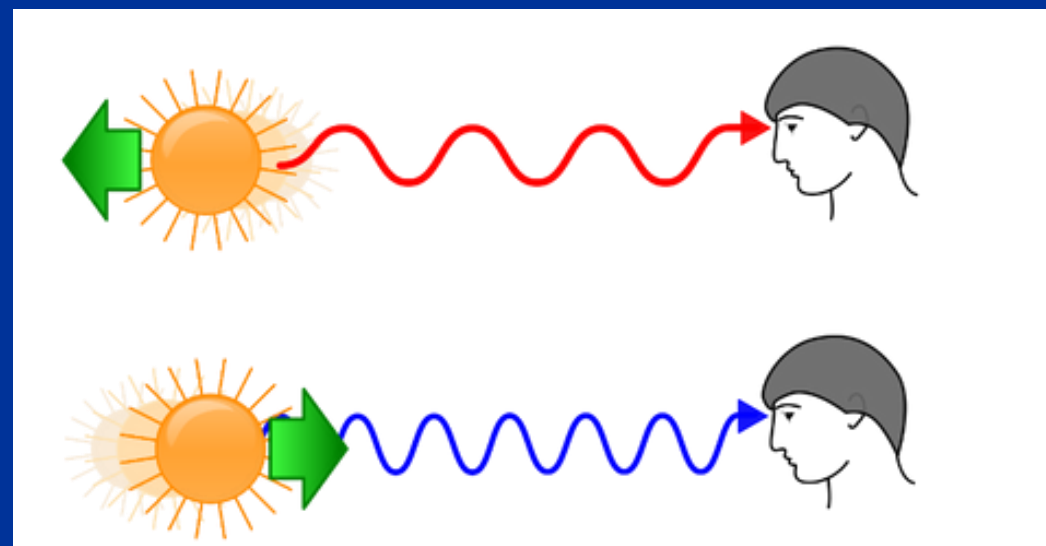


13-тапсырма: Доплер эффе́ктісі

Доплер эффе́ктісі — жарық көзі қозғалған кезде толқын ұзындығының өзгеруі.

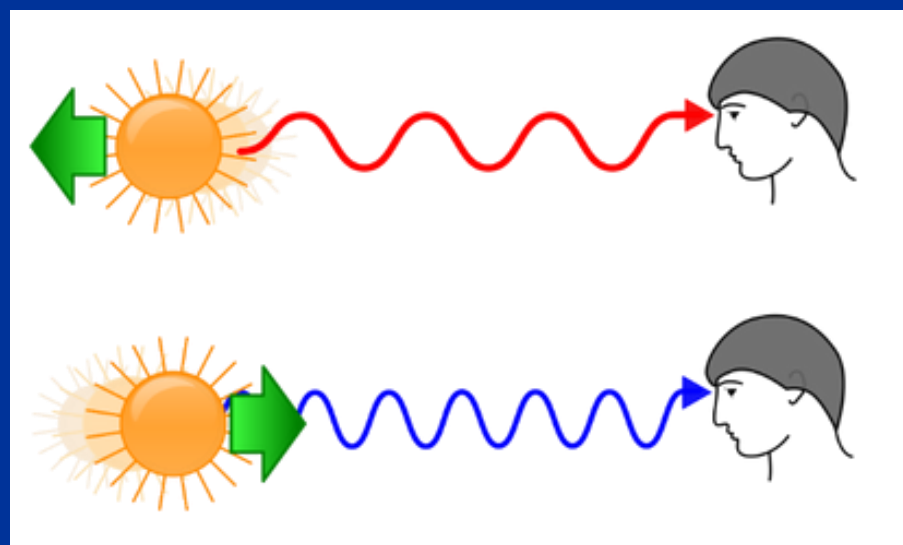
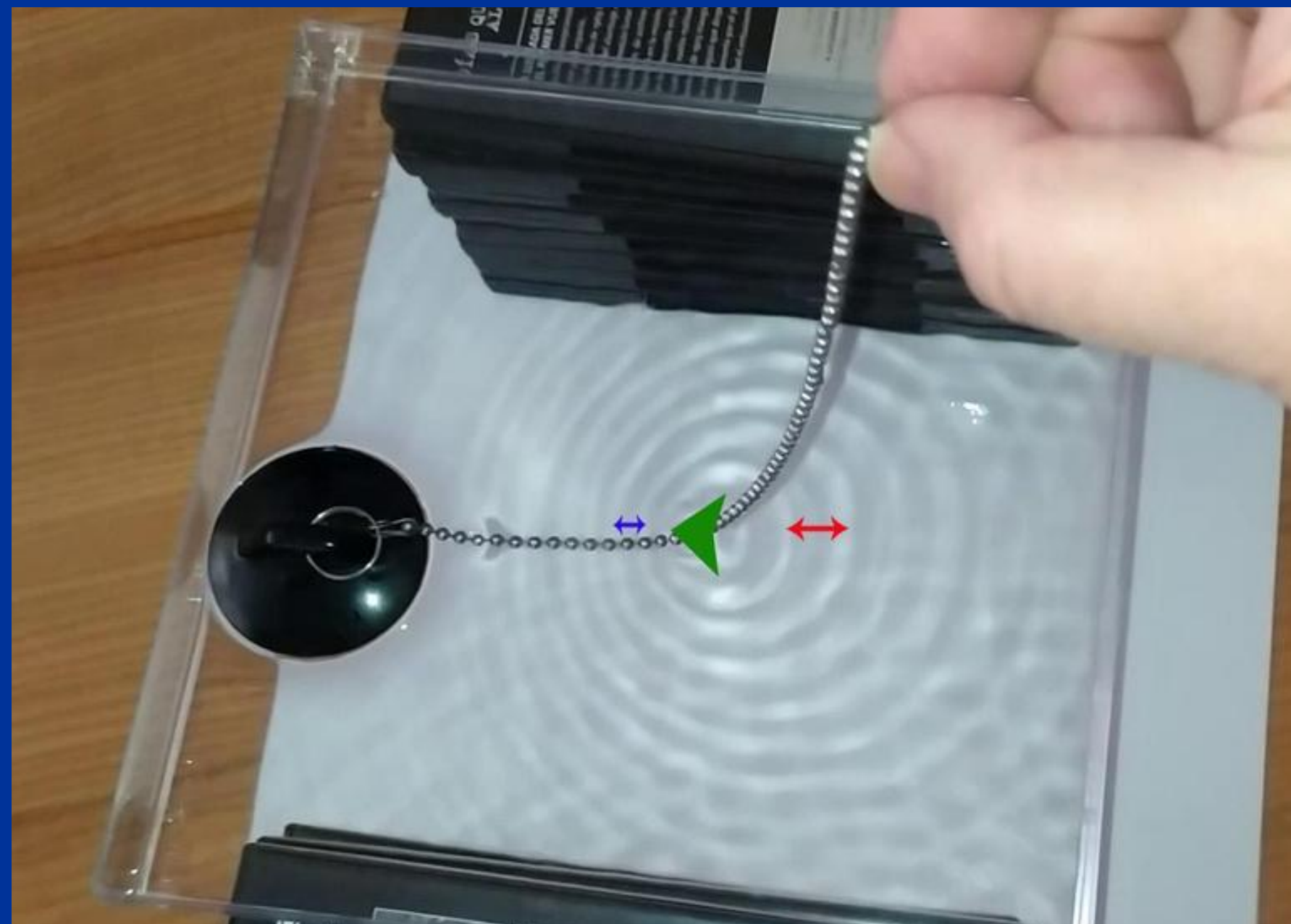
Көзге жақындаған сайын толқын ұзындығы қысқарады және байқалатын жарық көрінетін спектрдің көк бөлігіне қарай ығысады.

Сіз алыстаған сайын толқын ұзындығы ұзарады және бақыланатын жарық көрінетін спектрдің қызыл ұшына қарай ығысады.



13-тапсырма: Доплер эффе́ктісі

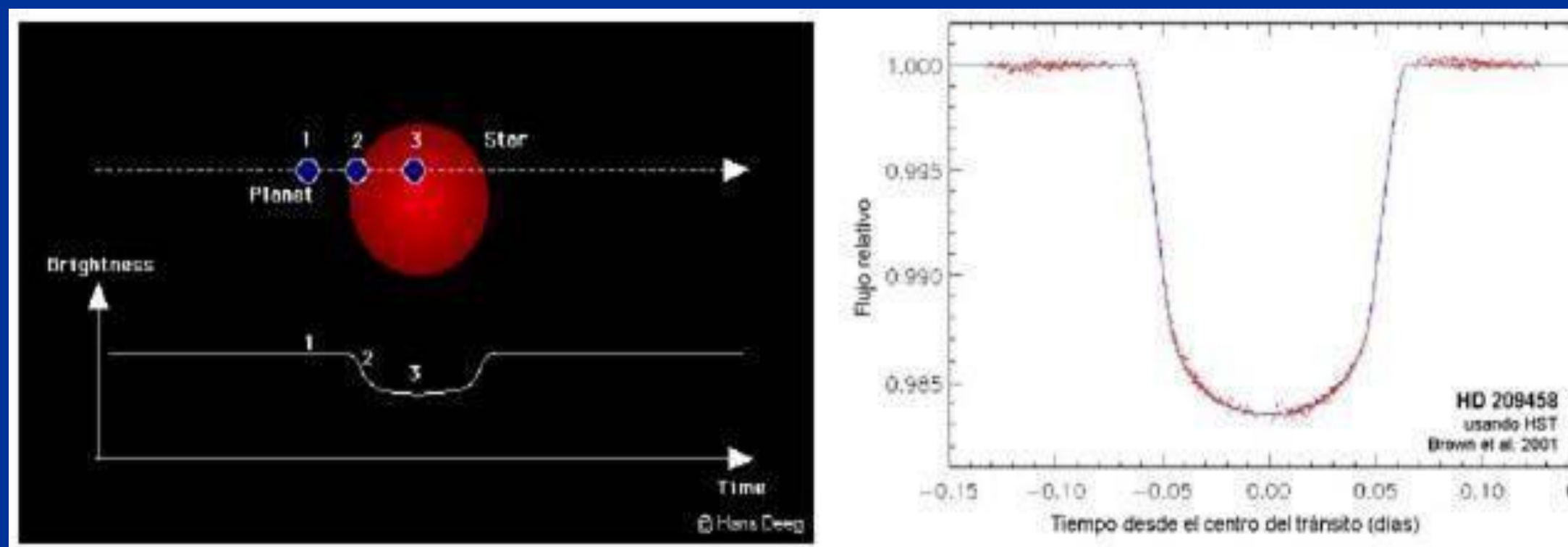
Ол шелек су, шынжырлы
қақпақ және ұялы
телефонның жарқылы
арқылы қайта жасалды.



Анықтау Әдісі: транзиттік

Экзопланетаның өтуі кезінде жұлдыздың жарықтығы
аздап төмендейді.

Күн типті жұлдыздар мен Юпитер өлшеміндегі планеталар үшін
жарықтылықтың төмендеуі шамамен 1% құрайды, ал Жер өлшеміндегі
планеталар үшін кему шамамен 0,03% құрайды.



14-тапсырма: Транзитті модельдеу

Біз екі шарды қолданамыз: бір үлкені - жұлдызға, екіншісі - жұлдызды айналып өтетін экзопланетаға арналған.

Егер бақылаушы бір орбиталық жазықтықта болса және сол жерден бақылайтын болса, сіз экзопланета жұлдыздың алдынан өтіп, жұлдыздың жарықтығы төмендегенін көресіз.

Бірақ егер бақылаушы бір орбиталық жазықтықта болмаса, жарықтық қисығының өзгерісі байқалмайды.



Орбиталық жазықтықтағы бақылаушы

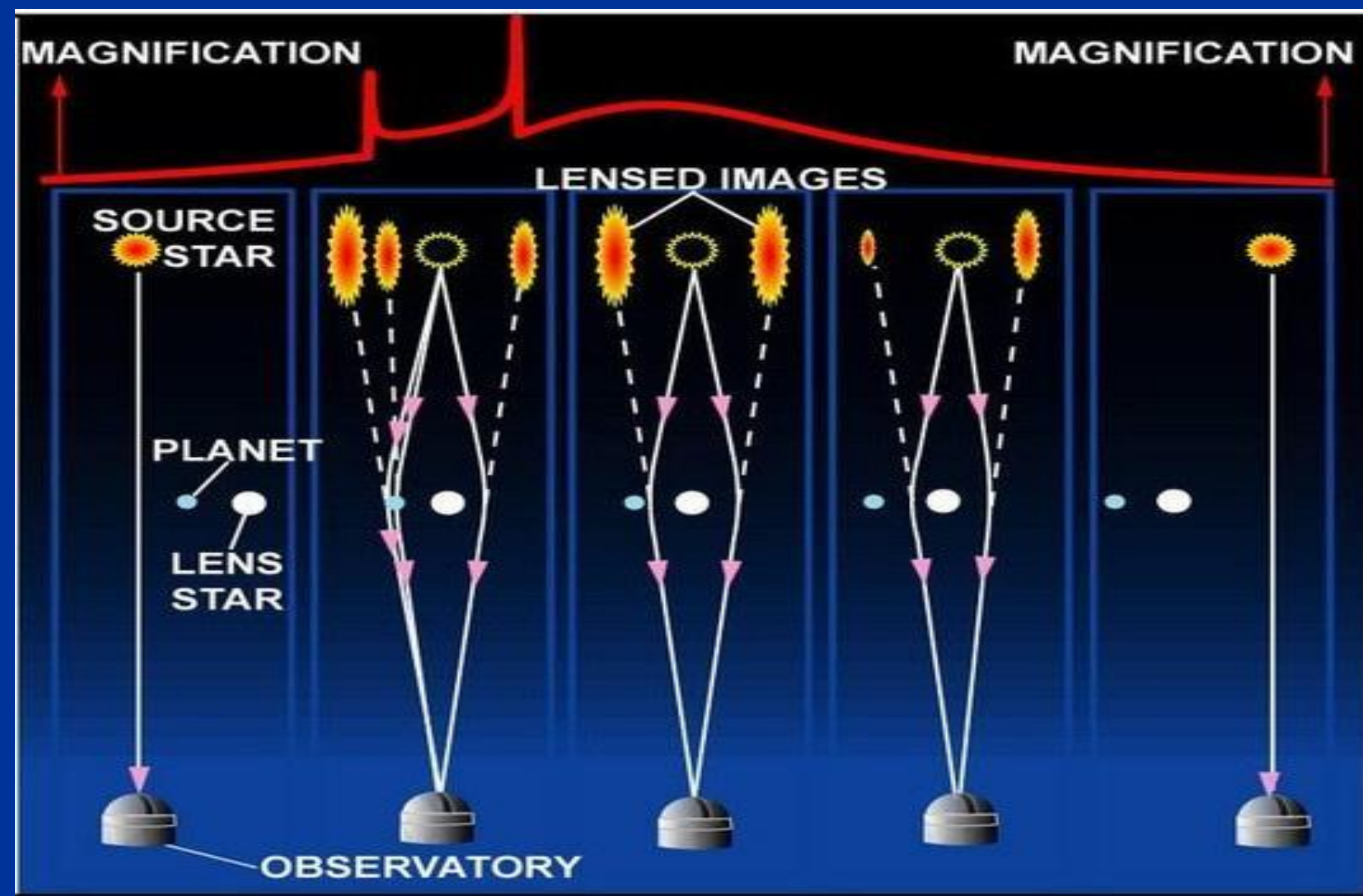


Орбиталық жазықтықтан тыс бақылаушы



Анықтау Әдісі: микролинзау

Жұлдыз-экзопланета жүйесі жүйенің жұлдызмен немесе гравитациялық линзаланатын объектімен теңестірілуіне байланысты ұлғайған немесе бұрмаланған.



Үш дене (Жер, объектив нысаны және экзопланета жұлдызы) арасында толық визуалды туралау болуы



15-тапсырма: Микролинзаларды модельдеу



Бокалдың тек бір сабағын пайдаланған кезде ештеңе көрінбейді.



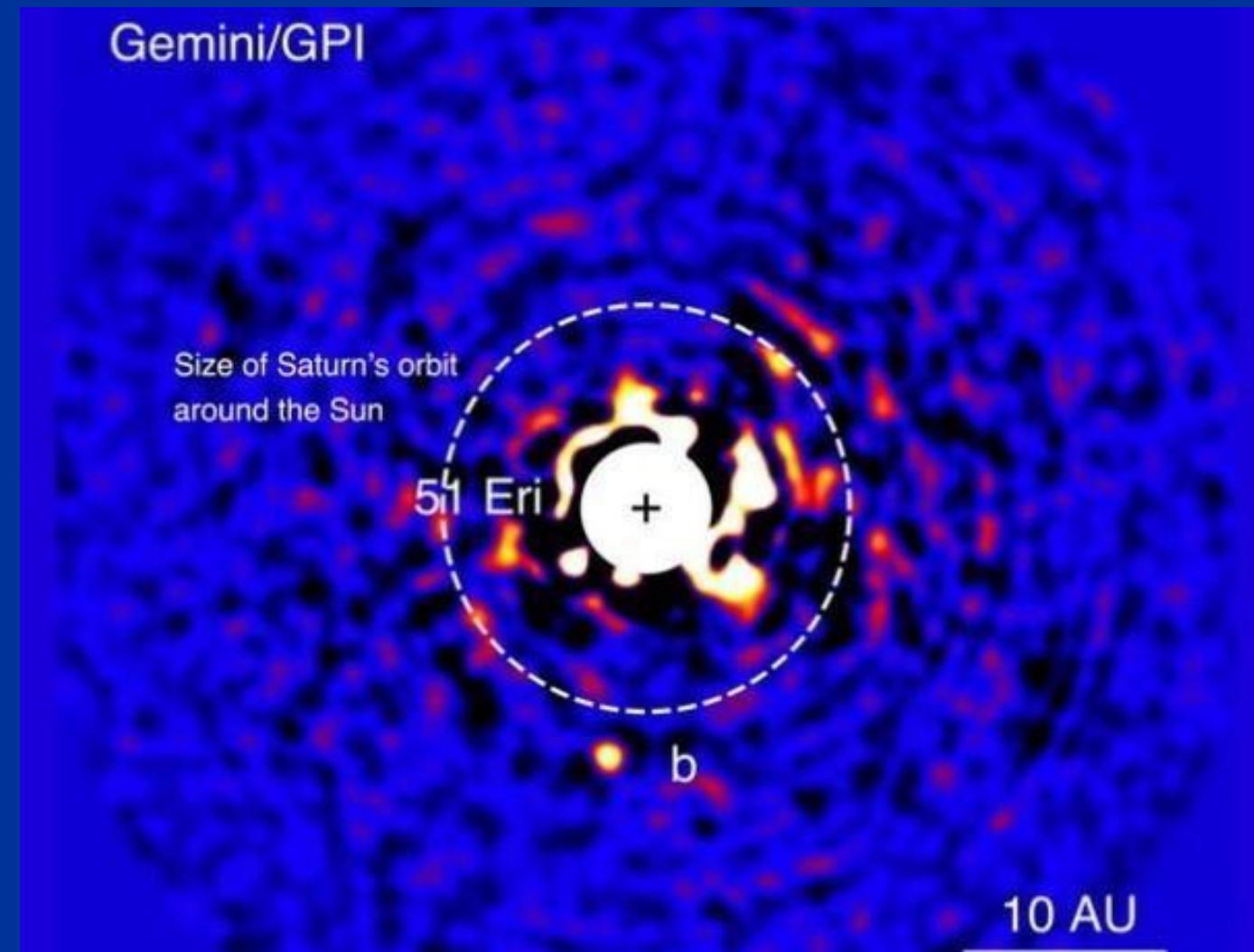
Бокалдың екі сабақтарын пайдаланған кезде:

Егер біреуін екіншісінің үстінен жылжытсақ алдымен бір нүкте, кейін екі нүкте пайда болады.



Анықтау әдісі: тікелей

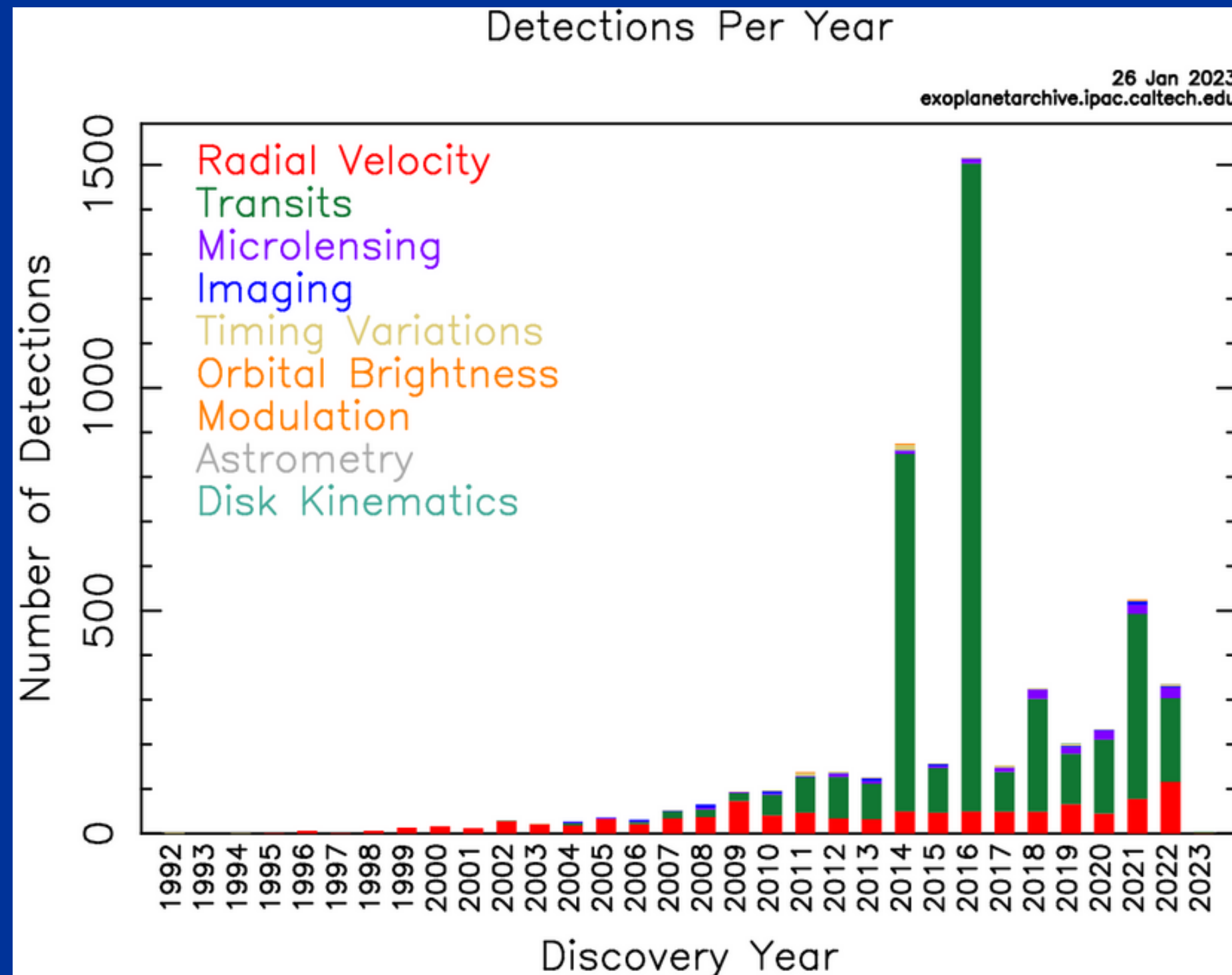
Жұлдыздың бейнесі
оның айналасында
экзопланеталар бар-
жоғын анықтау үшін
зерттеледі.



Жұлдыз шығаратын жарық мөлшеріне
байланысты мұны орындау оңай емес.



Әр түрлі анықтау әдістеріне негізделген 2023 белгілі экзопланета



Экзопланетарлық жүйелердің модельдері

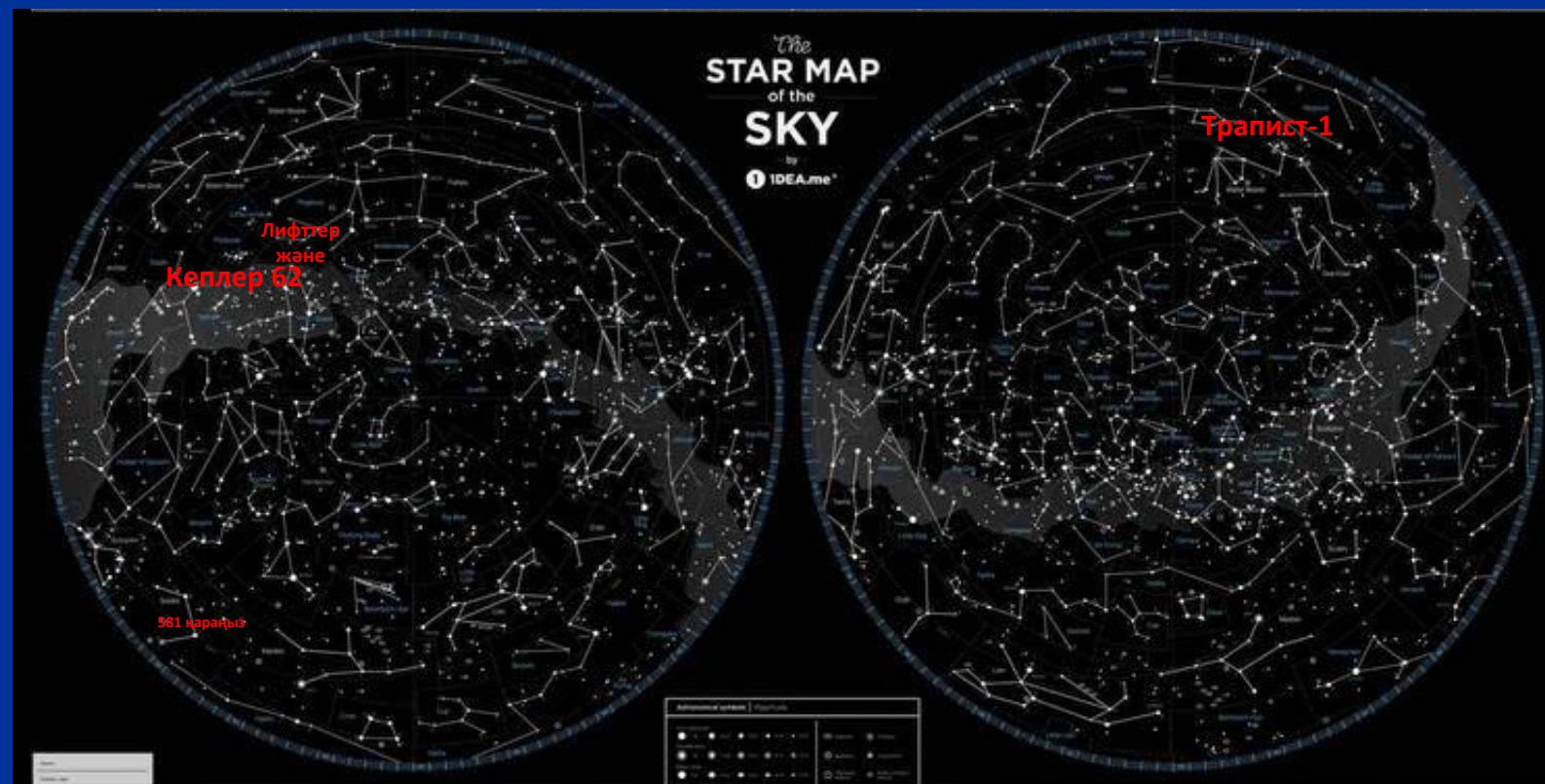
Қазіргі таңда шамамен 4000 планеталық жүйе және 5300-ден астам экзопланета ашылған, сондай-ақ 10 000-ға жуық бақылау жүргізілген, олардың кейбірі планета болуы мүмкін.

Реактивті қозғалыс зертханасы (NASA; <http://planetquest.jpl.nasa.gov/>)

Масса Юпитердің массасымен ($1,9 \times 10^{27}$ кг) немесе Жердің массасымен ($5,97 \times 10^{24}$ кг) салыстырылады.



16-тапсырма: Экзопланетарлық жүйелердің масштабты модельдері



Қашықтық $1 \text{ AU} = 1 \text{ м}$
Диаметрі $10000 \text{ км} = 0,5 \text{ см}$



16-тапсырма: Күн жүйесінің құрылысы:

Күн жүйесі	Қашықтық а.б.	Диаметрі км	Үлгі қашықтығы	Модельдің диаметрі
Меркурий	0,39	4 879	40 см	0,2 см
Венера	0,72	12 104	70 см	0,6 см
Жер	1	12 756	1 м	0,6 см
Марс	1.52	6 794	1,5 м	0,3 см
Юпитер	5.2	142 984	5 м	7 см
Сатурн	9.55	120 536	10 м	6 см
Уран	19.22	51 118	19 м	2,5 см
Нептун	30.11	49 528	30 м	2,5 см

Қондырушы жұлдыз - Күн G2V, модельдегі Күннің диаметрі 35 см.

Қашықтық 1 AU = 1 м Диаметрі 10000 км = 0,5 см



16-тапсырма: Бірінші экзопланетарлық жүйені құру:

Upsilon Andromedae планетасы (Титавин)	Ашылған жылы	Қашықты қ а.б.	Диаметрі км	Үлгі қашықт ығы	Модельдің диаметрі
Ups And b/Saffar	1996 жыл	0,059	108 000	6 см	5,5 см
Ups And c/Samh	1999	0,830	200 000	83 см	10 см
Ups And d/Majriti	1999	2.510	188 000	2,5 м	9 см
Ups And e/Titawin e	2010	5.240	140 000	5,2 м	7 см

Қондырушы жұлдыз: Upsilon Andromedae (спектрлік класс F8V), қашықтығы 44 жарық жылы, диаметрі Күннің диаметрінен 1,28 есе, модельде 45 см.

Қашықтық 1 AU = 1 м Диаметрі 10000 км = 0,5 см



16-тапсырма: «Жерге ұқсас» планеталарды құрастыру

Gliese 581	Ашылған жылы	Қашықтық а.б.	Диаметрі км	Үлгі қашықтығы	Модельдің диаметрі
Gl.581 e	2009	0,030	15 200	3 см	0,8 см
Gl.581 b	2005	0,041	32 000	4 см	1,6 см
Gl.581 c	2007	0,073	22 000	7 см	1,1 см

Қондырушы жұлдыз: Gliese 581 (спектрлік класс M2,5V), Таразы шоқжұлдызында 20,5 жарық жылы қашықтықта орналасқан. Модельдегі 0,29 Күннің диаметрі 10 см.

Қашықтық 1 AU = 1 м Диаметрі 10000 км = 0,5 см



16-тапсырма: «Тұруға жарамды Жер тәрізді»

планеталарды құрастыру

Kepler-62 планетасы	Ашылған жылы	Қашықтық а.б.	Диаметрі км	Үлгі қашықтығы	Модельдің диаметрі
Kepler-62 b	2013	0,056	33 600	5,6 см	1,7 см
Kepler-62 c	2013	0,093	13 600	9 см	0,7 см
Kepler-62 d	2013	0,120	48 000	12 см	2,4 см
Kepler-62 e	2013	0,427	40 000	43 см	2 см
Kepler-62 f	2013	0,718	36 000	72 см	1,8 см

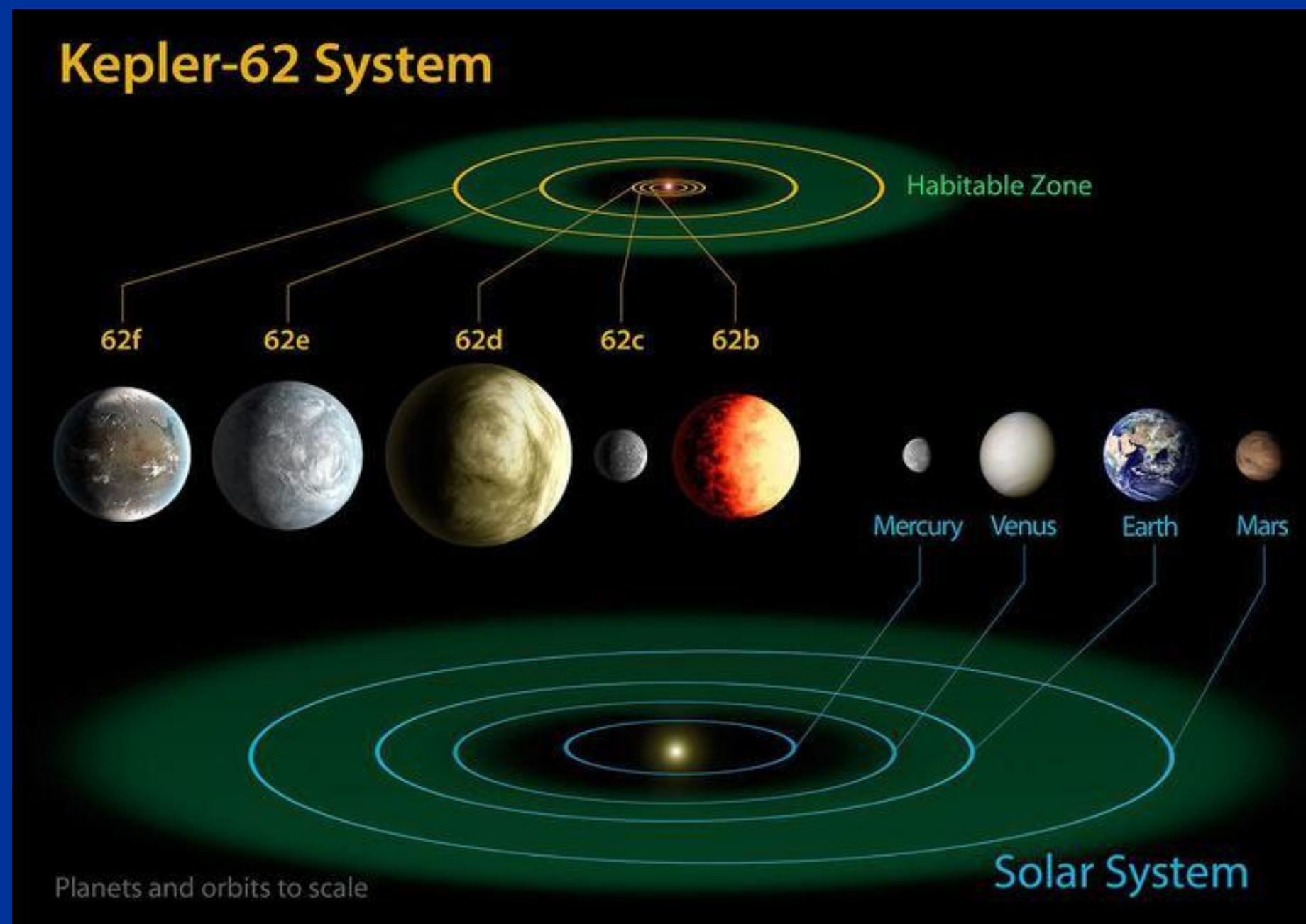
Kepler 62 K2V жұлдызы Лира шоқжұлдызында 1200 жарық жылы қашықтықта орналасқан. Модельдегі Күн диаметрі 0,64 дюймді (22 см) құрайды.

Қашықтық 1 AU = 1 м Диаметрі 10000 км = 0,5 см



Экзопланеталардың өмір сүру мүмкіндігі

- Кеплер-62 тіршілік ету аймағында: Екі экзопланетаның бетінде сұйық су болуы мүмкін. Өмір сүруге жарамды аймақтың ішкі бөлігіне жақын орналасқан Kepler-62e үшін бұл бетті қыздыратын радиацияны азайтатын шағылыстыратын бұлттарды жабуды қажет етеді. Кеплер-62f, керісінше, өмір сүруге қолайлы аймақтың сыртқы бөлігінде.



16-тапсырма: «Жер тектес тіршілік ететін планеталарды» құру

Trappist-1 планетасы	Ашылған жылы	Қашықтық а.б.	Диаметрі км	Үлгі қашықтығы	Модельдің диаметрі
Trappist-1 b	2016	0,012	28 400	1,2 см	1,4 см
Trappist-1 c	2016	0,016	28 000	1,6 см	1,4 см
Trappist-1 d	2016	0,022	20 000	2,2 см	1,0 см
Trappist-1 e	2017	0,030	23 200	3,0 см	1,2 см
Trappist-1 f	2017	0,039	26 800	3,9 см	1,3 см
Trappist-1 g	2017	0,047	29 200	4,7 см	1,5 см
Trappist-1 h	2017	0,062	19 600	6,2 см	1,0 см

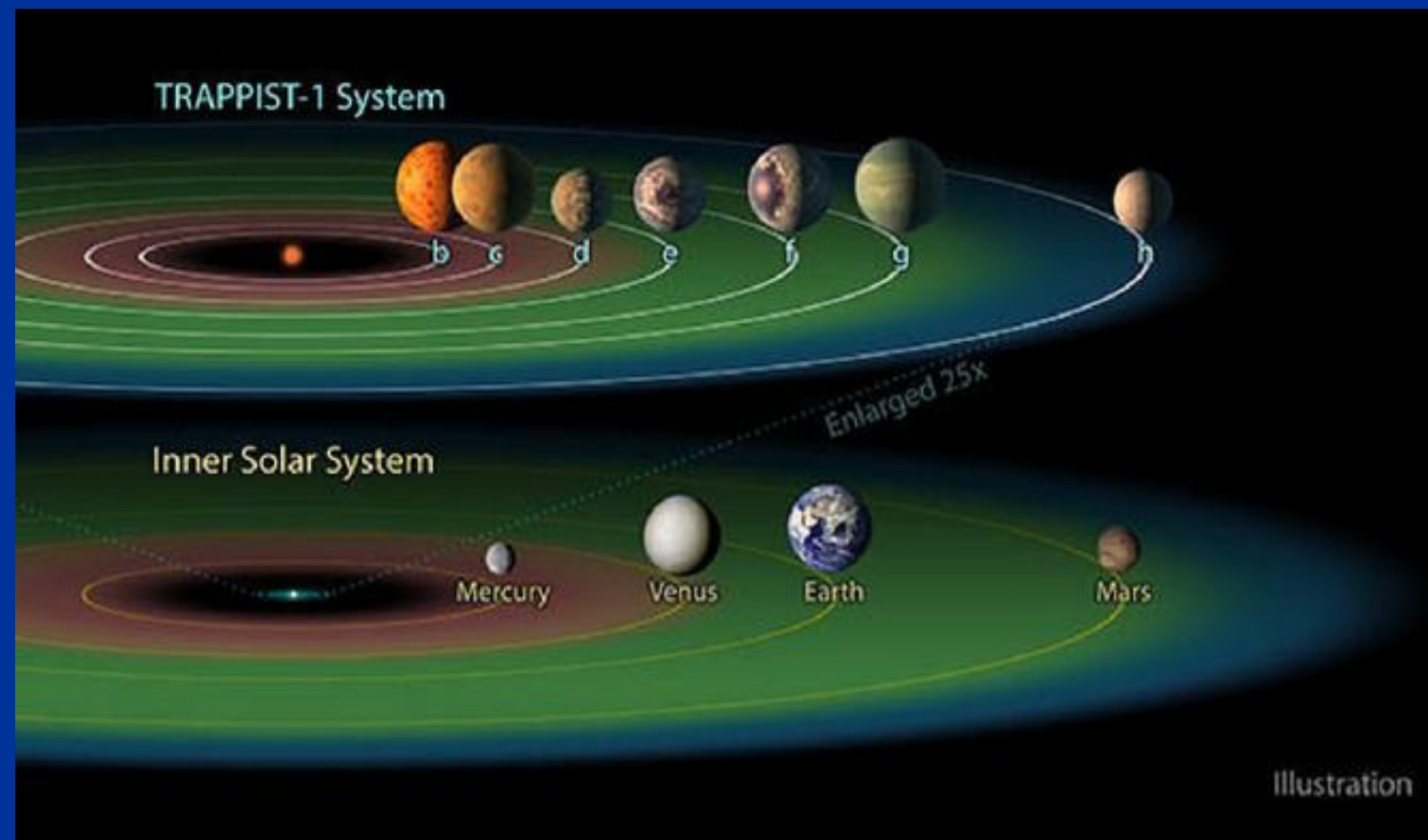
Trappist-1 (M8V) жұлдызы суқұйғыш шоқжұлдызында 40 жарық жылы қашықтықта орналасқан. Модельдегі 0,1 Күннің диаметрі 4 см.

Қашықтық 1 AU = 1 м Диаметрі 10000 км = 0,5 см



Экзопланеталардың өмір сүру мүмкіндігі

- Trappist-1 жүйесіндегі планеталар жартасты және олардың беттерінде сұйық, бу немесе мұзды қабық тәрізді судың көп мөлшері болуы мүмкін. Trappist-1-дің өмір сүруге жарамды аймағында Trappist-1e деп аталатын планета бар, оның ядросы Жермен салыстыруға болатын сияқты. Бұл оның жүйедегі Жерге ең ұқсас планета екенін және қорғаныш магнитосферасы бар екенін көрсететін сияқты.



Қорытынды

- Планеталар туралы білімдер нақты әрі түсінікті бола түседі.
- Өзара байланыстар арқылы өлшемдер мен қашықтықтарды жақсы түсінуге мүмкіндік беретін "параметрлерді" анықтауға болады.
- Күн жүйесі "бос кеңістік" сияқты көрінеді (объектілер арасындағы қашықтықтар өте үлкен).
- Экзопланеталар ұғымымен танысу жүргізілді. Оларды анықтау әдістері қарастырылды.



Назар аударғаныңызға рақмет!

