

Исследование лунного и солнечного затмений

Роза М. Рос

*Международный астрономический союз
Технический университет Каталонии, Испания*



Цели

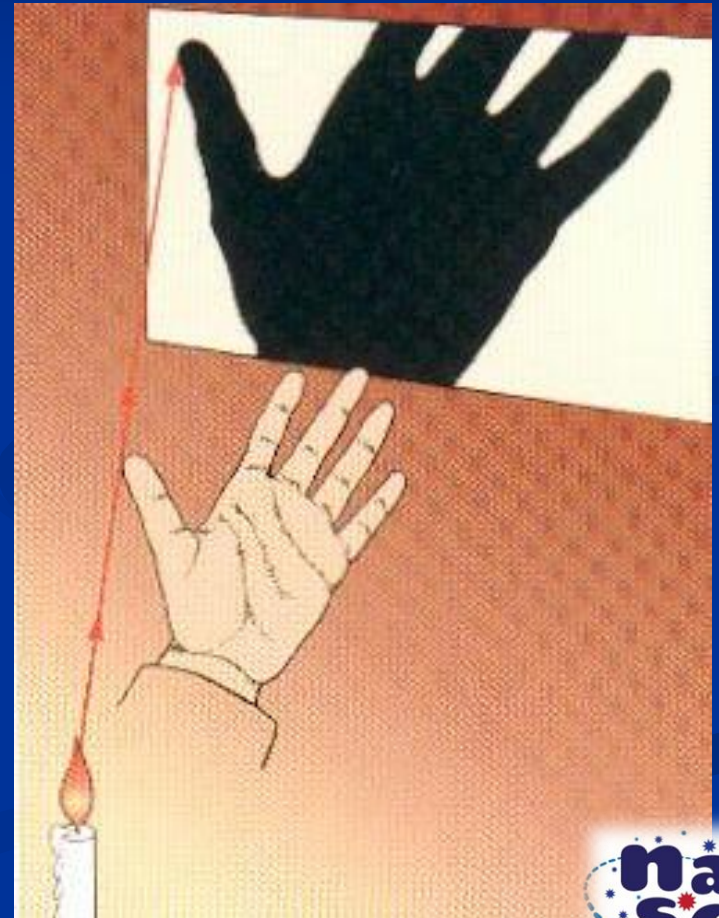
- Понять, почему у Луны есть фазы
- Понять причины лунных затмений
- Понять, почему происходят лунные затмения
- Определить расстояния и диаметры в системе Земля-Луна-Солнце



Vision of lights and shadows

Восприятие света и тени

- Система Земля-Луна-Солнце: фазы и затмения
- Относительное положение и тени



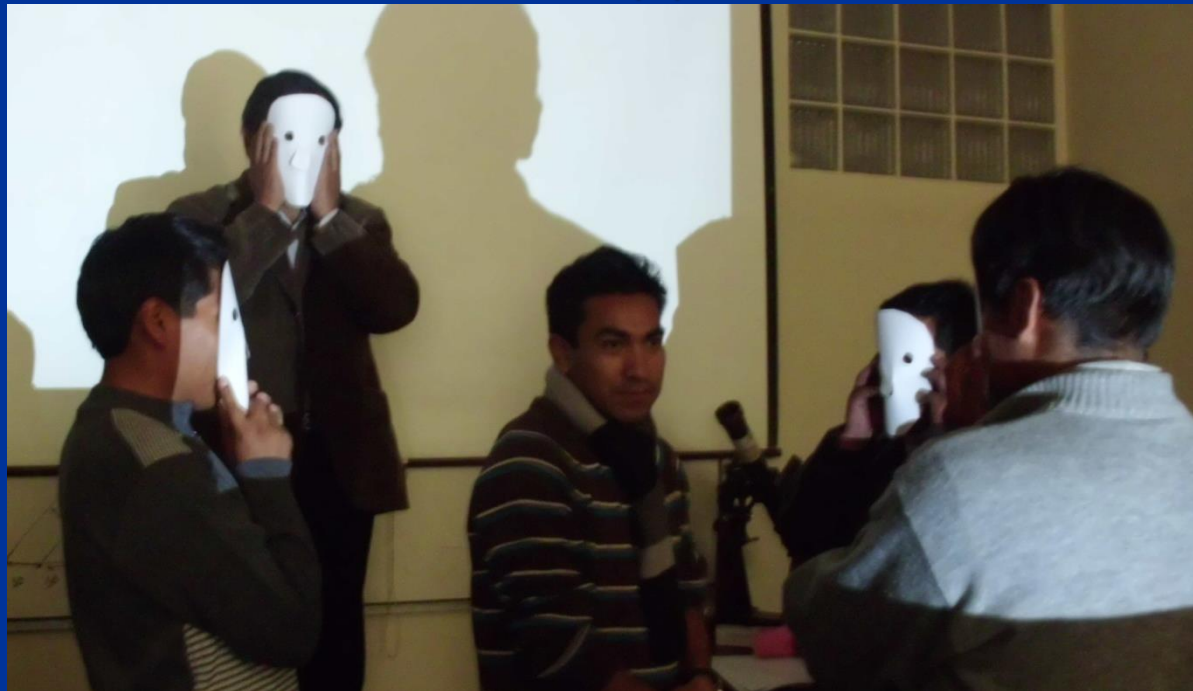
Задание 1: Модель обратной стороны Луны

- 2 добровольца: один в центре (Земля), а другой вращается вокруг него (Луна)
- Поместите Луну лицом к Земле и заставьте ее вращаться под углом 90 к Земле, а также вокруг своей оси. Повторяйте процесс до тех пор, пока исходное положение не будет достигнуто.








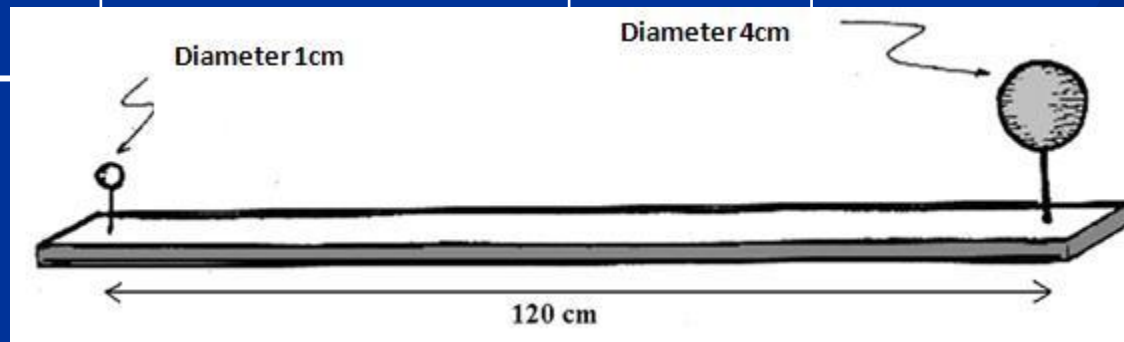
Задание 2: Модель с фонариком (Солнце), объясняющая фазы Луны

- 5 добровольцев: один в центре (Земля) и 4 других изображают фазы Луны при помощи масок (одна освещена полностью, две освещена частично и одна полностью в тени)



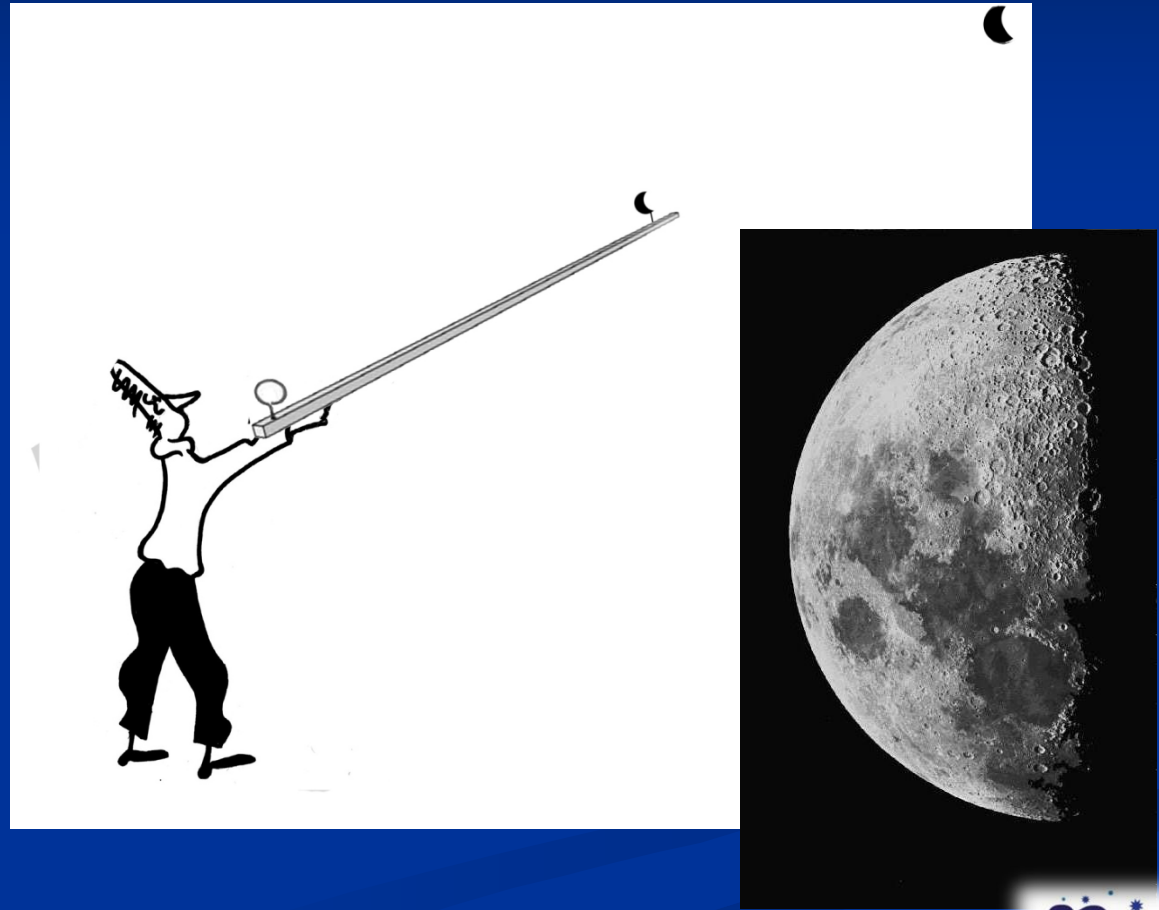
Расстояния и диаметры в системе Земля-Луна-Солнце

Диаметр Земли	12 800 км		4 см
Диаметр Луны	3 500 км		1 см
Расстояние от Земли до Луны	384 000 км		120 см
Диаметр Солнца	1 400 000 км	 	440 см = 4.4 м
Расстояние от Земли до Солнца	150 000 000 км		47 000 см = 0.47 км



Задание 3: Изображение фаз Луны

- Сопоставим на прямой линии маленькую модельную луну и реальную Луну и мы сможем увидеть их обе в одинаковой фазе

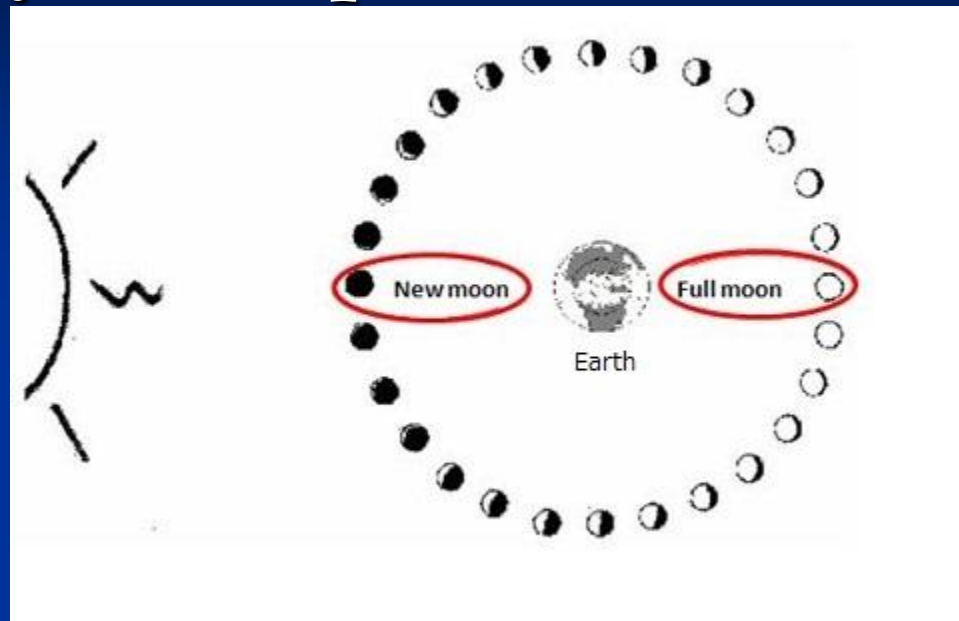


Задание 4: Ошибки иллюстраций



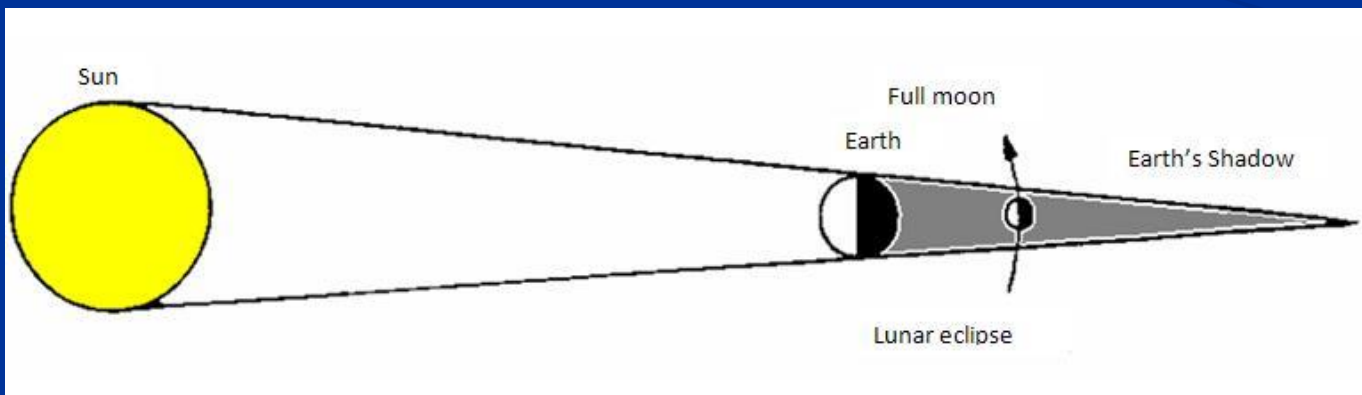
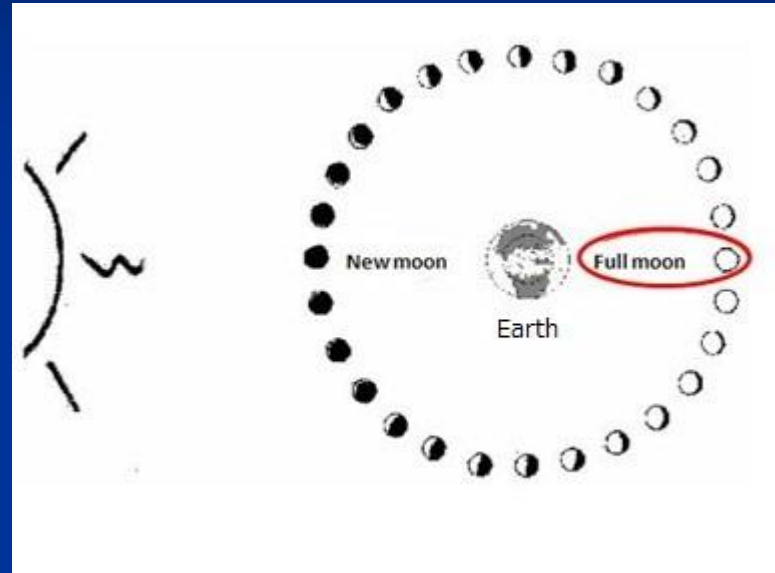
- Фазы Луны зависят от положения Солнца

Лунные фазы и затмения

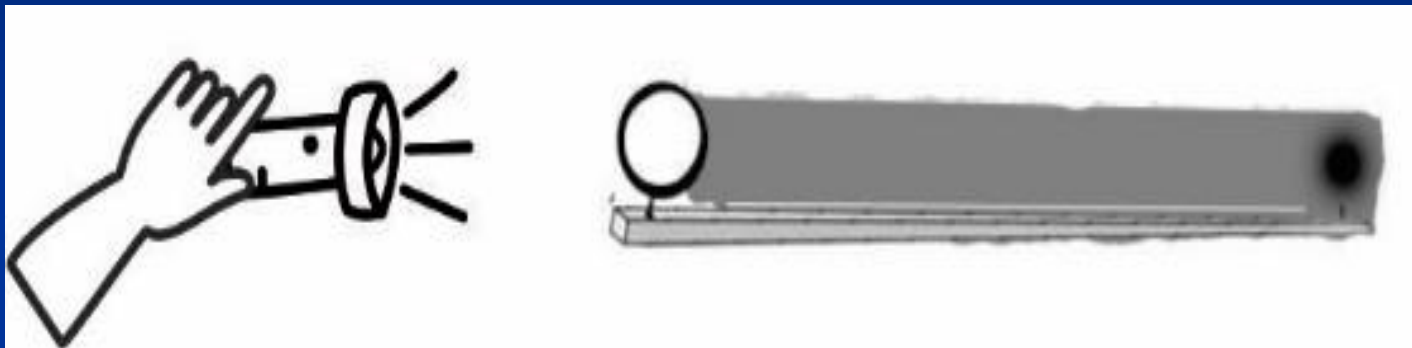


Задание 5: Лунные затмения

- Лунные затмения происходят только при полной Луне



Задание 5: Симуляция лунного затмения



Задание 5: Лунное затмение



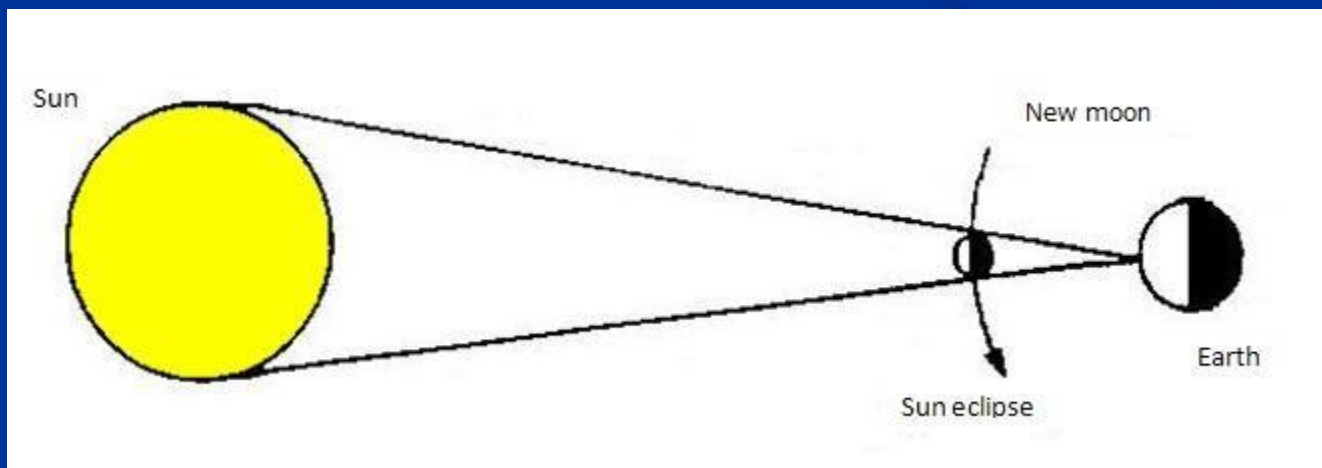
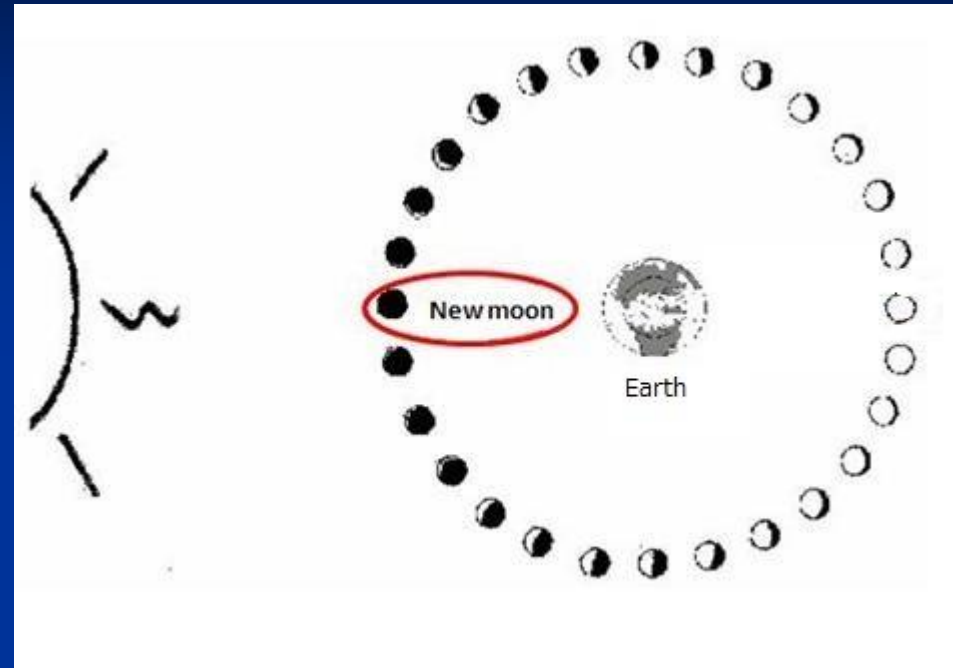
Задание 5: Лунное затмение

- Лунное затмение можно наблюдать на половине земного шара (на темной стороне)

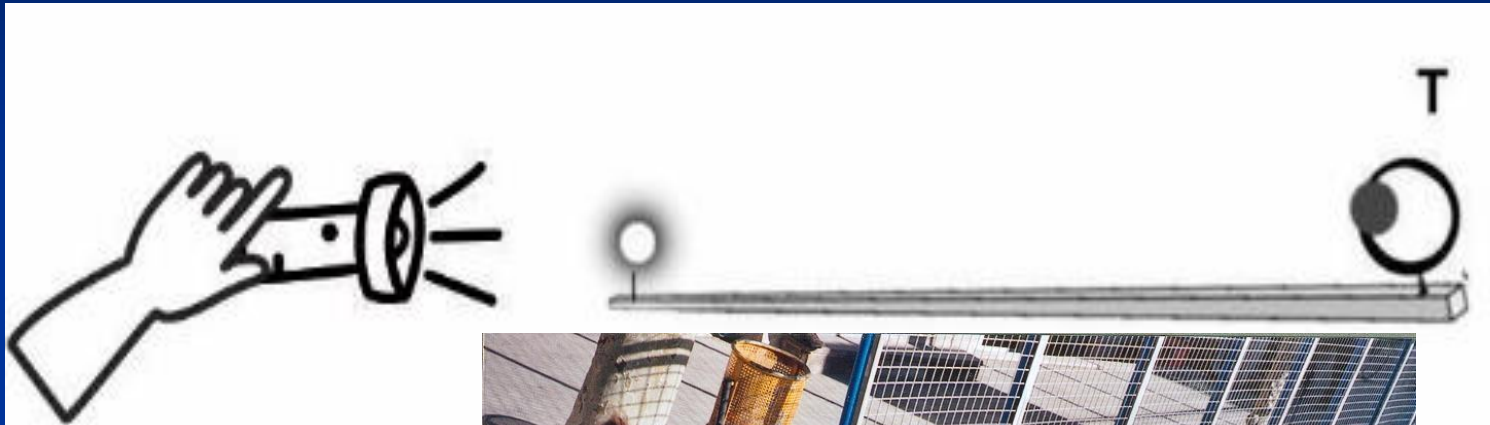


Задание 6: Солнечные затмения

- Солнечные затмения происходят только в новолуние



Задание 6: Симуляция солнечного затмения



Детали солнечного затмения

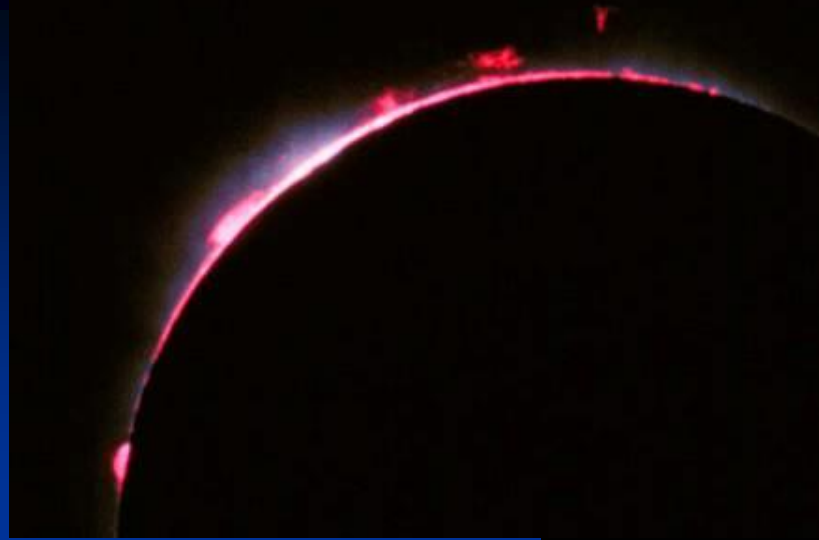
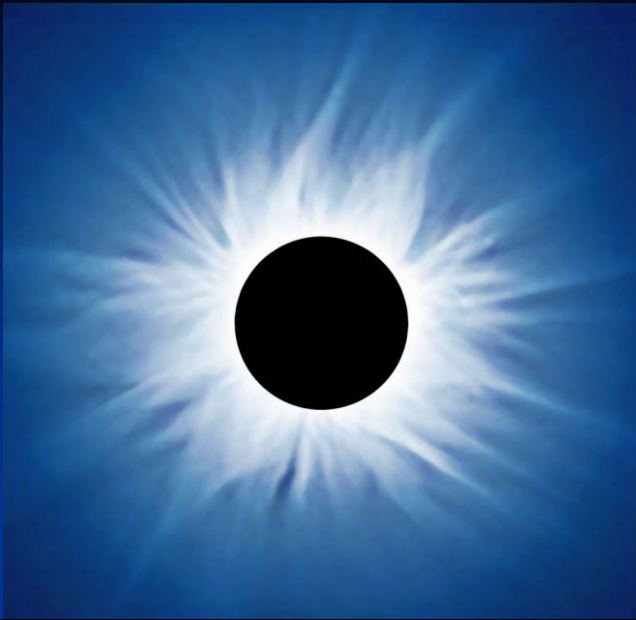




Задание 6: Солнечное затмение

- Солнечные затмения можно наблюдать только на небольшом участке Земли





... Мы ощущаем волнение!



Наблюдения

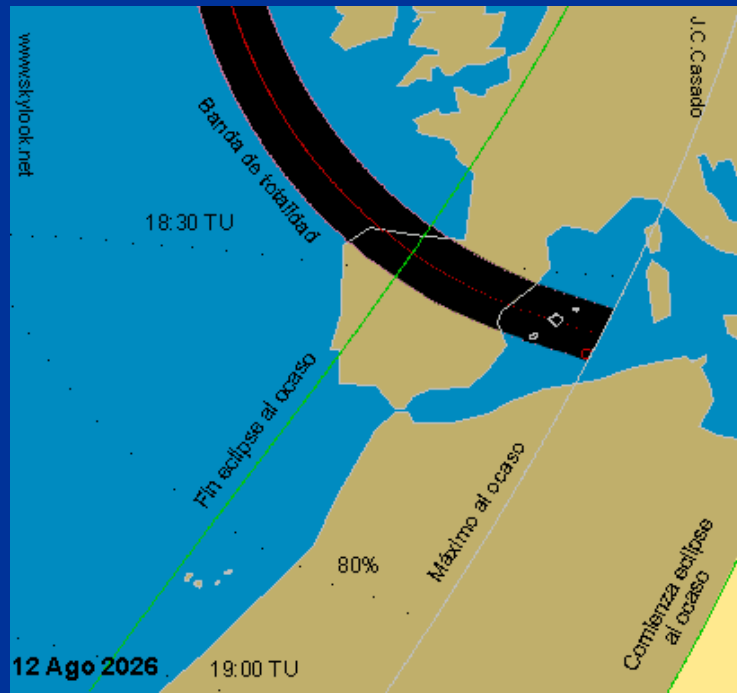
Лунное затмение происходит только при **полной луне**, а **солнечное** – только в **новолуние**

- Солнечное затмение наблюдается только на ограниченной территории
- Земля и Луна очень редко выстраиваются «правильно», таким образом затмение не происходит при каждом полно- или новолунии



Наконец ... в качестве примера...

- Следующее полное солнечное затмение можно будет наблюдать в Испании 12-го августа 2026 года (последнее такое затмение происходило в 2004 в другом регионе)



Знание расстояний и диаметров необходимо, чтобы лучше визуализировать и понимать расстояния до Солнца

Диаметр Земли	12 800 км		2.1 см
Диаметр Луны	3 500 км		0.6 см
Расстояние от Земли до Луны	384 000 км		60 см
Диаметр Солнца	1 400 000 км		220 м
Расстояние от Земли до Солнца	150 000 000 км		235 м



Рисуем Солнце



Задание 7: заставим большое «Солнце» выглядеть как маленькая «Луна»



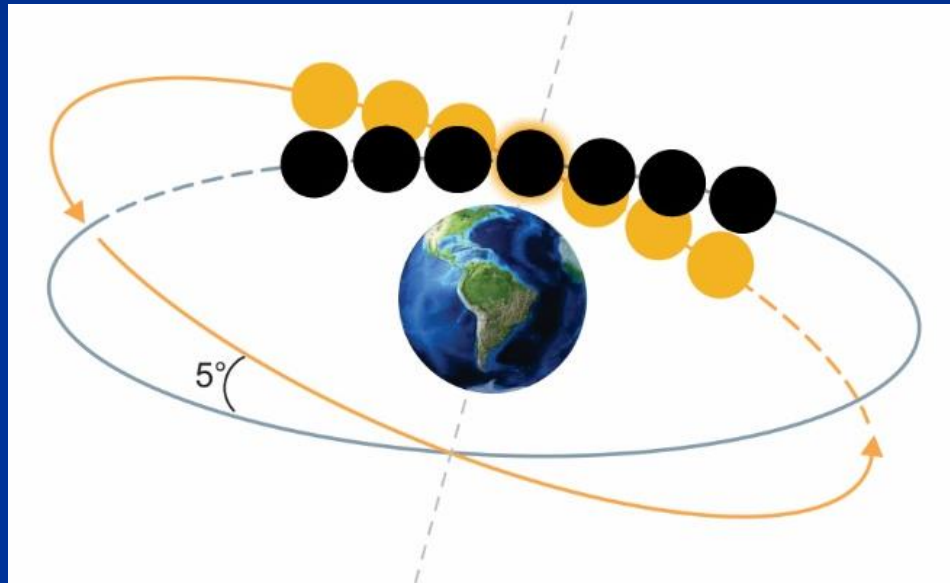
Если полнолуние и новолуние происходят
каждый месяц...

Почему солнечное и лунное затмения не
происходят каждый месяц?



Because ... Потому что...

Плоскость, в которой Земля вращается вокруг Солнца, и плоскость, в которой вращается Луна вокруг Земли, – две разные плоскости.



Обе плоскости наклонены на 5° ,
а угловой диаметр Солнца и Луны только 0.5°

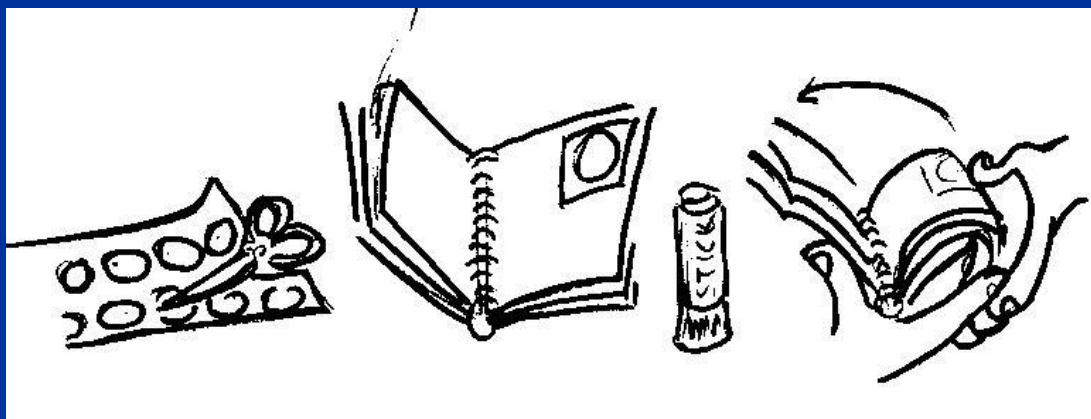
**Затмение может происходить
только если Солнце и Луна
находятся близко к линии
пересечения двух плоскостей.**



Задание 8:

Симулятор затмений «листание страниц»

1. Подровняйте ножницами и пронумеруйте картинки по порядку
2. Прикрепите каждую картинку на страницы пружинного блокнота
3. Быстро пролистывайте страницы, чтобы увидеть демонстрацию

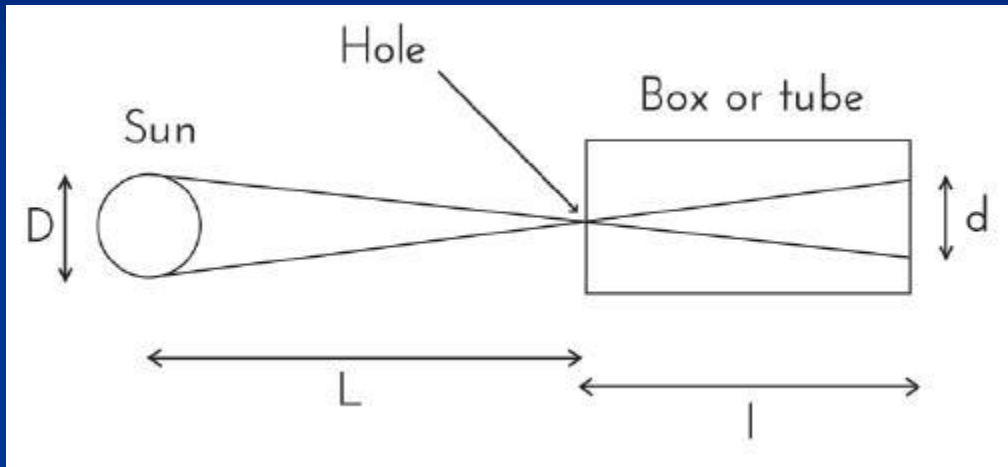


Задание 9: Определение диаметра Солнца: наблюдения и измерения



Задание 9:

Определение диаметра Солнца: наблюдения и измерения



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

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

Мы можем составить пропорцию и вычислить диаметр Солнца

$L = 150\,000\,000$ км, расстояние от Земли до Солнца,

$l =$ длина трубы,

$d =$ диаметр Солнца на полупрозрачной бумаге

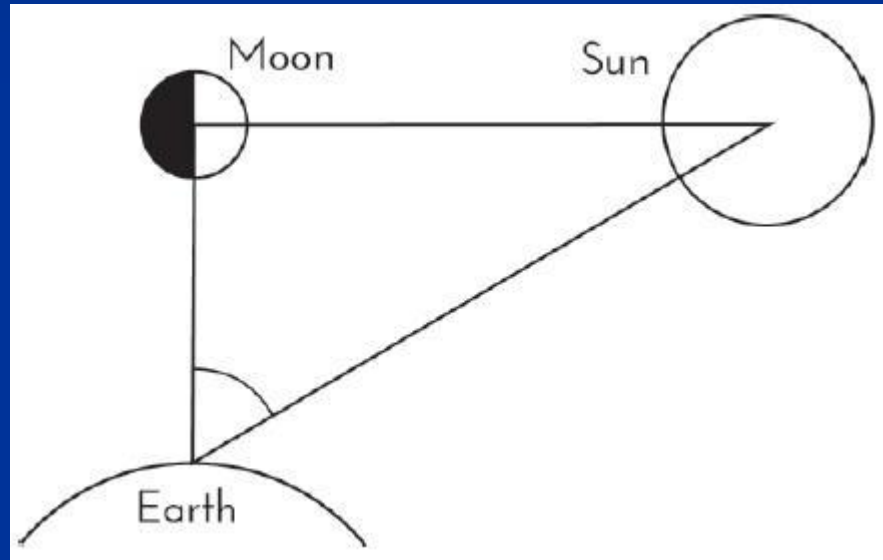
Задание 10: Эксперимент Аристарха (310 – 230 до н.э.)

- Определение соотношения между расстояниями Земля-Луна-Солнце и их диаметрами (но без вычисления абсолютных величин, которые будут определены только Эратосфеном).
- 1) Расстояние от Земли до Луны и от Земли до Солнца
- 2) Радиус Луны и Солнца
- 3) Расстояние от Земли до Луны и радиус Луны
- 4) Конус земной тени
- 5) Определение отношения между всеми ними



1) Расстояние от Земли до Луны и от Земли до Солнца

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



* - расстояние между Землей и Луной;

** - расстояние между Землей и Солнцем

1) Расстояние от Земли до Луны и от Земли до Солнца

- Аристарх: $\alpha = 87^\circ$
тогда $ES = 19 EM$
- Теперь $\alpha = 89^\circ 51'$,
сл., $ES = 400 EM$



2) Радиус Луны и Солнца

- Наблюдаемые с Земли лунный и солнечный диаметры равны 0.5°
- Таким образом, радиус
- $R_S^* = 400 R_M^{**}$

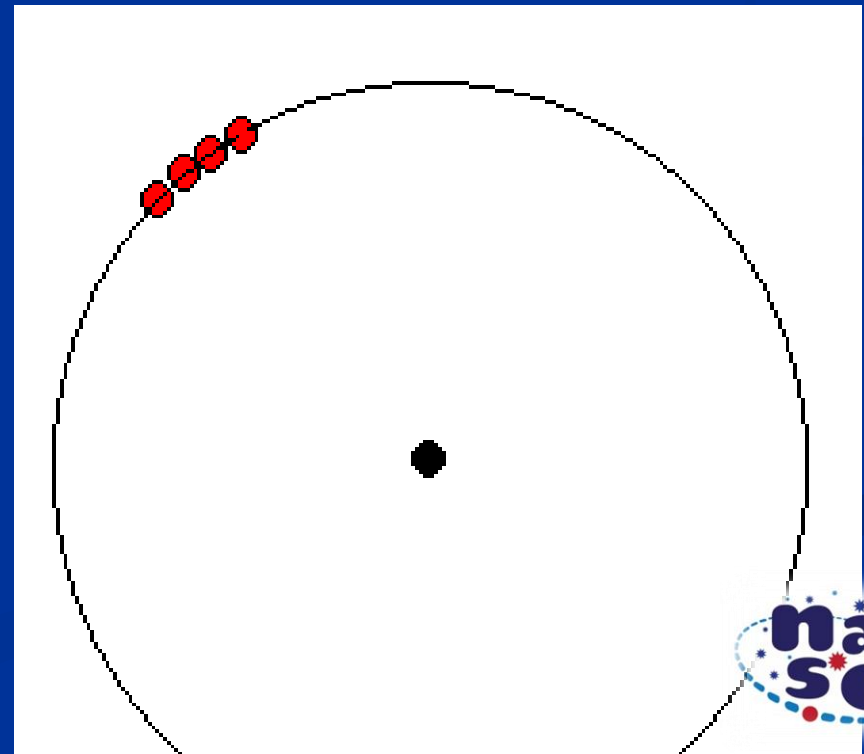
* Радиус Солнца

** Радиус Луны



3) Расстояние от Земли до Луны и радиус Луны

- Диаметр Луны с Земли составляет 0.5°
- Умножив этот диаметр в 720 раз, мы сможем вычислить круговую траекторию Луны
- $2 R_M 720 = 2 \pi E_M$
- $E_M = 720 R_M / \pi$

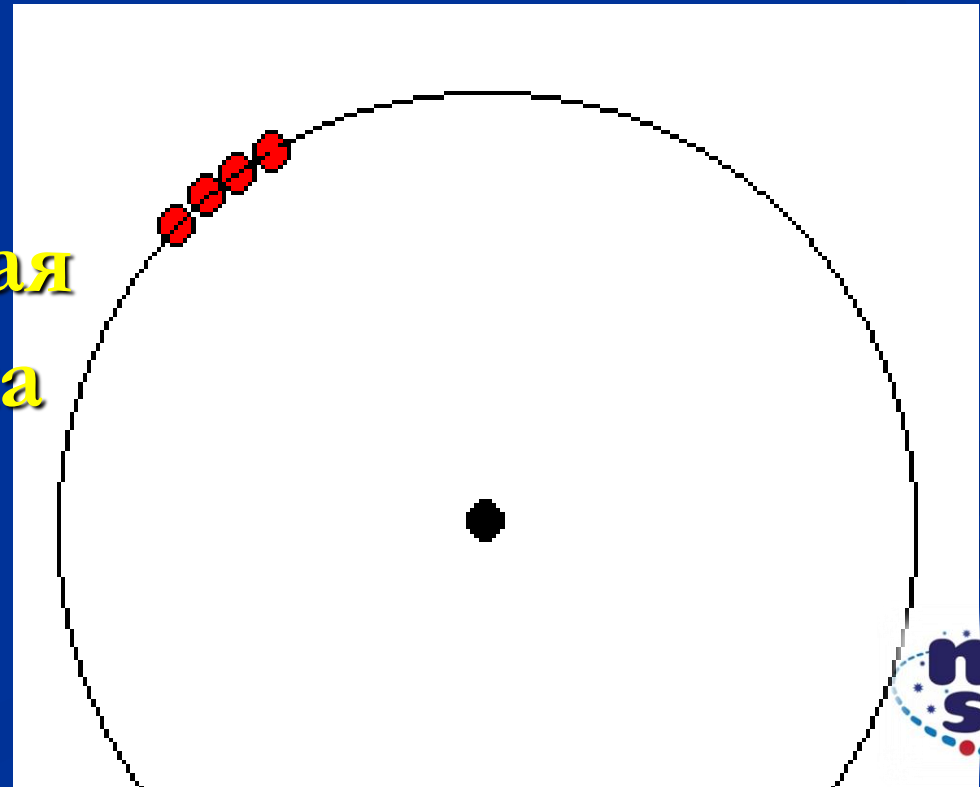


3) Расстояние от Земли до Солнца и радиус Солнца

■ По аналогии:

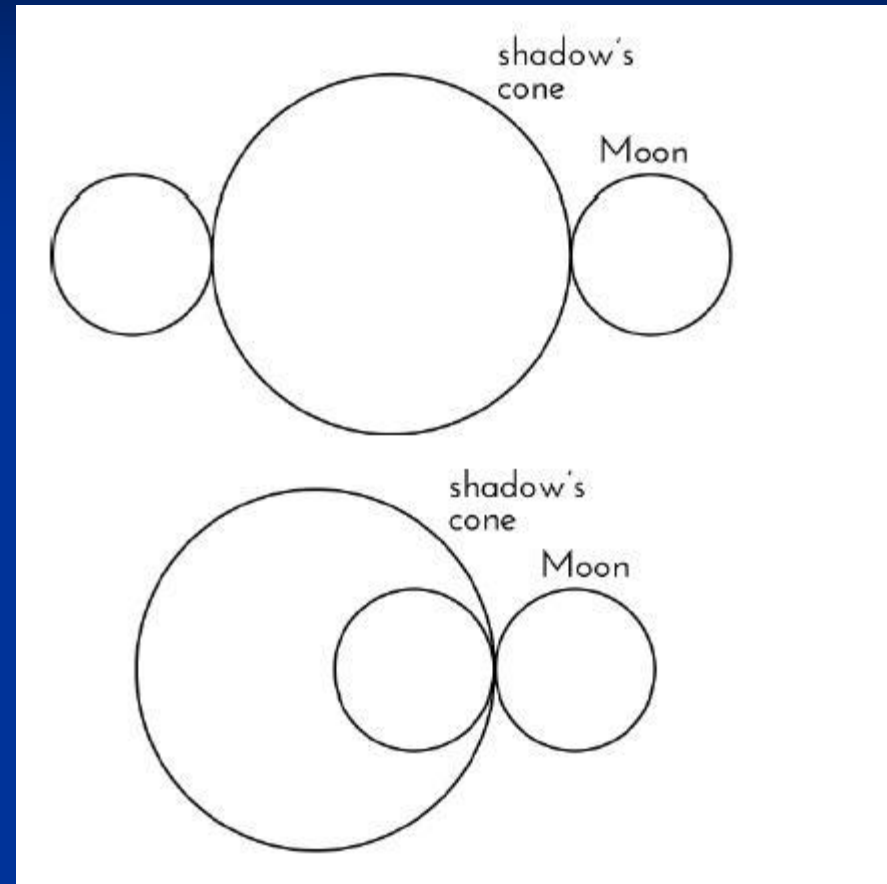
■ $ES = 720 R_s / \pi$

Первая
гелиоцентрическая
модель Аристарха



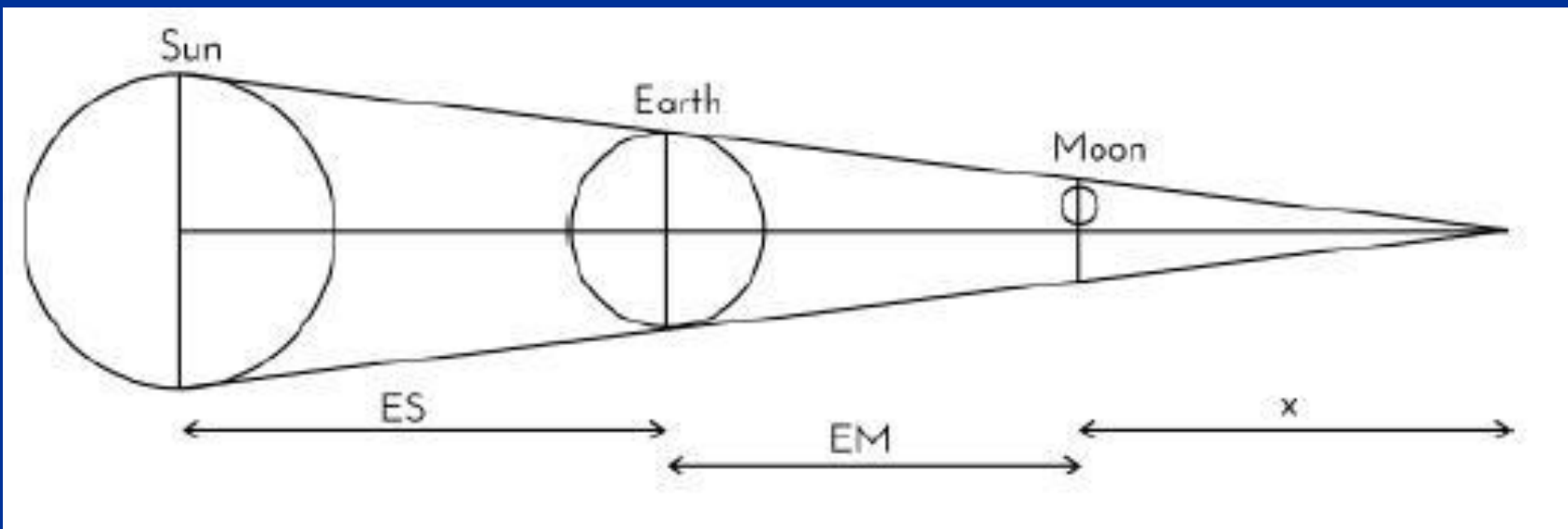
4) Конус земной тени

- При лунном затмении Аристарх наблюдал, что для того, чтобы Луна пересекла конус земной тени, требуется время, вдвое большее, чем время, в течение которого поверхность Луны скрыта (т.е. 2:1)
- На самом деле, это соотношение **2.6:1**



5) Найдите все соотношения между величинами

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

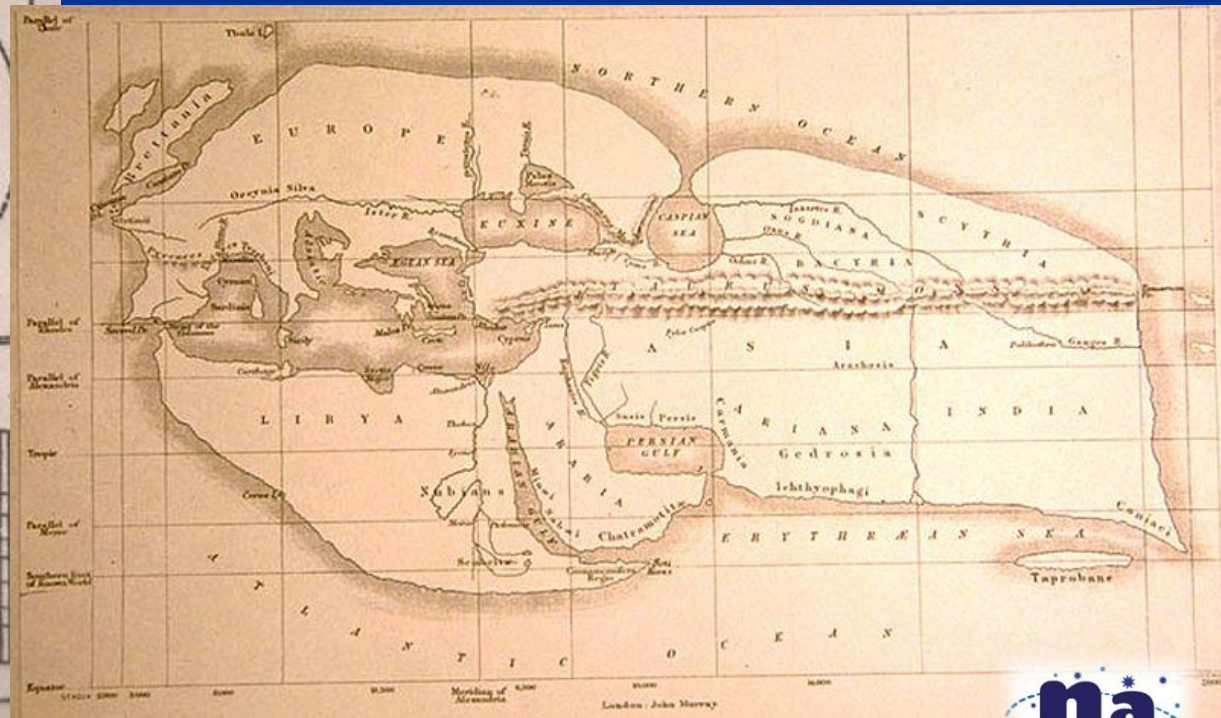
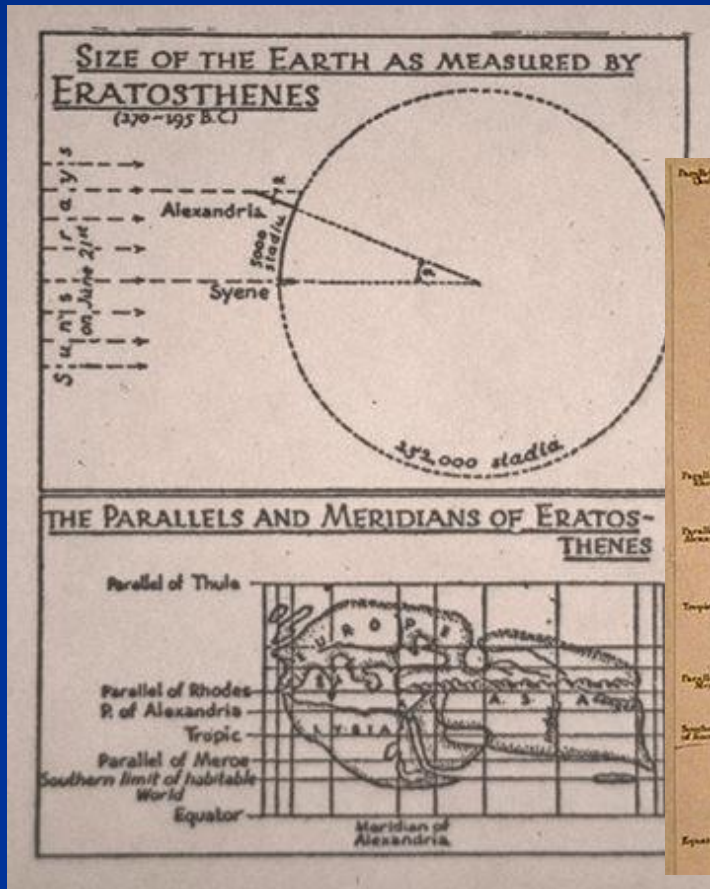


Решение системы показывает (все в отношении к радиусу Земли):

- $R_M = (401 / 1440) R_E$
 - $EM = (401 / (2 \pi)) R_E$
 - $R_S = (2005 / 18) R_E$
 - $ES = (80200 / \pi) R_E$
-
- Если мы примем, что $R_E = 6\,378$ км, то
 - $R_M = 1\,776$ км (на самом деле $1\,738$ км)
 - $EM = 408\,000$ км (в действительности $384\,000$ км)
 - $R_S = 740\,000$ км (на самом деле $696\,000$ км)
 - $ES = 162\,800\,000$ км (на самом деле $149\,680\,000$ км)



Задание 11: Эксперимент Эратосфена (280 – 192 гг. до н.э.)



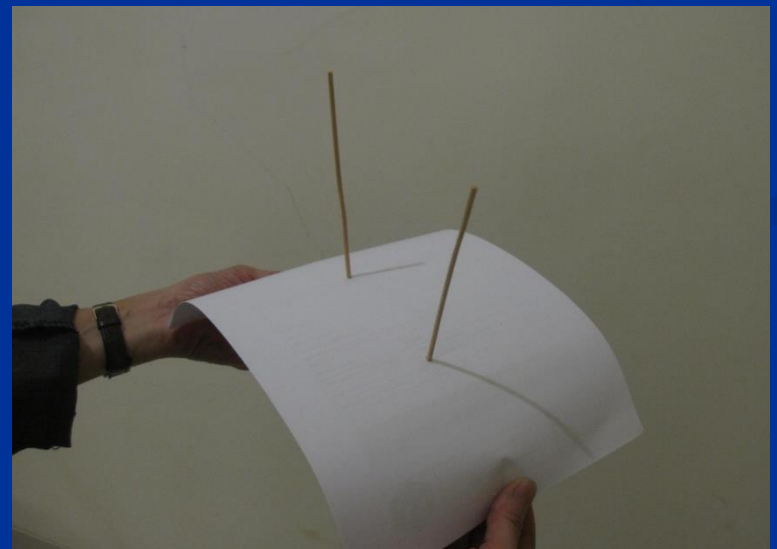
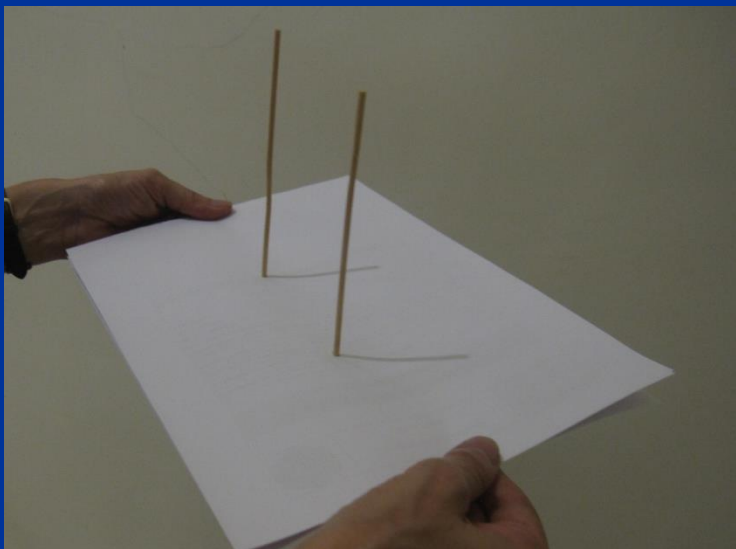
Задание 11: Снова Эратосфен

- Два города на одном меридиане
- Одновременные наблюдения



Разные тени...

- В таком случае, Земля – это сфера!



Задание 11: Снова Эратосфен

- Мы измеряем длину отвеса (или палки) и его тень



$$\alpha = \arctan(\text{тень}) / (\text{палка})$$

Задание 11: Снова Эратосфен

- В соответствии с пропорцией
 $2\pi R_E / 2\pi = d / \gamma$

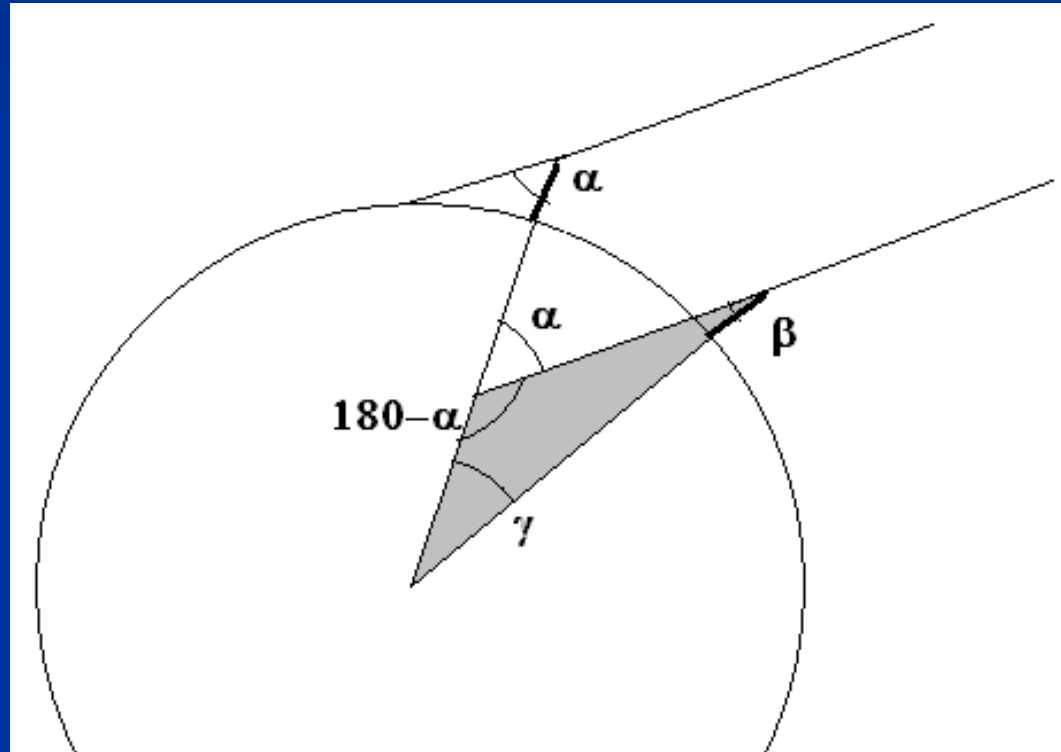
- ВЫВОДИТСЯ

$$R_E = d / \gamma$$

- γ мы знаем (в радианах)

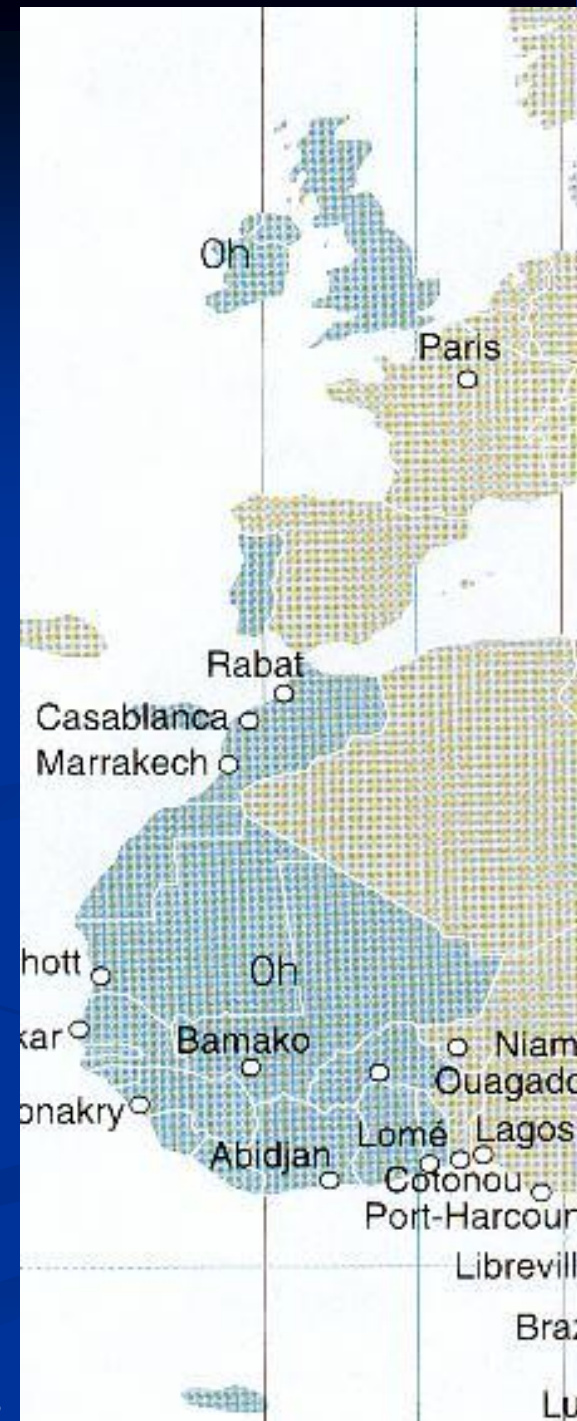
$$\gamma = \alpha - \beta$$

- d – расстояние между городами – используя карту



Наши результаты методом Эратосфена

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



Выводы

- Теперь мы понимаем суть затмений
- Мы определили соотношения размеров в системе Земля-Луны-Солнце
- Мы удостоверились, что наблюдая и анализируя полученные данные, мы можем узнать гораздо больше о Вселенной



**Большое спасибо за
ваше внимание!**

