

Айдың және күннің тұтылуын зерттеу

Роза М. Рос

*Халықаралық астрономиялық одақ
Каталония политехникалық университеті, Испания*



Мақсаттар

- Айда неге фазалар болатынын түсіну
- Айдың тұтылу себептерін түсіну
- Айдың тұтылуы неліктен болатынын түсіну
- Жер-Ай-Күн жүйесіндегі қашықтықтар мен диаметрлерді анықтау



Жарық пен көлеңкені аңғару

- Жер-Ай-Күн жүйесі: фазалар және тұтылу
- Салыстырмалы орналасу және көлеңкелер



1 тапсырма: Айдың арғы жағының моделі

- 2 ерікті: біреуі ортада (жер), екіншісі оның айналасында (ай) айналады
- Айды жерге қарайтындай етіп қойыңыз және оны жерге қатысты 90 бұрышпен, сондай-ақ өз осінің айналасында айналдырыңыз. Процесті бастапқы позицияға жеткенше дейін қайталаңыз.



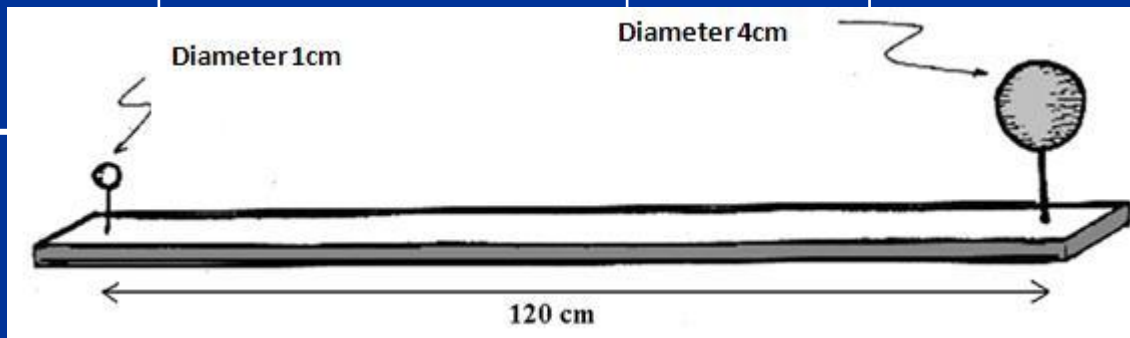
2 тапсырма: Айдың фазаларын түсіндіретін фонарь (күн) моделі

- 5 ерікті: біреуі ортада (жер) және тағы 4 адам айдың фазаларын маскалармен бейнелейді (біреуі толық жарықтандырылған, екеуі жартылай жарықтандырылған және біреуі көлеңкеде)



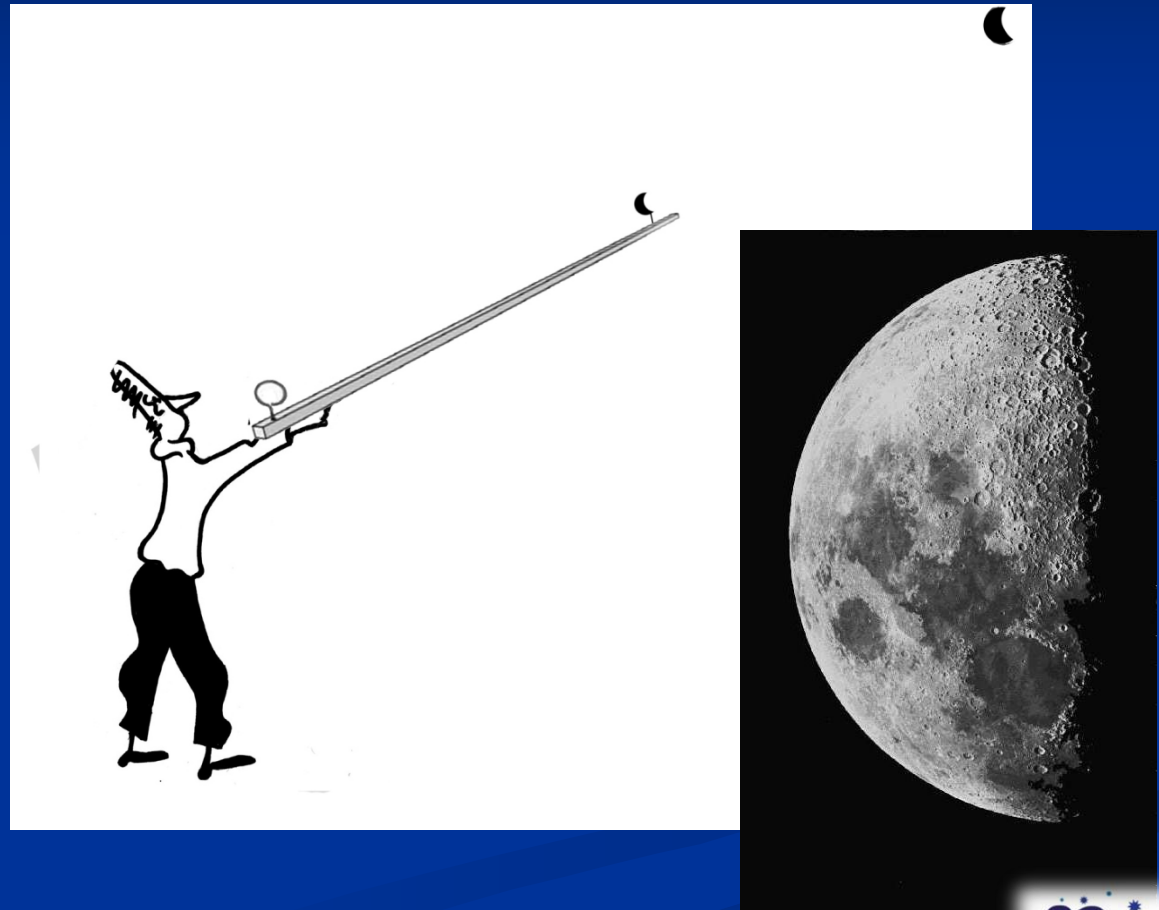
Жер-Ай-Күн жүйесі жүйесіндегі қашықтықтар мен диаметрлер

Жер диаметрі	12 800 км		4 см
Ай диаметрі	3 500 км		1 см
Жерден Айға дейінгі қашықтық	384 000 км	 	120 см
Күн диаметрі	1 400 000 км		440 см = 4.4 м
Жерден Күнге дейінгі қашықтық	150 000 000 км		47 000 см = 0.47 км



3 тапсырма: Ай фазаларын модельдеу

- Түзу сызықта кішкентай модельдік ай мен нақты айды салыстыра отырып, олардың екеуінде бірдей фазада көре аламыз

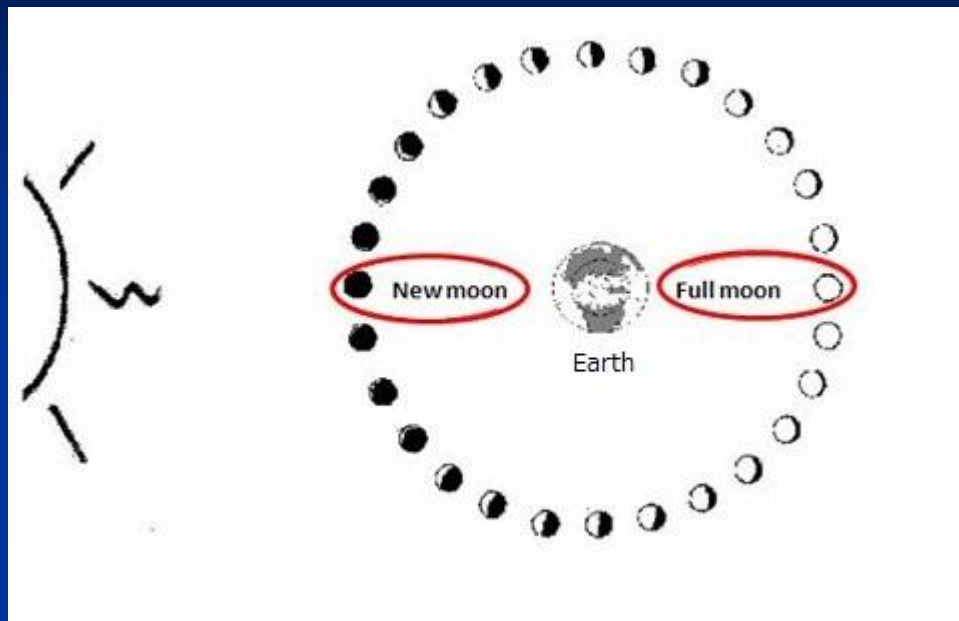


4 тапсырма: Иллюстрациядағы Қателер



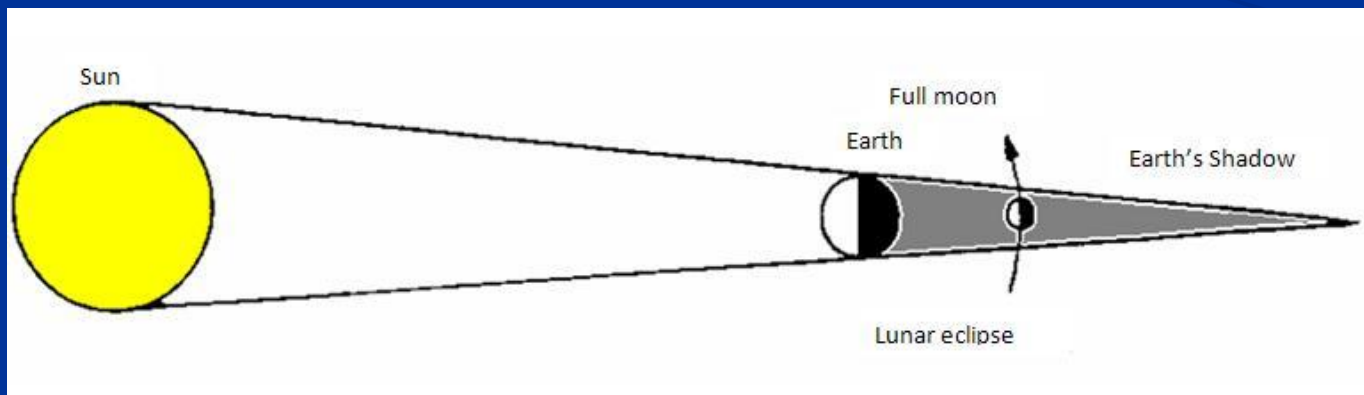
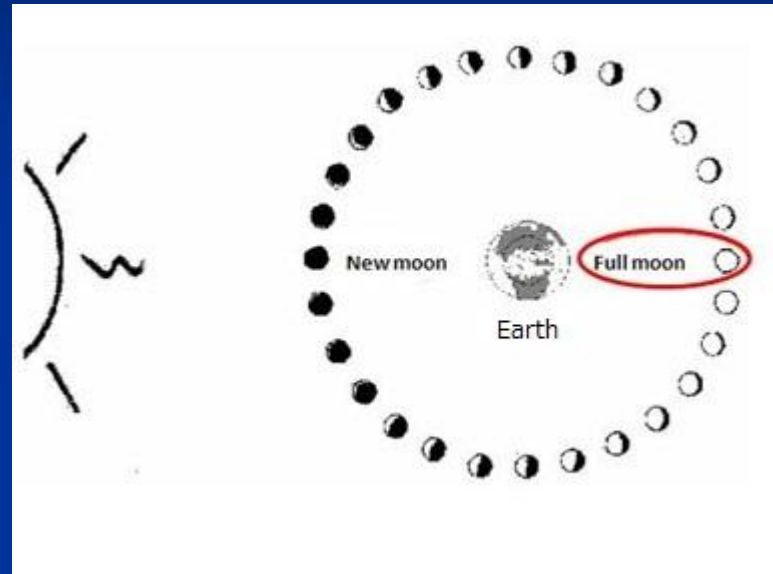
- Айдың фазалары күннің орналасуына байланысты

Ай фазалары және тұтылу

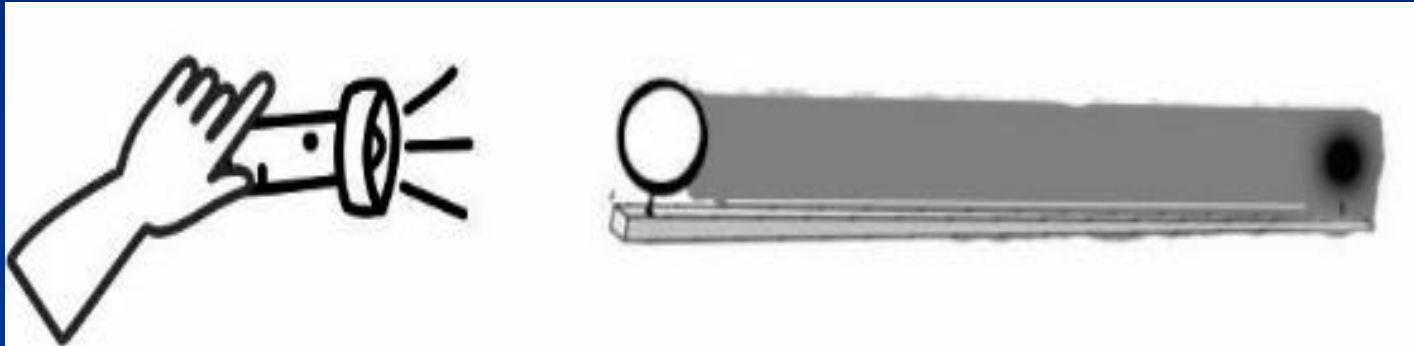


5 тапсырма: Айдың тұтылуы

- Айдың тұтылуы тек толық айда болады



5 тапсырма: Айдың тұтылуын модельдеу



5 тапсырма: Айдың тұтылуы



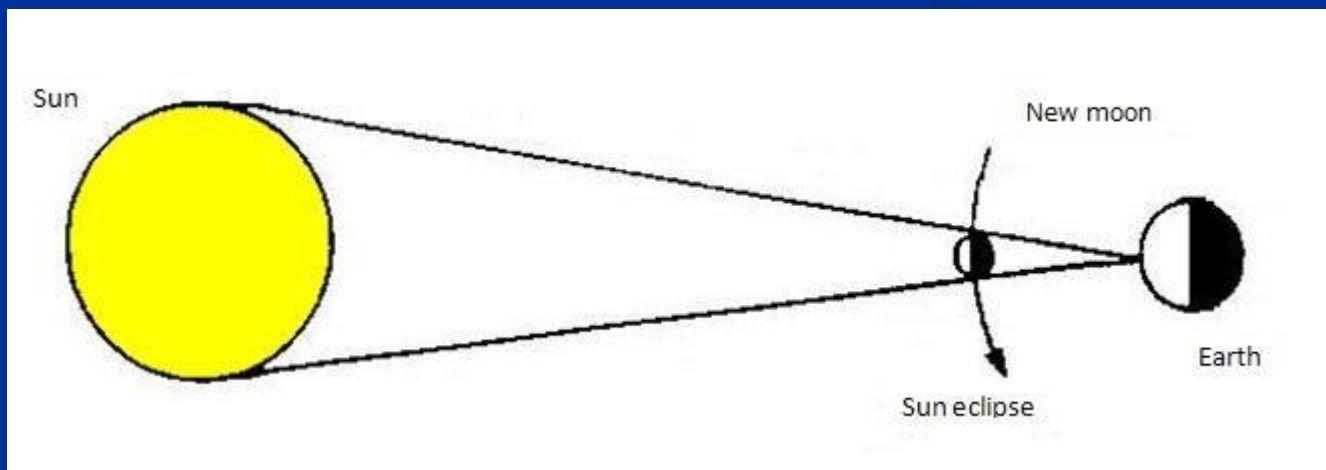
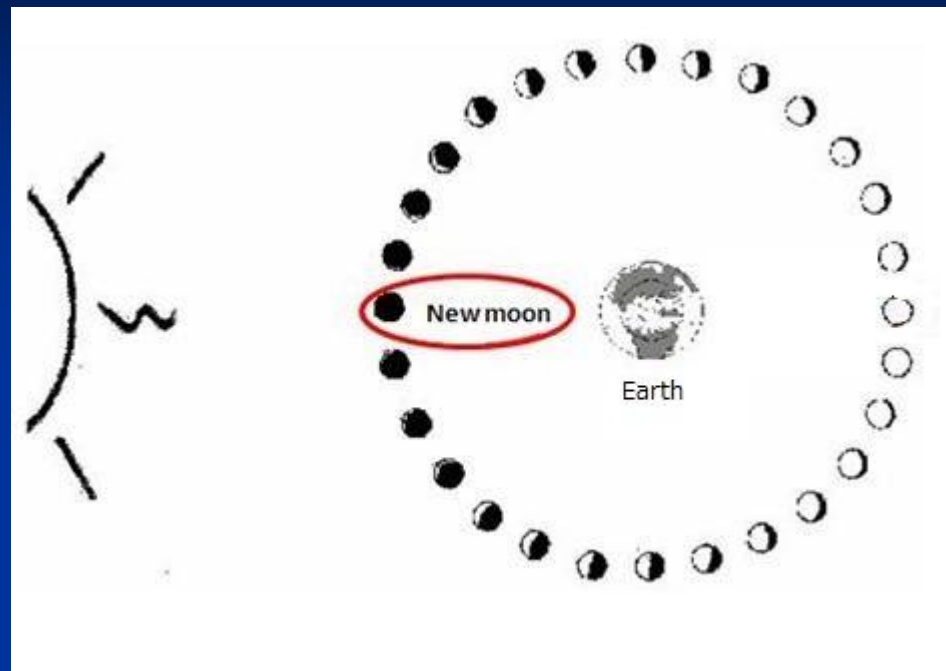
5 тапсырма: Айдың тұтылуы

- Айдың тұтылуын Жер шарының жартысында (қараңғы жағында) байқауға болады

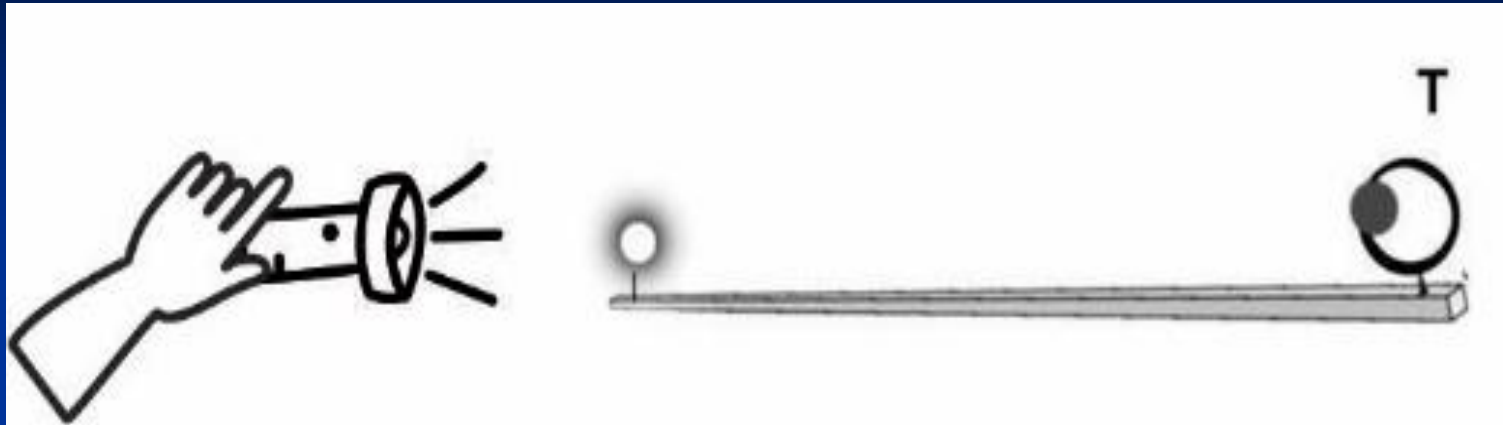


6 тапсырма: Күннің тұтылуы

- Күн тек жаңа ай туғанда тұтылады



6 тапсырма: Күн тұтылуын модельдеу



Күн тұтылуының бөлшектері

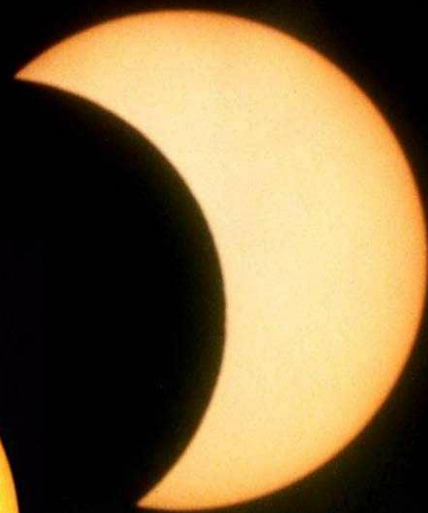
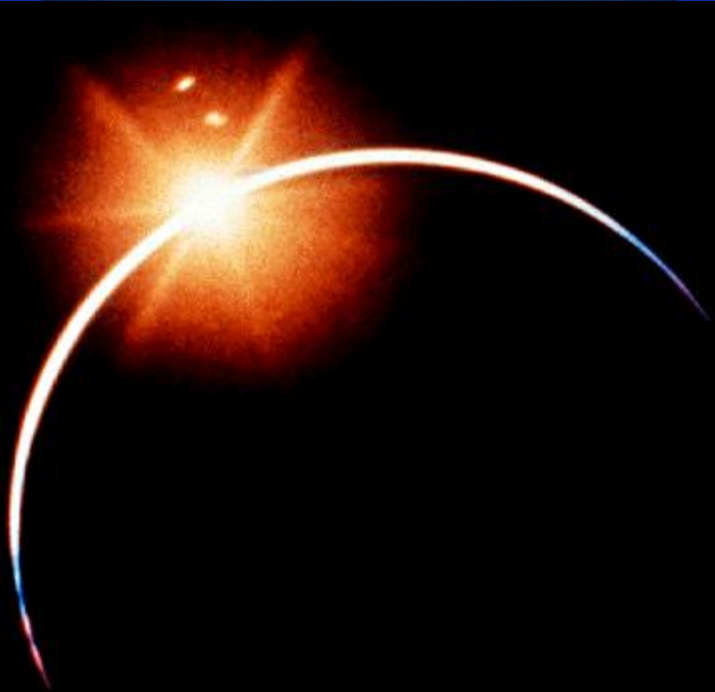
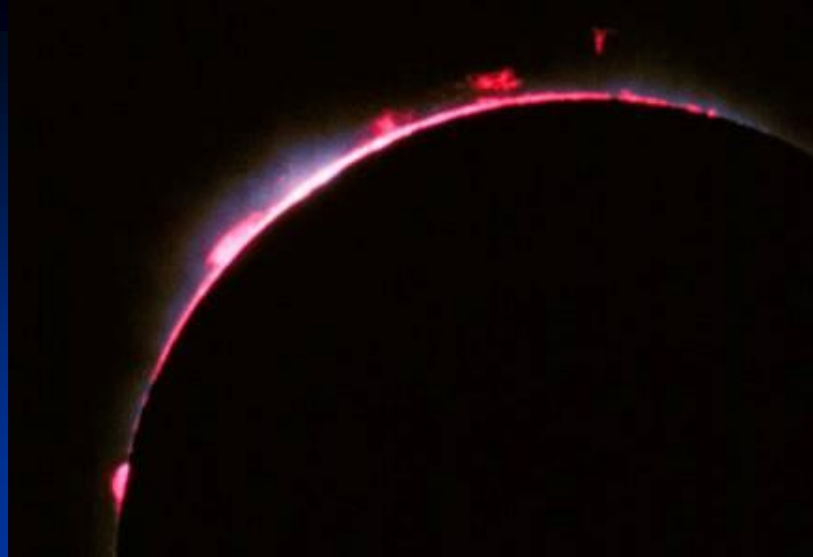




6 тапсырма: Күннің тұтылуы

- Күннің тұтылуын жердің кішкене бөлігінде ғана байқауға болады.





... біз толқып тұрмыз!



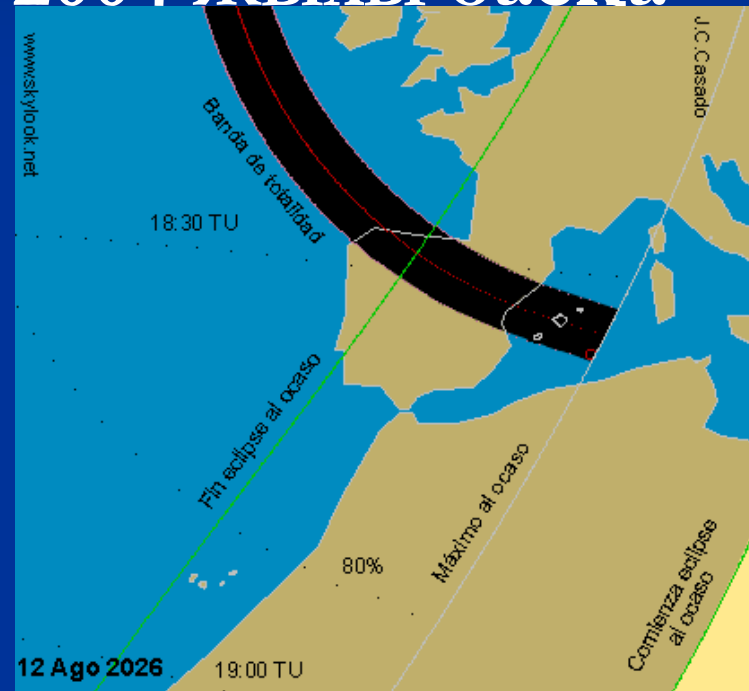
Бақылаулар

- Ай тек толық айда тұтылады, ал Күн тек жаңа ай туғанда тұтылады
- Күн тұтылуы тек шектеулі аумақта байқалады
- Жер мен ай өте сирек «дұрыс» орналасқандықтан, тұтылу әр толық немесе жаңа туған айда бола бермейді



Ақыры ... мысал ретінде...

- Келесі толық күн тұтылуын Испанияда 2026 жылдың 12 тамызында байқауға болады (мұндай соңғы тұтылу 2004 жылы баска аймақта болған)



- Жыл сайын 0 ден 3 ке дейін айдың тұтылуы бол



Күн қашықтығын жақсы елестету және түсіну үшін қашықтық пен диаметрді білу аса маңызды

Жер диаметрі	12 800 км		2.1 см
Ай диаметрі	3 500 км		0.6 см
Жерден Айға дейінгі қашықтық	384 000 км	 	60 см
Күн диаметрі	1 400 000 км		220 см
Жерден Күнге дейінгі қашықтық	150 000 000 км		235 м 

Күннің суретін салайық



7 тапсырма: Үлкен «күнді» кішкентай «айға» ұқсатайық



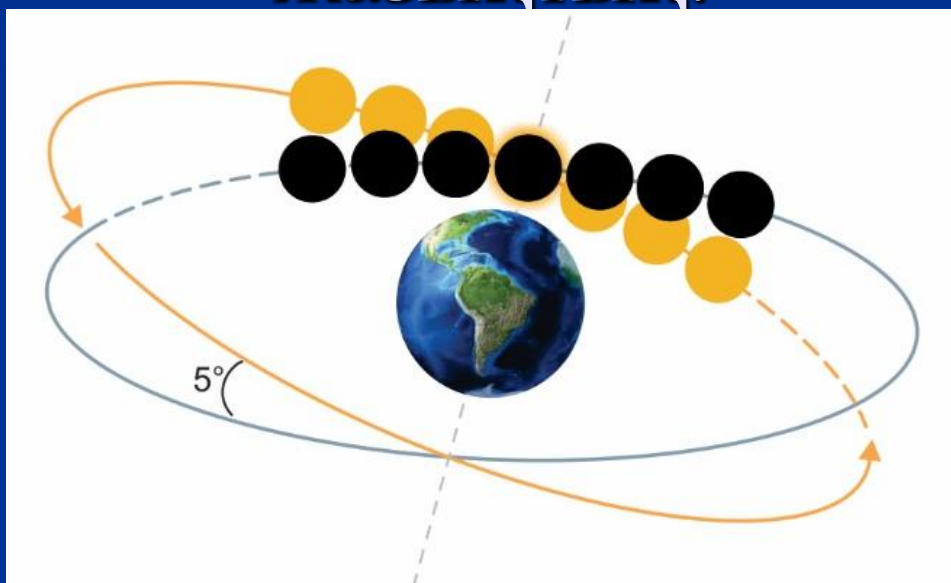
Егер толған ай мен жаңа туған ай әр ай
сайын болса ...

Неліктен күн мен айдың тұтылуы ай сайын
болмайды?



Себебі...

Жердің Күнді айналатын жазықтығы және
Айдың Жерді айналатын жазықтығы екі түрлі
жазықтық.



Екі жазықтық 5° бұрыштық диаметріне
еңкейген, ал Күн мен Ай тек 0.5 еңкейге

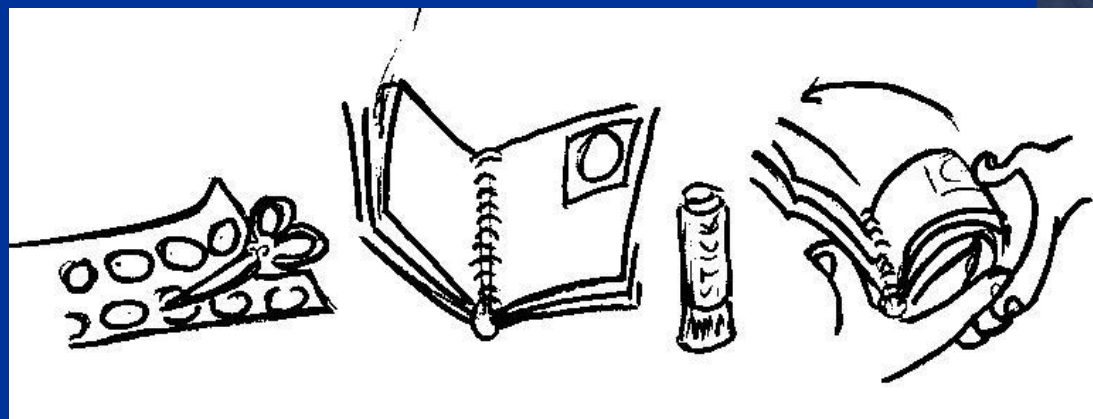


Тұтылу Күн мен Ай екі
жазықтықтың қиылысу
сызығына жақын болған
жағдайда ғана болуы мүмкін.



8 тапсырма: «Беттерді аудару» күн тұтылуын модельдеу

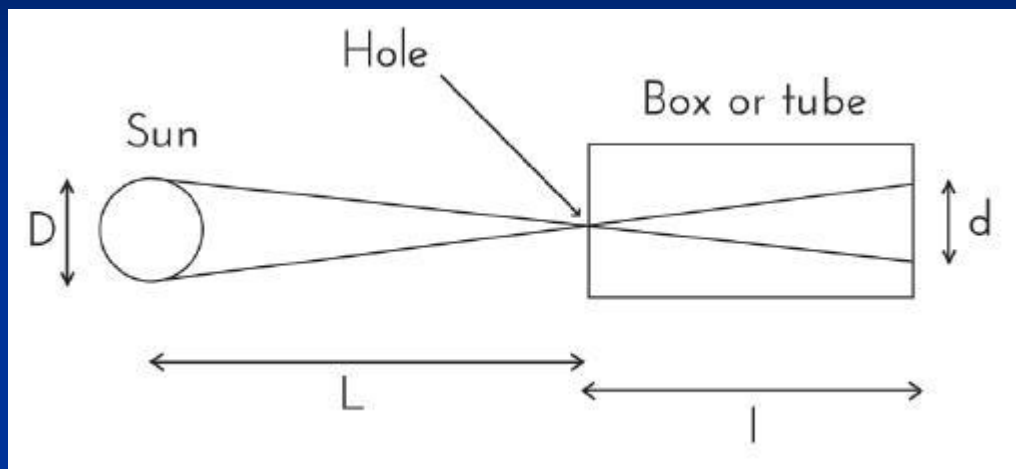
1. Қайшымен түзетіңіз және суреттерді ретімен нөмірлеңіз
2. Әр суретті серіппелі блокнот беттеріне бекітіңіз
3. Демонстрацияны көру үшін беттерді жылдам аударыңыз.



9 тапсырма: Күннің диаметрін анықтау: бақылаулар мен өлшемдер



9 тапсырма: Күннің диаметрін анықтау: бақылаулар мен өлшемдер



$$\frac{D}{L} = \frac{d}{l}$$
$$D = \frac{dL}{l}$$

Біз пропорцияны құра аламыз және Күннің диаметрін есептей аламыз

$L = 150\,000\,000$ км, Жерден Күнге дейінгі қашықтық,
 $l =$ түтіктің ұзындығы, $d =$ мөлдір қағаздағы күннің диаметрі

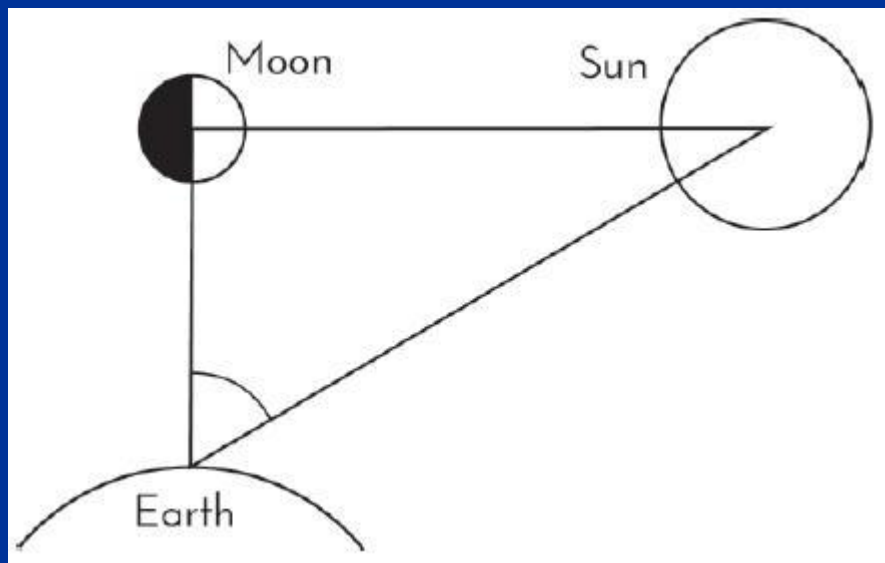
10 тапсырма: Аристарх тәжірибесі (310 230 б.з.д.)

- Жер-Ай-Күн арақашықтықтары мен олардың диаметрлері арасындағы қатынасты анықтау (бірақ тек Эратосфен анықтайтын абсолютті шамаларды есептемей).
- 1) Жерден Айға және Жерден Күнге дейінгі қашықтық
- 2) Ай мен күн радиусы
- 3) Жерден Айға дейінгі қашықтық және айдың радиусы
- 4) Жер көлеңкесінің конусы
- 5) Олардың барлығының арасындағы қатынасты анықтау



1) Жерден Айға және Жерден Күнге дейінгі қашықтық

■ $\cos \alpha = EM^* / ES^{**}$, тиісінше, $ES = EM / \cos \alpha$



* Жер мен Ай арасындағы қашықтық;

** Жер мен Күн арасындағы қашықтық



1) Жерден Айға және Жерден Күнге дейінгі қашықтық

- Аристарх $\alpha = 87^\circ$
онда $ES = 19 EM$
- Сонда $\alpha = 89^\circ 51'$
тиісінше., $ES = 400$
 EM



2) Ай мен Күннің радиусы

- Жерден байқалған ай және күн диаметрлері 0.5°
- Осылайша, радиус
- $R_s = 400 R_m$

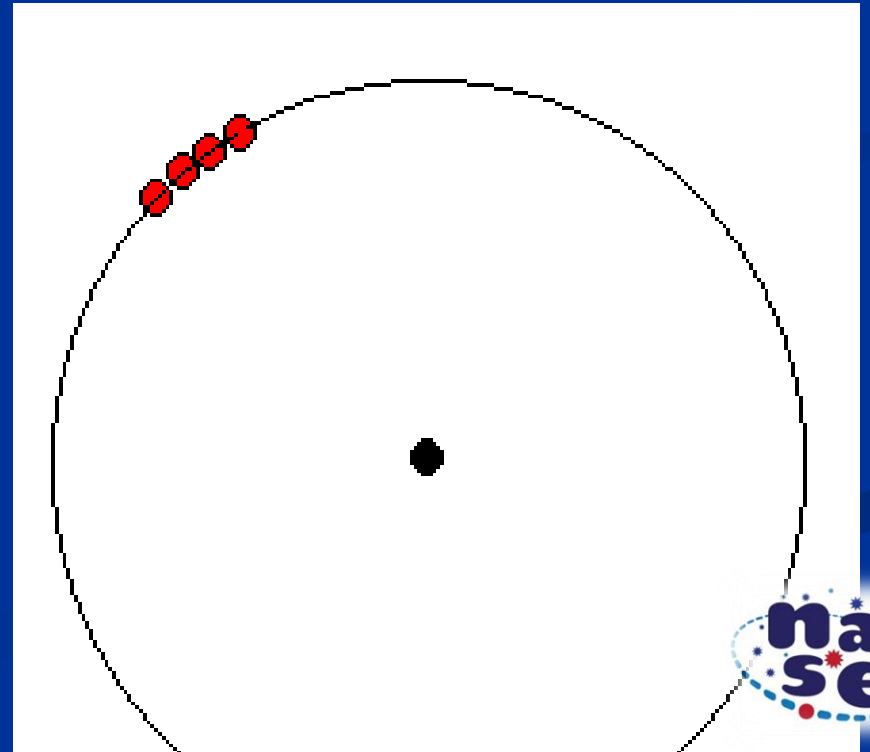
* Күн радиусы

** Ай радиусы



3) Жерден Айға дейінгі қашықтық және Айдың радиусы

- Жерден Айдың диаметрі ■ 0.5°
- Бұл диаметрді 720 есе көбейту арқылы біз Айдың **дөңгелек** траекториясын есептей аламыз
- $2 R_M 720 = 2 \pi E_M$
- $E_M = 720 R_M / \pi$

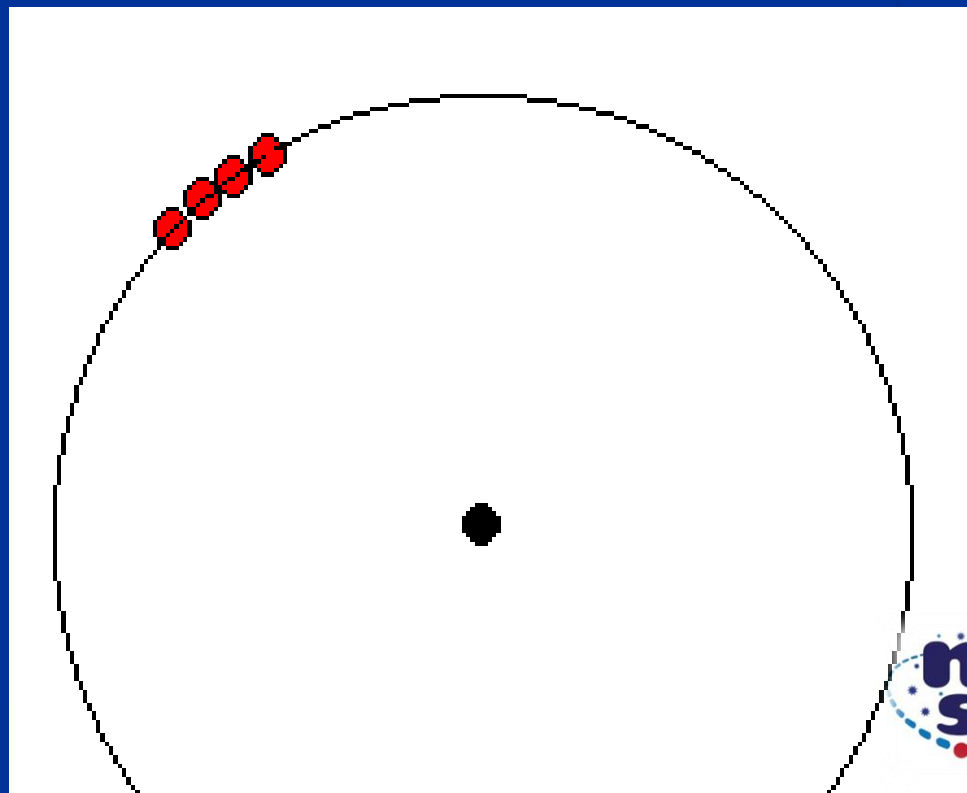


3) Жерден Күнге дейінгі қашықтық және Күн радиусы

- Сол сияқты

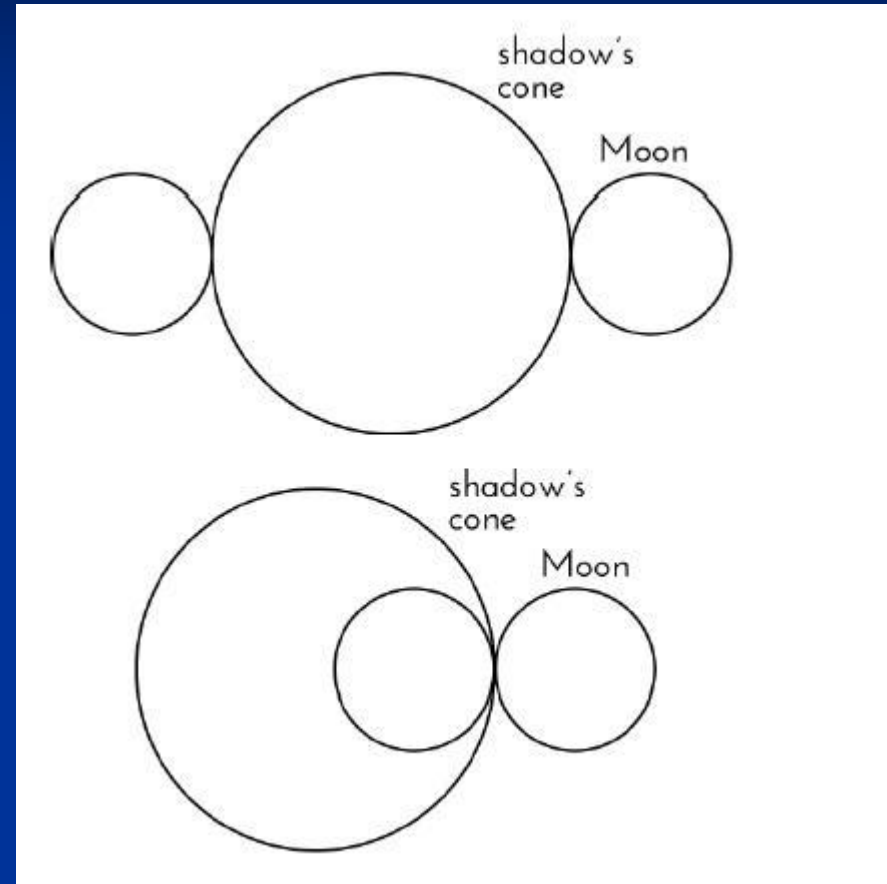
- $ES = 720 R_s / \pi$

Аристархтың
алғашқы
гелиоцентрлік
моделі



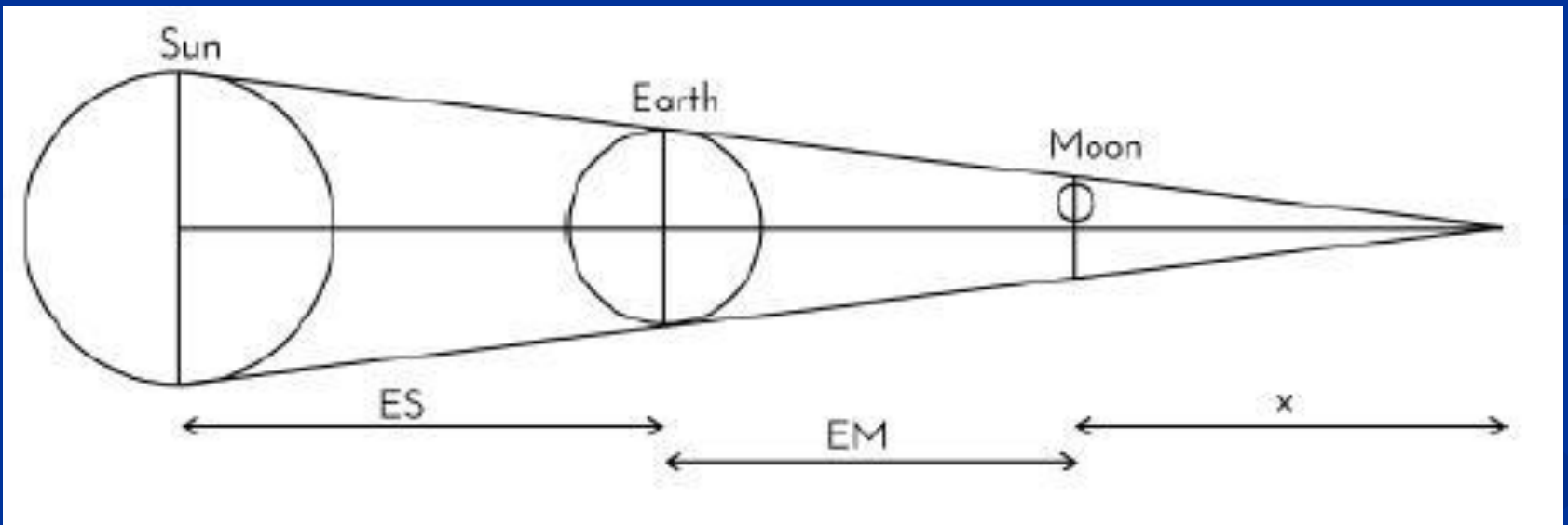
4) Жер көлеңкесінің конусы

- Айдың тұтылуында Аристарх Айдың жердегі көлеңке конусын кесіп өтуі үшін Айдың беті жасырылған уақыттан екі есе көп уақыт қажет екенін байқады (яғни 2:1)
- Шын мәнінде, бұл қатынас **2.6:1**



5) Шамалар арасындағы барлық қатынастарды табыңыз

■ $(x+EM+ES)/R_s = (x+EM) / R_E = x/(2.6 R_M)$



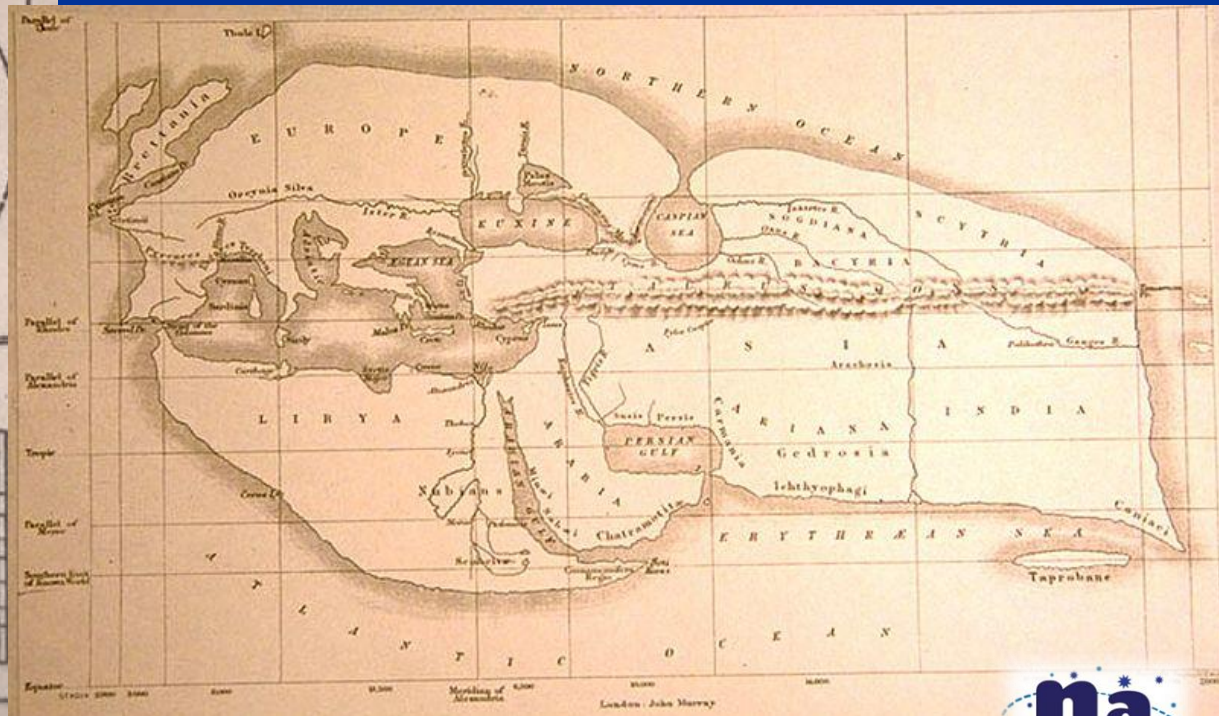
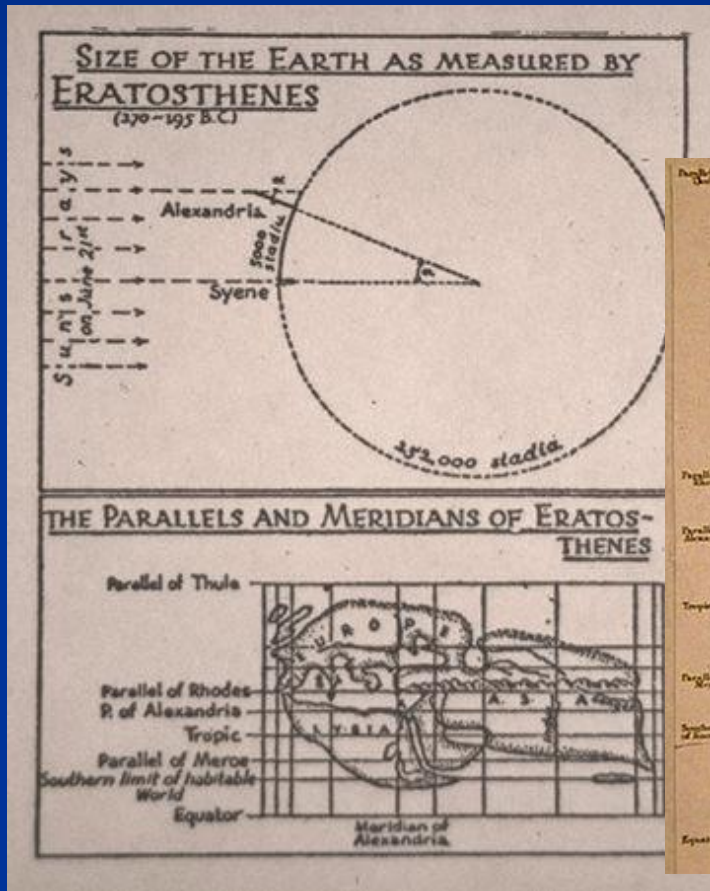
Жүйенің шешімі көрсетеді (барлығы жер радиусына қатысты):

- $R_M = (401 / 1440) R_E$
- $EM = (401 / (2 \pi)) R_E$
- $R_S = (2005 / 18) R_E$
- $ES = (80200 / \pi) R_E$

- Егер $R_E = 6\,378$ км болса, онда
- $R_M = 1\,776$ км (шын мәнінде $1\,738$ км)
- $EM = 408\,000$ км (шын мәнінде $384\,000$ км)
- $R_S = 740\,000$ км (шын мәнінде $696\,000$ км)
- $ES = 162\,800\,000$ км (шын мәнінде $149\,680\,000$ км)



11 тапсырма: Эратосфен тәжірибесі (б.з.д. 280 192 жж.)



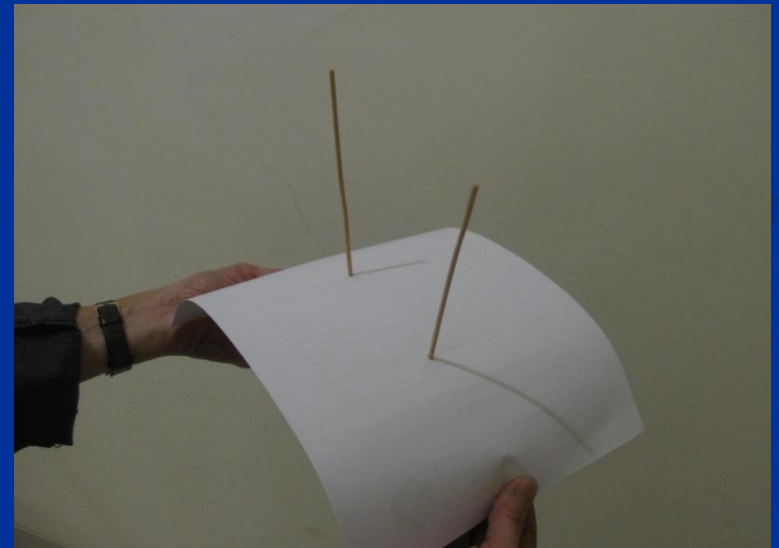
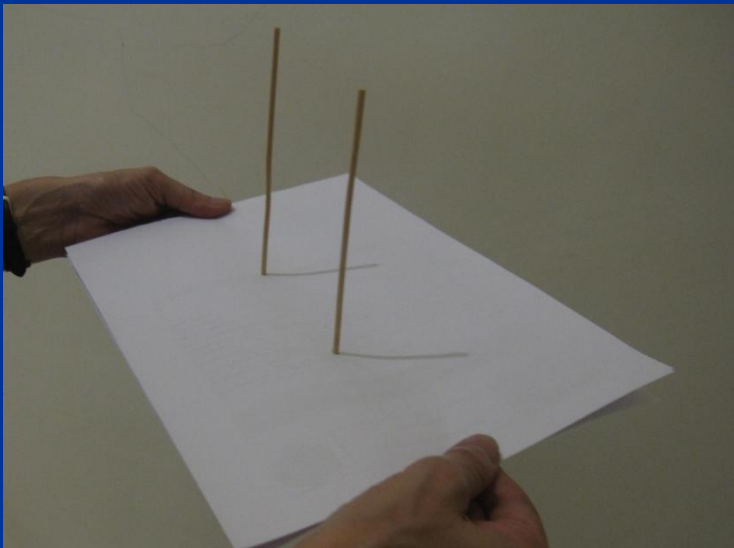
11 тапсырма: Қайтадан Эратосфен

- Бір меридиандағы
екі қала
- Бір мезгілдегі
бақылаулар



Әртүрлі көлеңкелер...

- Бұл ретте, Жер шары – бұл сфера!



11 тапсырма:

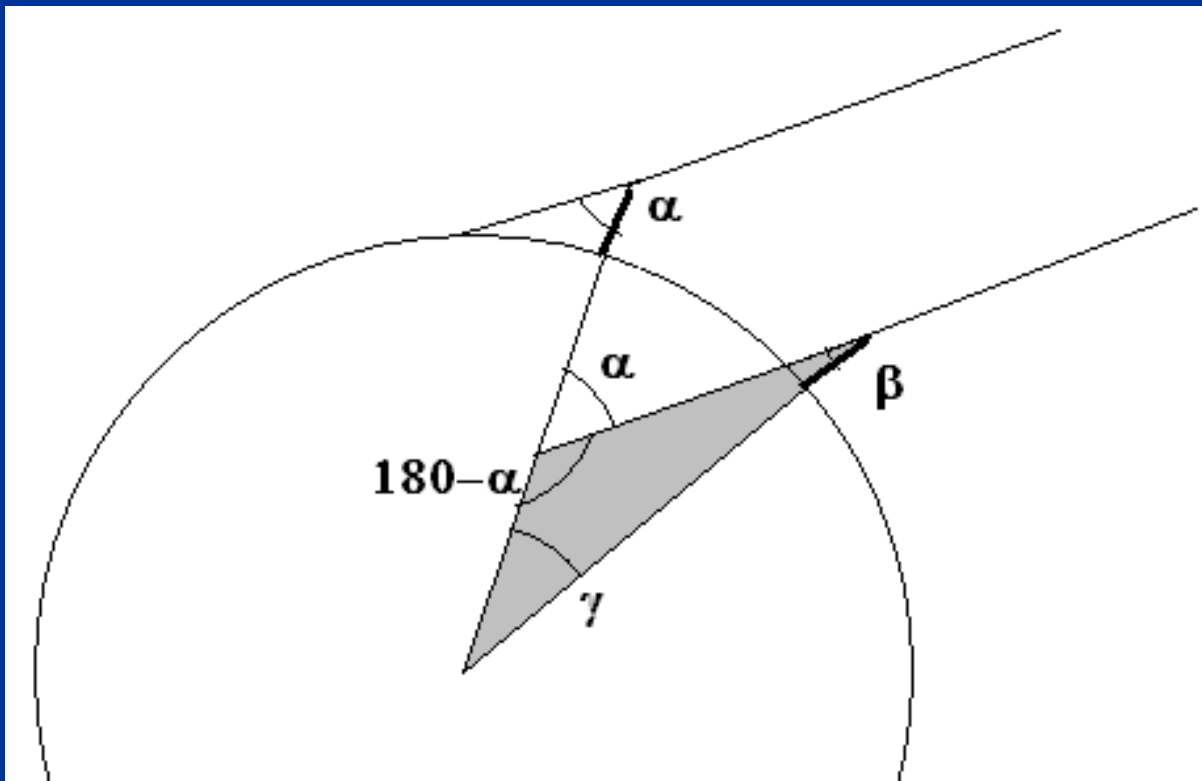
Қайтадан

Эратосфен

- $\pi = \pi - \alpha + \beta + \gamma$

- Тиісінше, $\gamma = \alpha - \beta$

мұндағы α және β радианмен
алынған (180 градус $= \pi$ радиан)





11 тапсырма: Қайтадан Эратосфен

- Біз құламаның (немесе таяқшаның) ұзындығын және оның көлеңкесін өлшейміз

$$\alpha = \arctan(\text{көлеңке}) / (\text{таяқ})$$

- Пропорцияға сәйкес

$$2\pi R_E / 2\pi = d / \gamma$$

- ШЫҒАДЫ

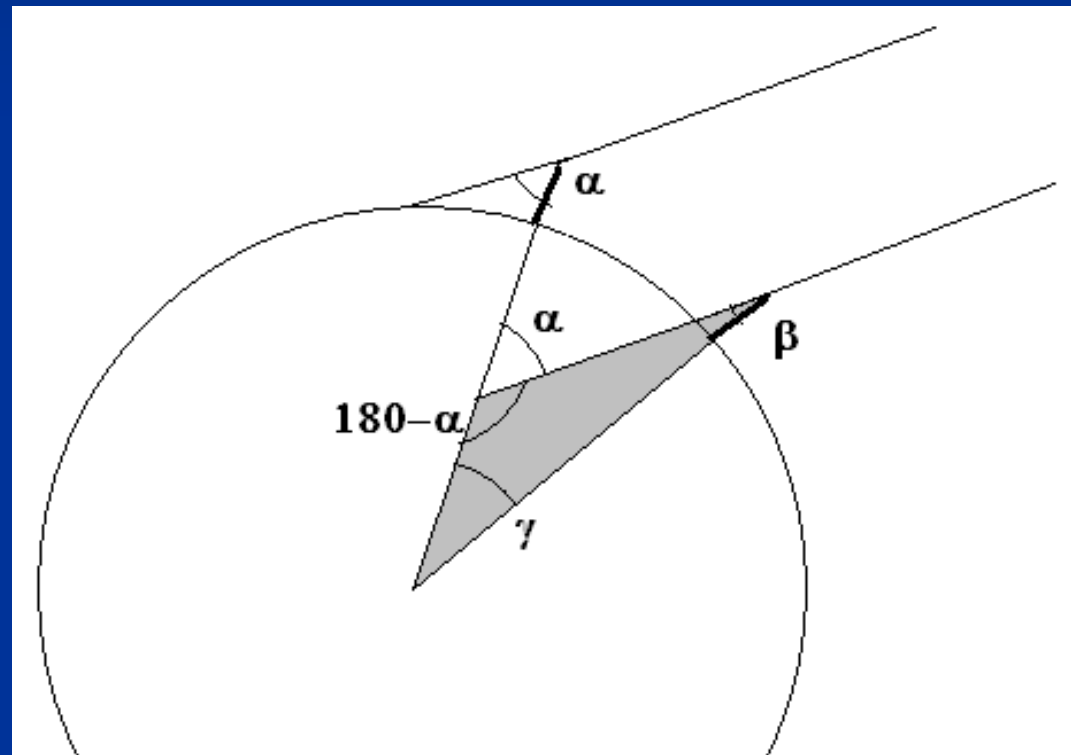
$$R_E = d / \gamma$$

- γ біз білеміз (радиандарда)

$$\gamma = \alpha - \beta$$

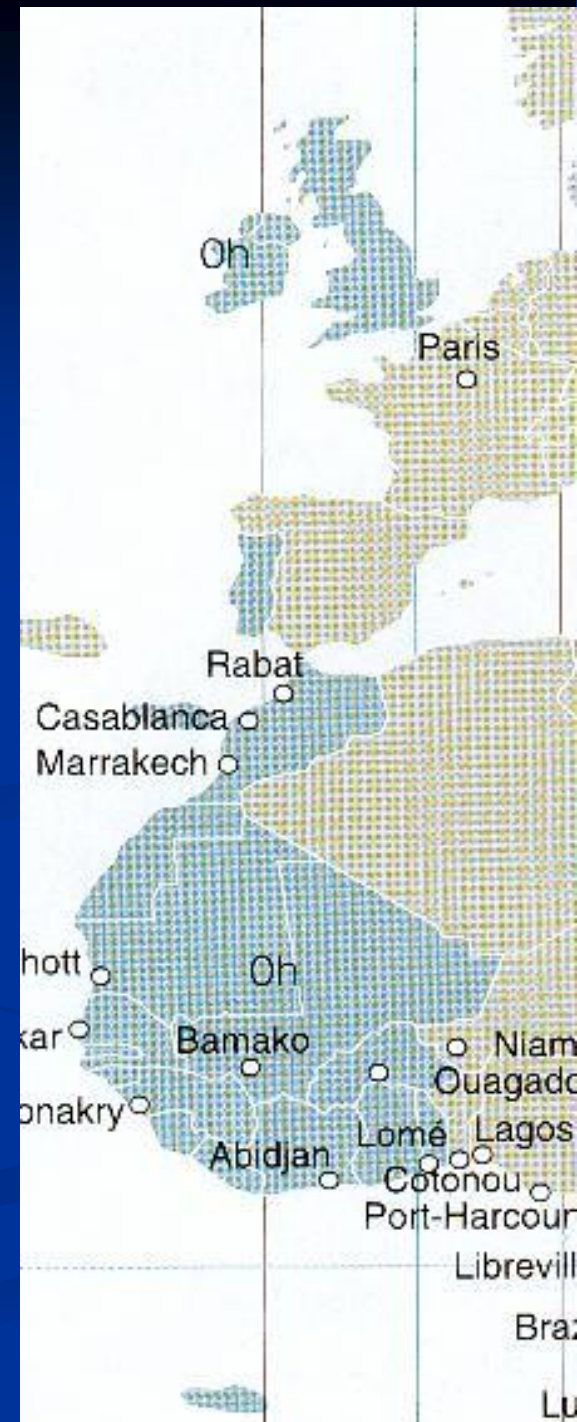
- d қалалар арасындағы қашықтық — картаны қолданып

11 тапсырма: Қайтадан Эратосфен



Эратосфен әдісімен біздің нәтижелер

- Риполл - Барселона
 - $\alpha = 0.5194$ радиан
 - $\beta = 0.5059$ радиан
 - $\gamma = 0.0135$ радиан
 - $d = 89.4$ км
-
- $R_E = 6\,600$ км
(шын мәнінде $6\,378$ км)



Қорытындылар

- Енді біз тұтылудың мәнін түсінеміз
- Біз Жер-Ай-Күн жүйесіндегі өлшемдердің арақатынасын анықтадық
- Алынған деректерді бақылау және талдау арқылы біз Ғалам туралы көбірек біле алатынымызға көз жеткіздік



Назарларыңызға
көп рахмет!

