

# Нар болон Сарны хиртэлтийн судалгаа

Rosa M. Ros

*International Astronomical Union  
Technical University of Catalonia, Spain*



# Зорилго

- Сарны фазыг ойлгох
- Сар хиртэлтийн шалтгааныг ойлгох
- Нарны хиртэлтын шалтгааныг ойлгох
- Дэлхий-Сар-Нарны системийн зайг тооцоолох



# Гэрэл, сүүдрийн харагдац

- Дэлхий-Сар-Нарны систем:  
Фаз ба хиртэлт
- Харьцангуй байрлал ба сүүдэр



# Туршилт 1: Сарны хажуугийн загвар

- 2 сайн дурынхан: төвд (нэг газар), нөгөө хэсэг нь эргэн тойрон (сар)
- Сарыг Дэлхийтэй ойртуулж,  $90^{\circ}$  -аар дэлхийг тойрон эргэх ба  $90^{\circ}$  эргэнэ. Эхлэх байр суурь хүртлээ үйл явцыг давт



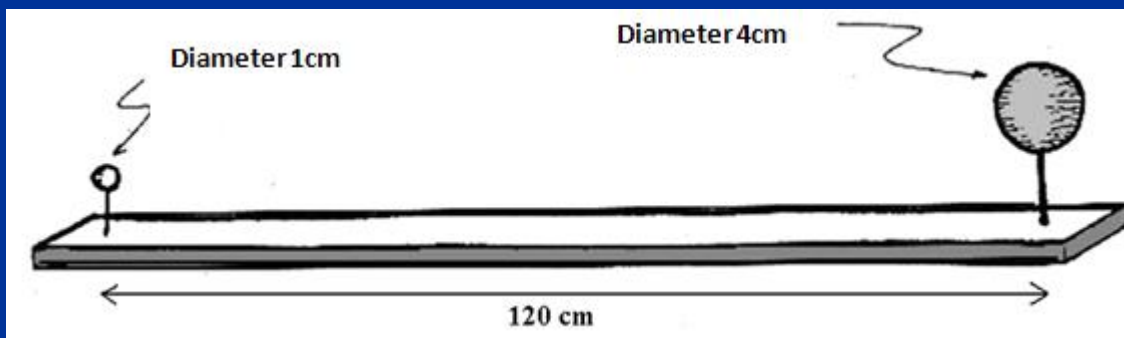
# Туршилт 2: Гар чийдэнгийн загвар (Sun) сарны үеийг тайлбарлах

- 5 сайн дурын ажилтан: төвд (дэлхий), 4 бусад 4 сарыг масктай (1 бүрэн гэрэлтүүлсэн, 2 хэсэгчлэн гэрэлтүүлсэн, 1 харанхуй)



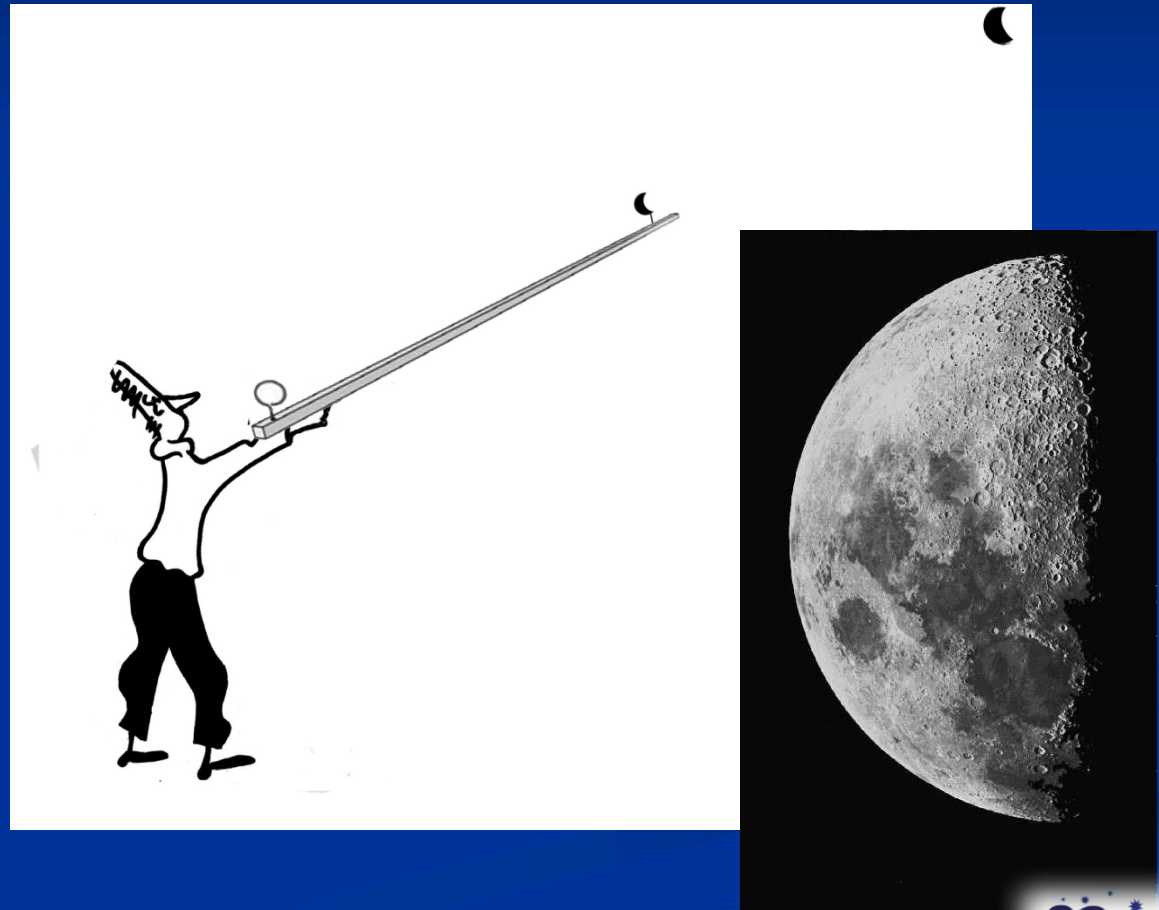
# Дэлхий-Сар-Нарны системийн зайн тородхойлолт

|                |                |                                                                                     |                    |
|----------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Дэлхийн иаметр | 12 800 km      |  | 4 cm               |
| Сарны диаметр  | 3 500 km       |  | 1 cm               |
| ДС зай         | 384 000 km     |  | 120 cm             |
| Нарны диаметр  | 1 400 000 km   |  | 440 cm = 4.4 m     |
| ДН зай         | 150 000 000 km |  | 47000 cm = 0.47 km |



# Туршилт 3: Сарны фазын симуляци

- Загварын жижиг сарыг сар руу чиглүүлж, бид ижил үе шатыг харж болно

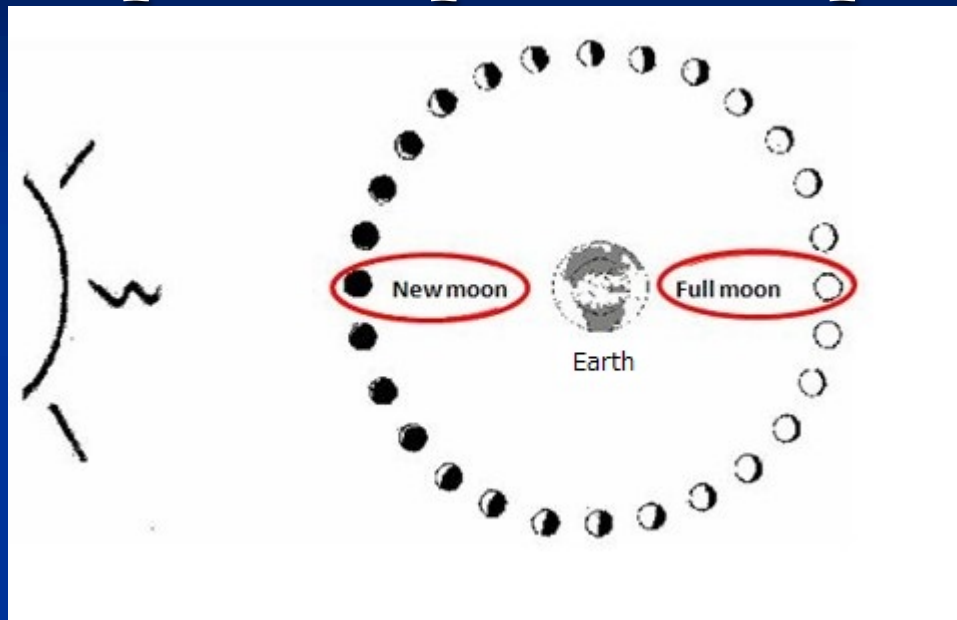


# Туршилт 4: Дүрслэлийн алдаа



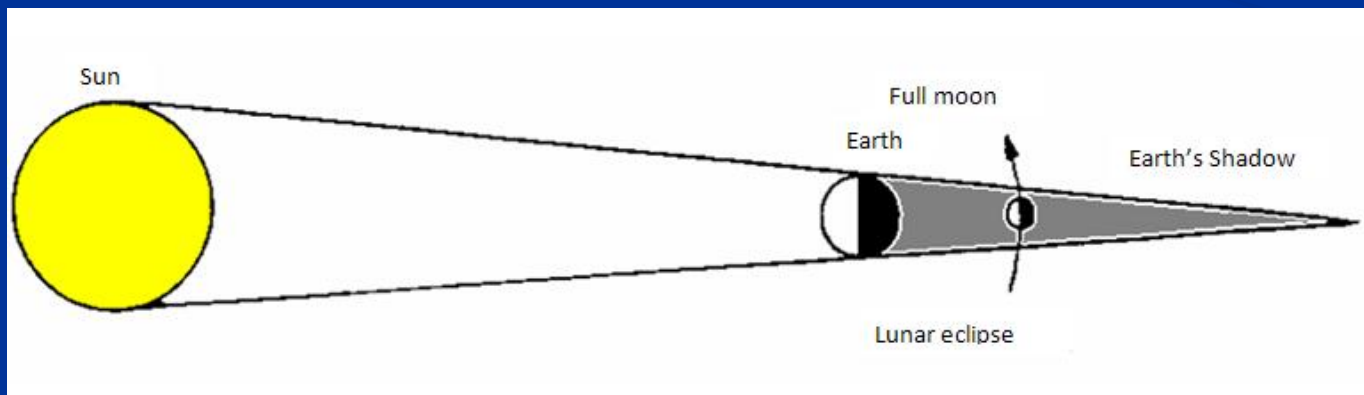
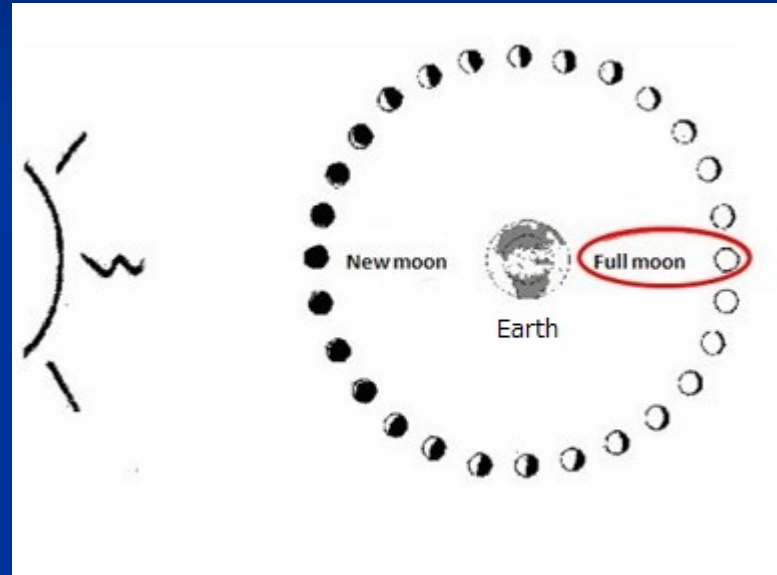
- Нарны байрлалаас хамаарах Сарны фаз

# Сарны хиртэлт ба фаз



# Туршилт 5: Сарны хиртэлт

- Сар бүтэн үед сар хиртдэг



# Туршилт 5: Сар хиртэлтийн симуляци



# Туршилт 5: Сар хиртэлт



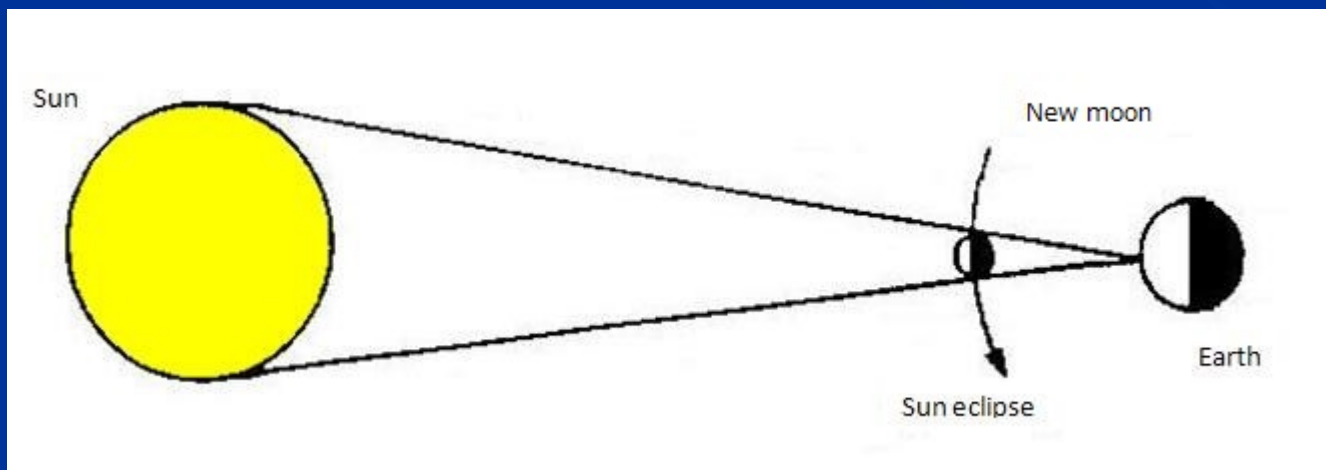
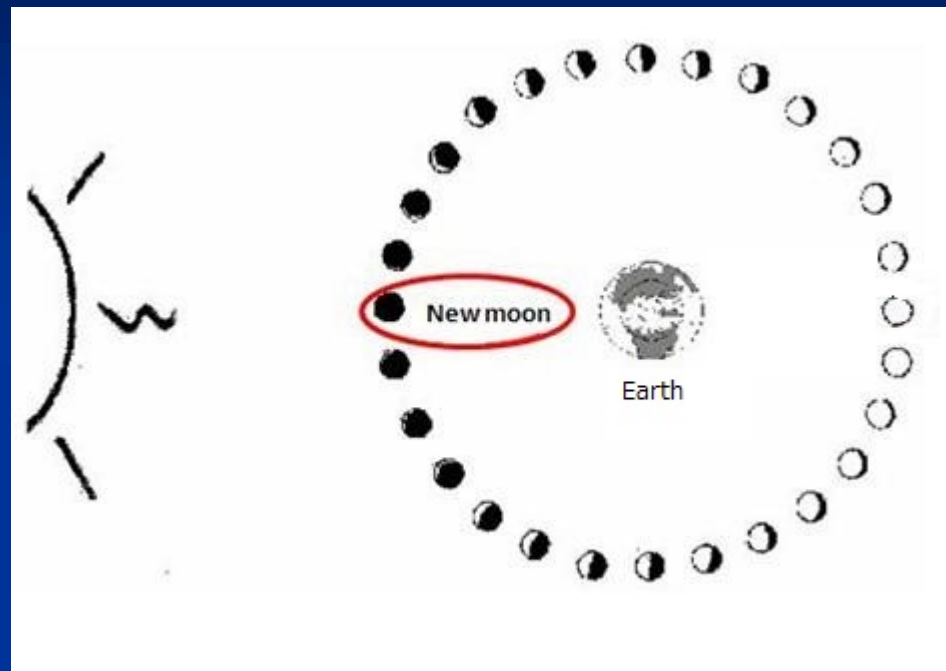
# Туршилт 5: Сар хиртэлт

- Сар хиртэлт нь Дэлхийн хагаст нь харагдана (шөнө болж байгаа хэсэгт)



# Туршилт 6: Нар хиртэлт

- Шинэ сар гарах үед Нар хиртэх боломжтой



# Туршилт 6: Нар хиртэлтийн симуляци



# Нарны хиртэлтийн хэрэгсэл

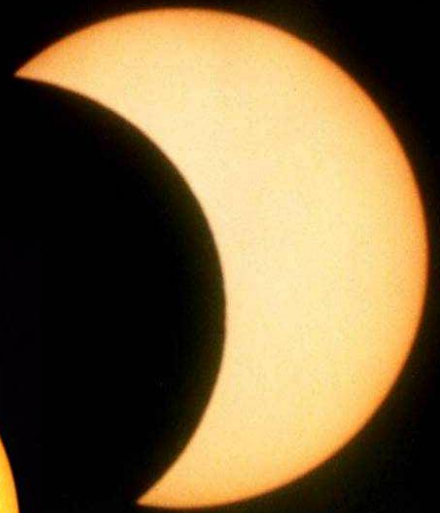
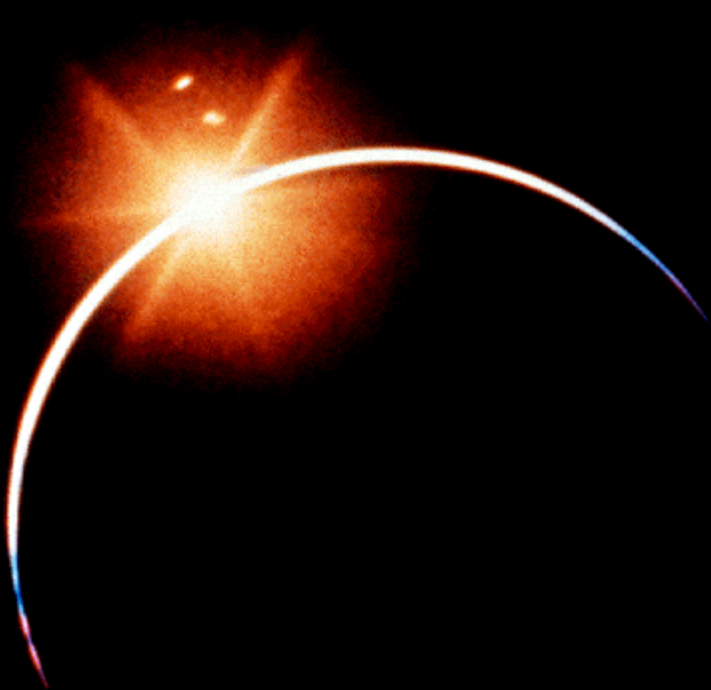
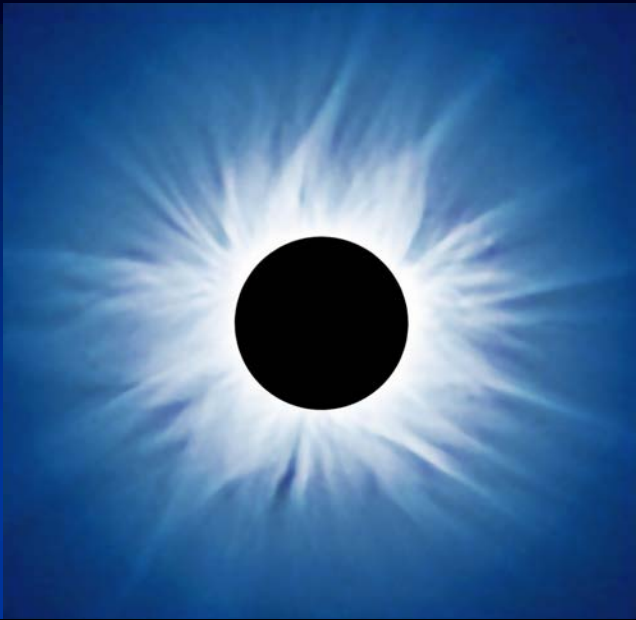




# Туршилт 6: Нар хиртэлт

- Нарны хиртэлт зөвхөн дэлхийн жижиг бүсэд харагдах болно





# ...бидний мэдрэмж



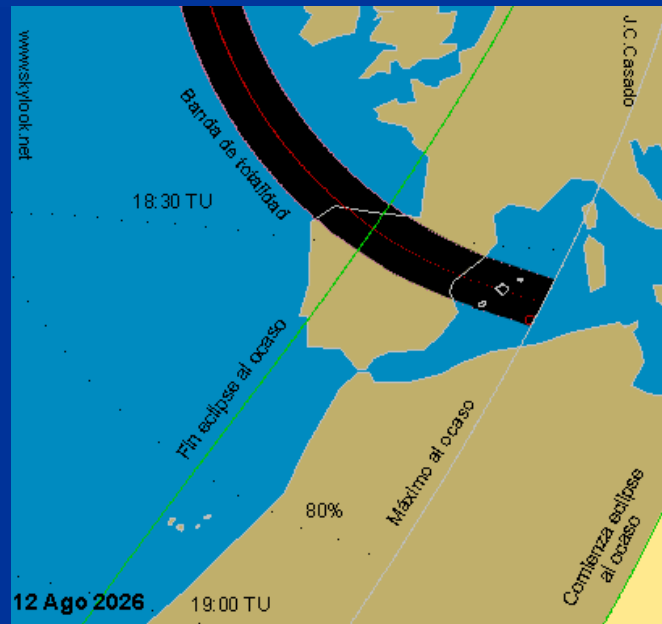
# Ажиглалт

- Наран хиртэлт болох сарны бүтэн хиртэлт болох сарны хиртэлт
- Нарны хиртэлт зөвхөн дэлхийн жижиг талбайд харагддаг
- Дэлхий, сар нь "сайн зохицсон" байх нь маш хэцүү, тиймээс шинэ эсвэл бүрэн сар байдаг



## Эцэст нь ... жишээ...

- Испанид дараачийн нар бүтэн хиртэлт: 2026 оны 8-р сарын 12-нд (өөр газар нутагт 2004 оны сүүлээр)



- Жил бүр 0-3 сар хиртэлттэй байна



# Нарны зайг дүрслэн харуулахын тулд зай ба диаметрийг оруулна

|                 |                |                                                                                      |        |
|-----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Дэлхийн диаметр | 12 800 km      |   | 2.1 cm |
| Сарны диаметр   | 3 500 km       |   | 0.6 cm |
| ДС зай          | 384 000 km     |   | 60 cm  |
| Нарны диаметр   | 1 400 000 km   |   | 220 cm |
| ДН зай          | 150 000 000 km |  | 235 m  |

# Нарыг будах



# Үйл ажиллагаа 7: Том "Нар" хийх нь жижиг "Сар"

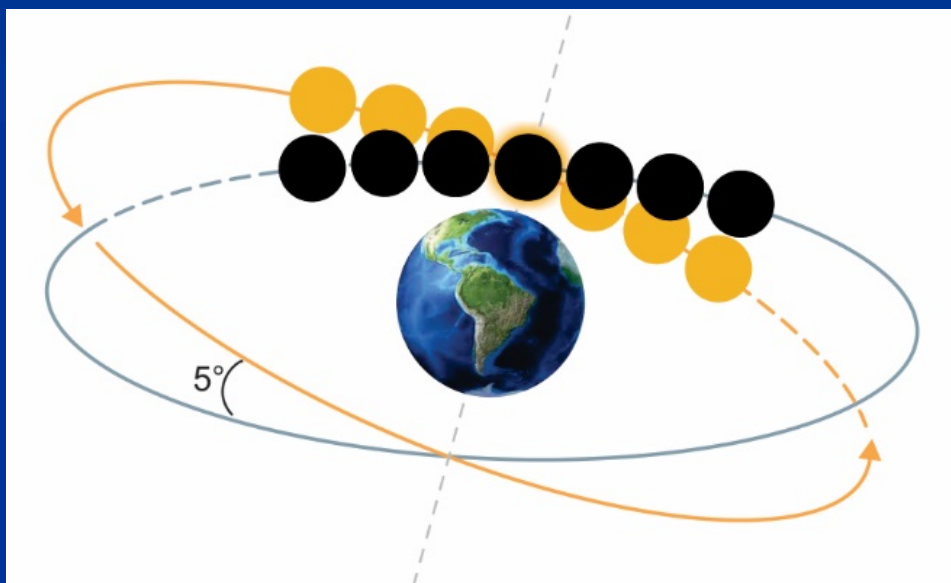


Хэрэв сар бүр Шинэ сар, бүтэн сар  
байдаг бол ...

Нарны хиртэлт, сарны хиртэлт сар  
байдаггүй вэ?



Яагаад гэвэл ... Дэлхий дээрх Нарны  
тойрог болон Сарны хавтгай нисэх  
онгоцнууд нь нэг хавтгайд биш юм.



Хоёр онгоц хоёулаа  $5^\circ$ -тэй тэнцүү, Нарны  
сарны диаметр нь зөвхөн  $0.5^\circ$  байна

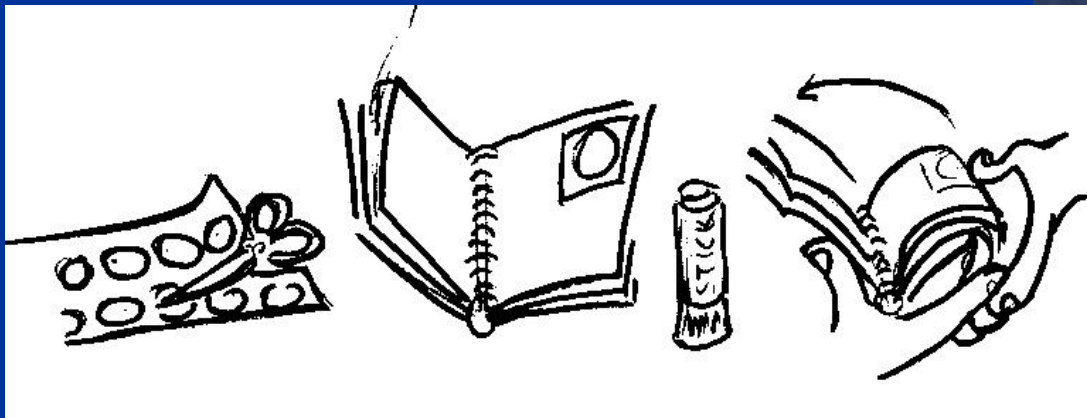


Нар, сар нь хоёр онгоцны  
уулзварт ойрхон байгаа  
ТОХИОЛДОЛД Л ХИРТЭЛТ БОЛНО.



# Үйл явдал 8: "Flip page" хиртэлтийг симулятор

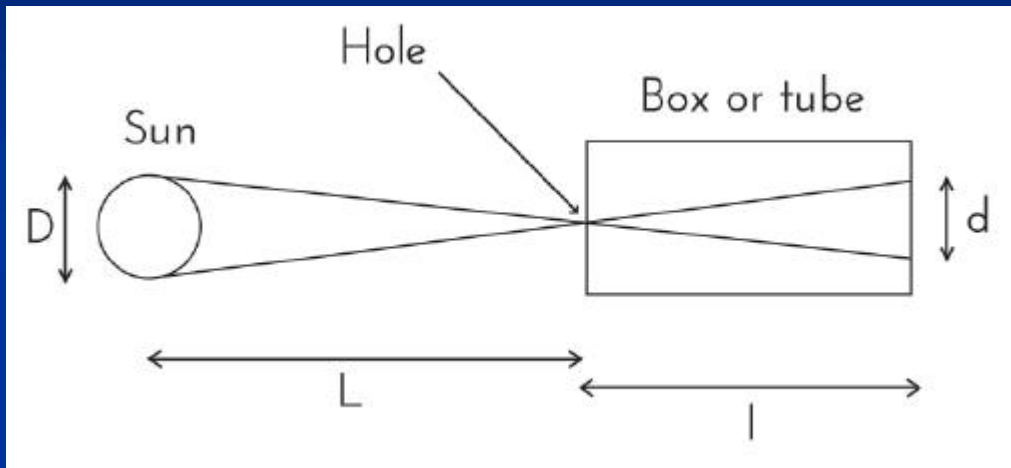
1. Зургийг арилгаж, дугаарлана
2. Дүрс бүрийг спираль тэмдэглэлийн дэвтэр дээр буулгана
3. Туршилтыг харахын тулд хуудаснуудаа хурдан эргүүлээрэй.



# Үйл ажиллагаа 9: Нарны диаметрийг тодорхойлох - ажиглалт, хэмжилт



# Үйл ажиллагаа 9: Нарны диаметрийг тодорхойлох



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

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

Бид нарыг нарийвчлан тогтоож, н  
диаметрийг тооцоолж болно

$L = 150\,000\,000$  km Earth-Sun distance,  $l$  = tube length,  
 $d$  = diameter of the Sun on semi-transparent paper

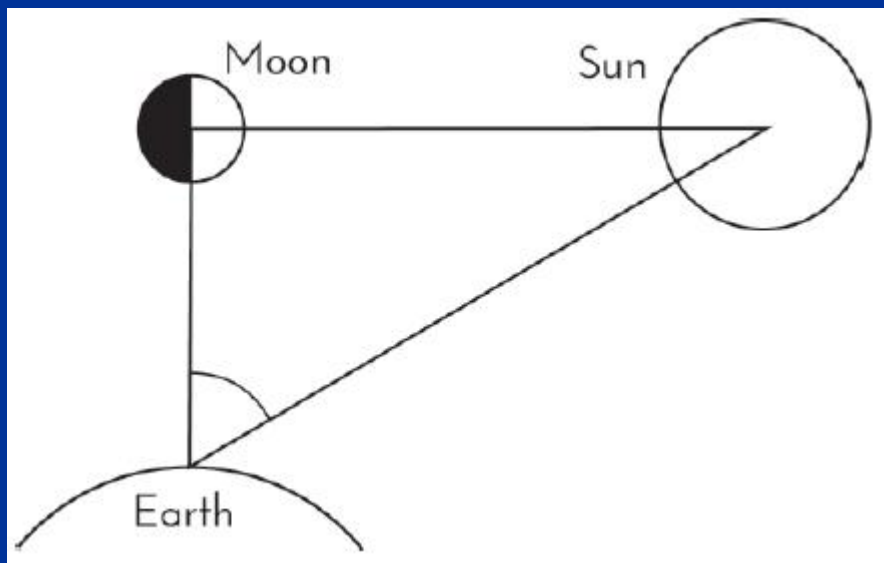
# Үйл ажиллагаа 10: Аристархын туршилт МЭӨ 310-230 он

- Дэлхий-Сар-Нар хоорондын зай ба тэдгээрийн голчуудын хоорондын холбоог тогтоож өгсөн (гэхдээ үнэмлэхүй утгыг тодорхойлж чадаагүй). Энэ нь Eratosthenes хүртэл хүлээх хэрэгтэй байв.
  - 1) Дэлхий, сар хүртэлх зай хүртэл
  - 2) Сар болон Нарны радиус
  - 3) Дэлхий хүртэл сар хүртэлх зай ба Сарны радиус
  - 4) Хуурай газрын сүүдрийн конус
  - 5) Бүгдээрээ харилцах



# 1) Дэлхий ба сарны зай

■  $\cos \alpha = EM / ES$  тэгээд  $ES = EM / \cos \alpha$



# 1) Дэлхий Сар болон Дэлхий Нар зай

- Aristarchus  $\alpha = 87^\circ$   
тэгээд  $ES = 19 EM$
- Now  $\alpha = 89^\circ 51'$   
therefore  $ES = 400 EM$



## 2) Сар болон Нарны радиус

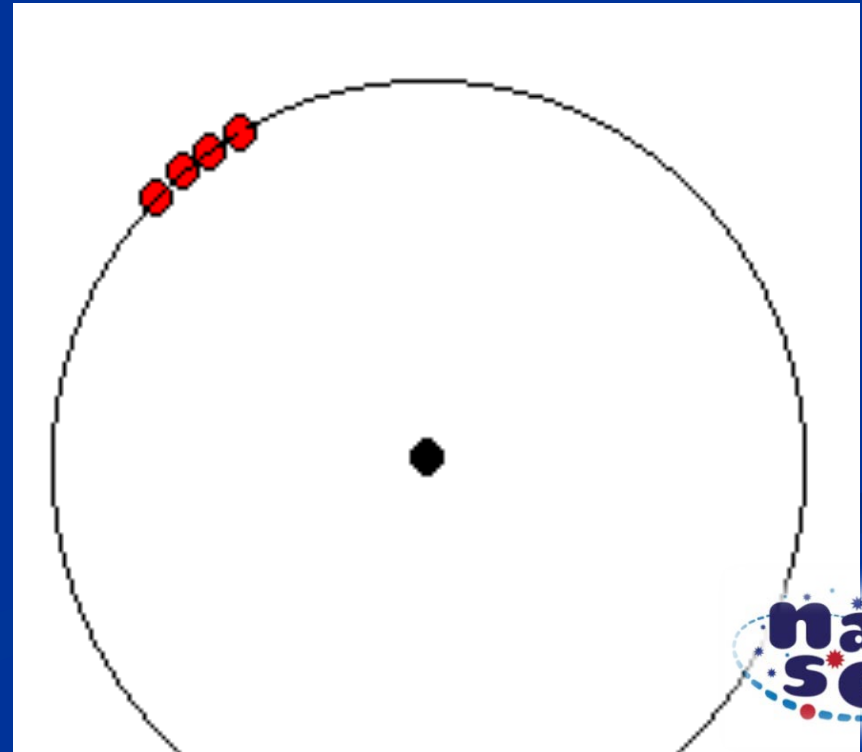
- Дэлхийд сар, нарны диаметр нь  $0.5^\circ$  - тай тэнцүү байна
- Therefore, the radius is

- $R_s = 400 R_m$



### 3) Дэлхий сар ба зайн радиус

- Дэлхий дээрх сарны диаметр нь  $0.5^\circ$
- 720 дахин их диаметртэй энэ нь сарны тойрог замыг тооцоолох боломжтой
- $2 R_M 720 = 2 \pi E_M$
- $E_M = 720 R_M / \pi$

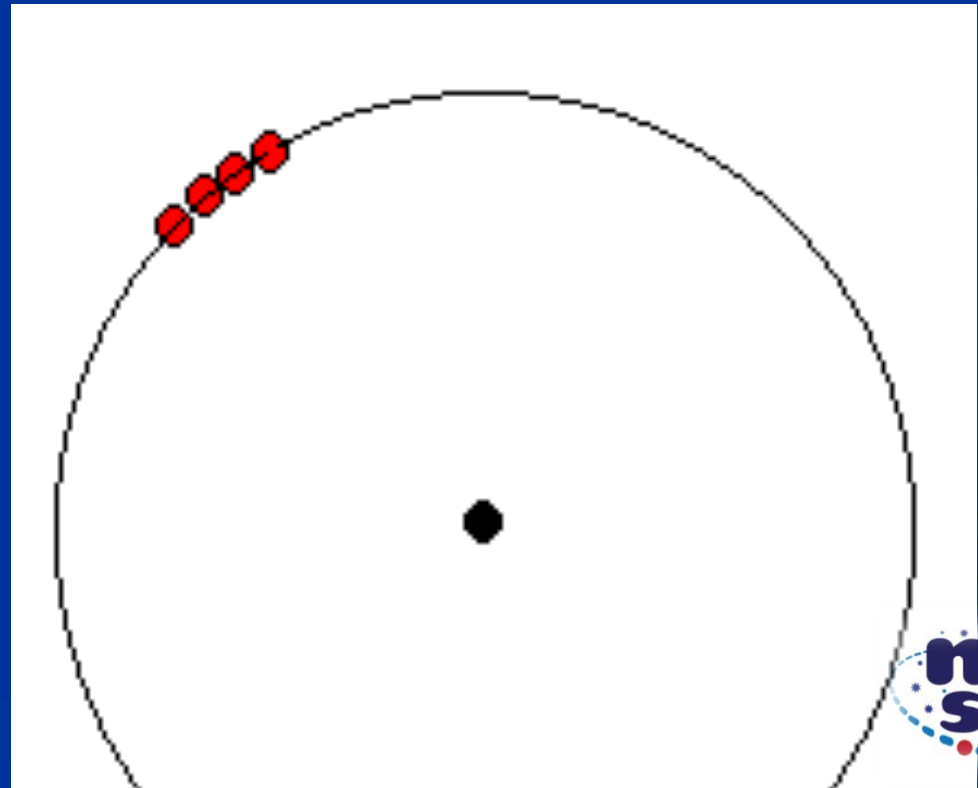


### 3) Дэлхий нарны нар ба нар радиус

- By analogy

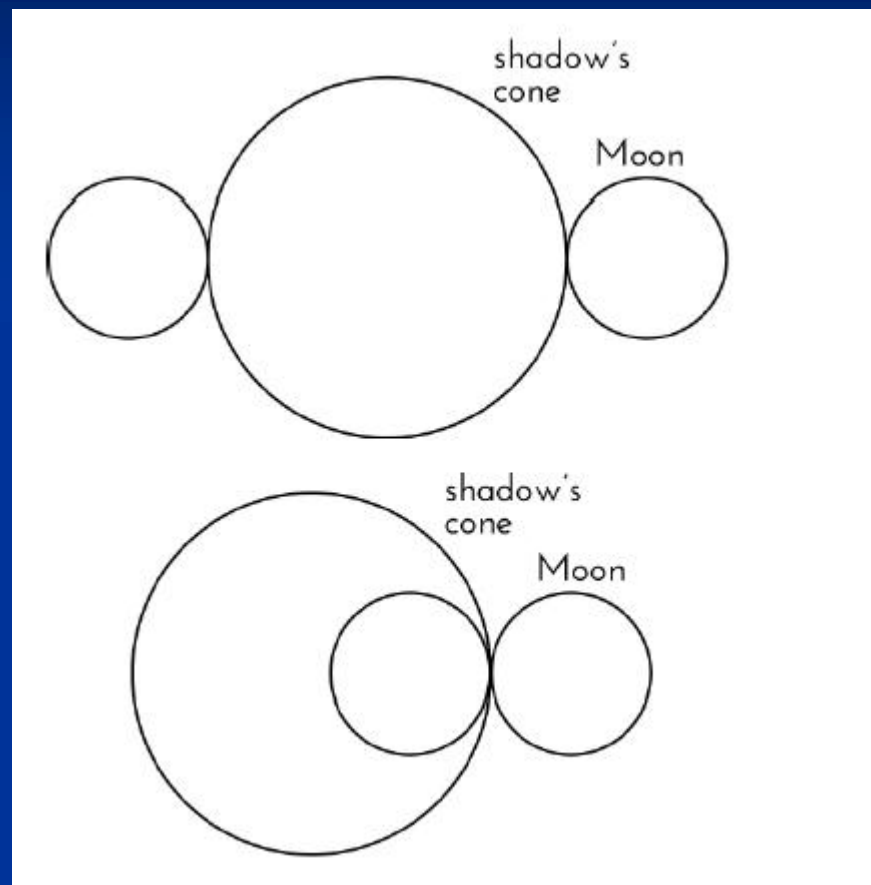
- $ES = 720 R_s / \pi$

Aristarchus's  
1<sup>st</sup> Heliocentric  
model



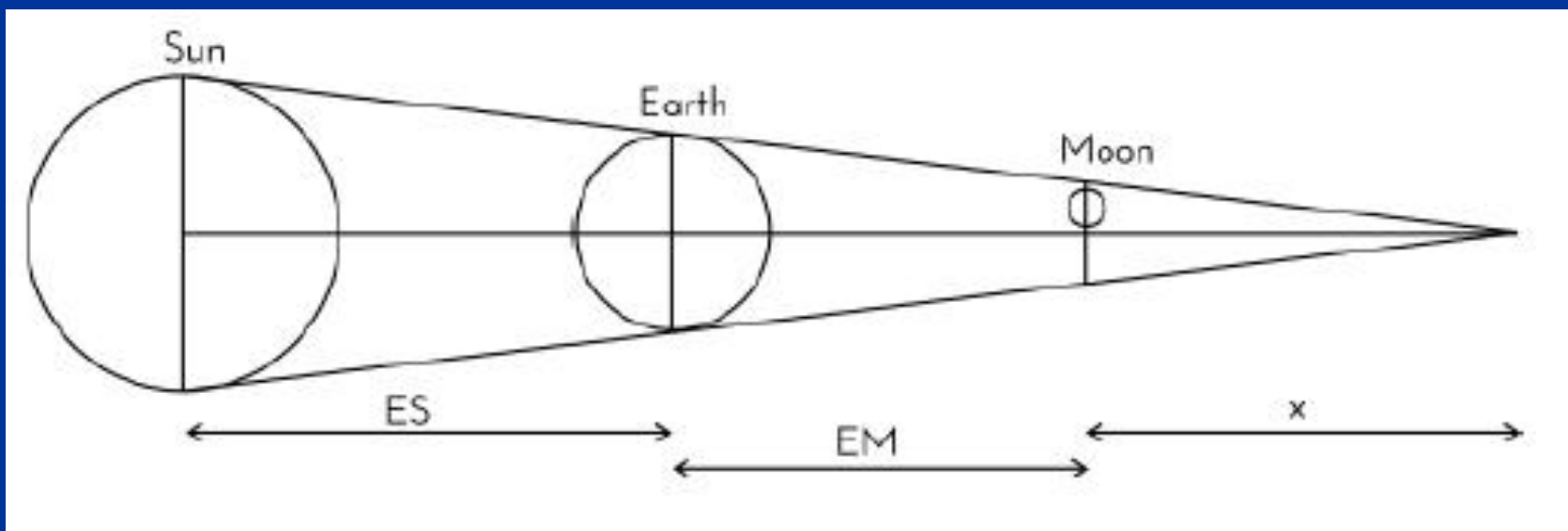
## 4) Хуурай газрын сүүдэр

- Сарны хиртэлт,
- Аристард Сарны гадаргуугийн сүүдэрийг зайлуулах цаг хугацаа нь Сарны гадаргуу дээр үргэлжлэх хугацаа 2 дахин их байх шаардлагатай гэдгийг ажигласан (2: 1)
- Яг үнэндээ 2.6:1



## 5) БҮГДИЙГ НЬ ХОЛБООД

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

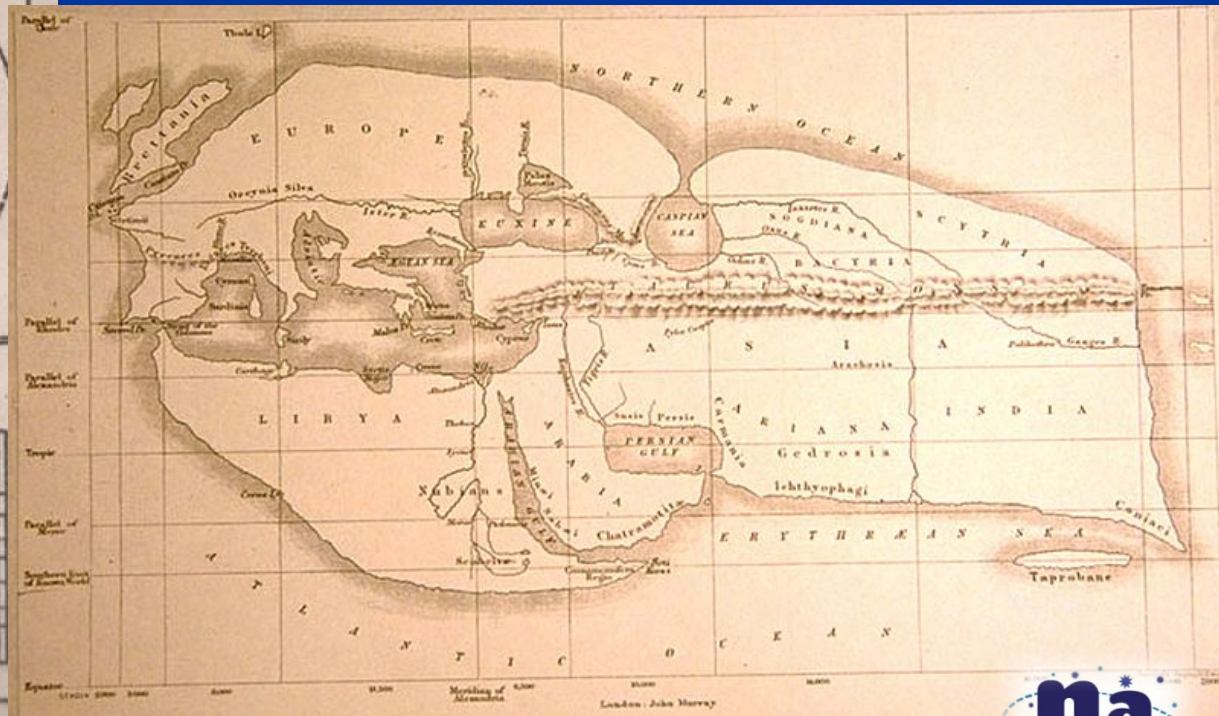
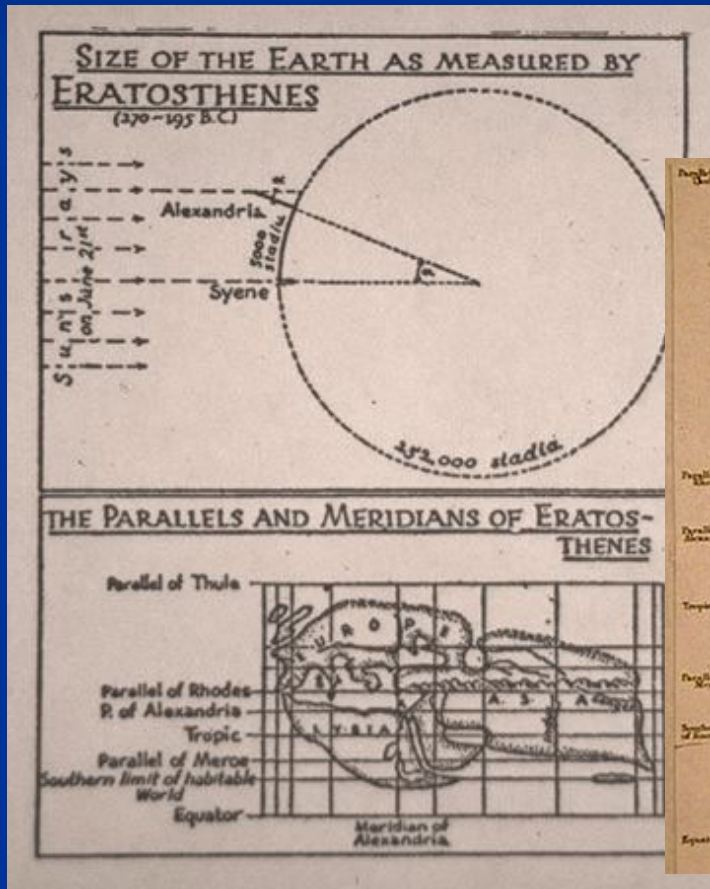


# Системийг харуулах нь (дэлхийн радиустай холбоотой бүх зүйл):

- $R_M = (401 / 1440) R_E$
- $EM = (401 / (2 \pi)) R_E$
- $R_S = (2005 / 18) R_E$
- $ES = (80200 / \pi) R_E$
- Хэрэв бид бодвол  $R_E = 6\,378\text{ km}$  then
- $R_M = 1\,776\text{ km}$  (actual  $1\,738\text{ km}$ )
- $EM = 408\,000\text{ km}$  (actual  $384\,000\text{ km}$ )
- $R_S = 740\,000\text{ km}$  (actual  $696\,000\text{ km}$ )
- $ES = 162\,800\,000\text{ km}$  (actual  $149\,680\,000\text{ km}$ )



# Үйл явдал 11: Eratosthenes 'туршилт МЭӨ 280-аас 192 он



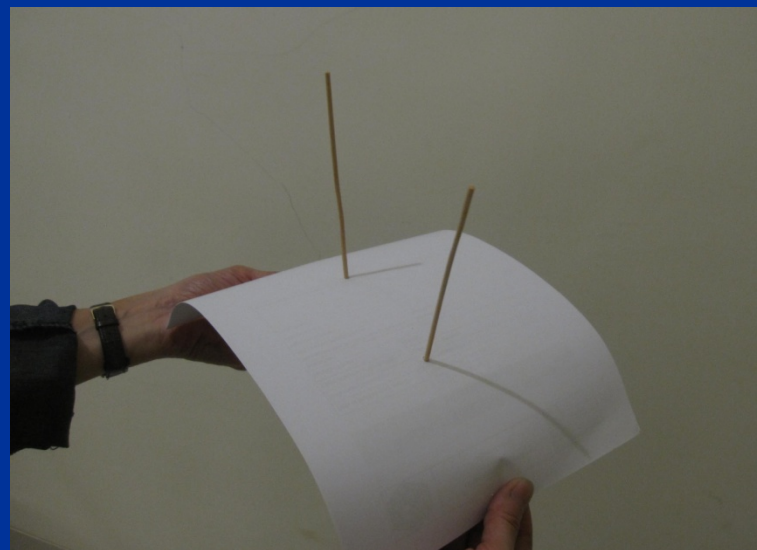
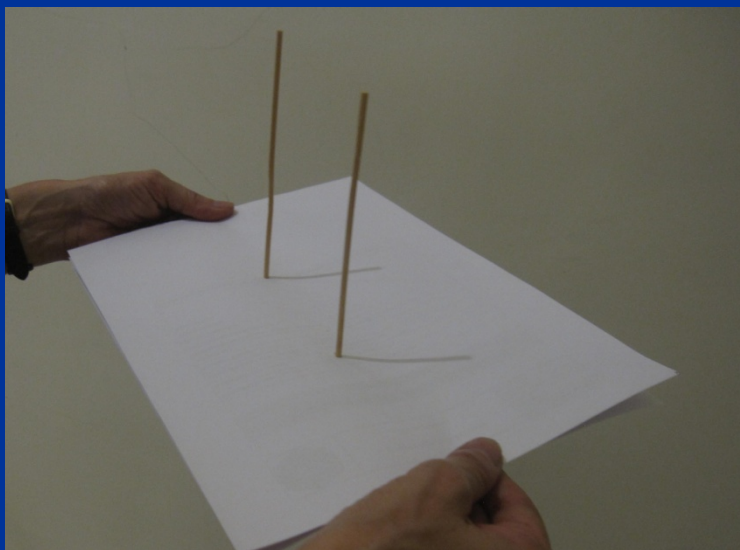
# Үйл явдал 11: Eratosthenes дахин

- Нэг голын хоёр хот
- Нэгэн зэрэг  
ажиглалт



# Өөр өөр сүүдэр

- Дараа нь дэлхий бол бөмбөрцөг юм!



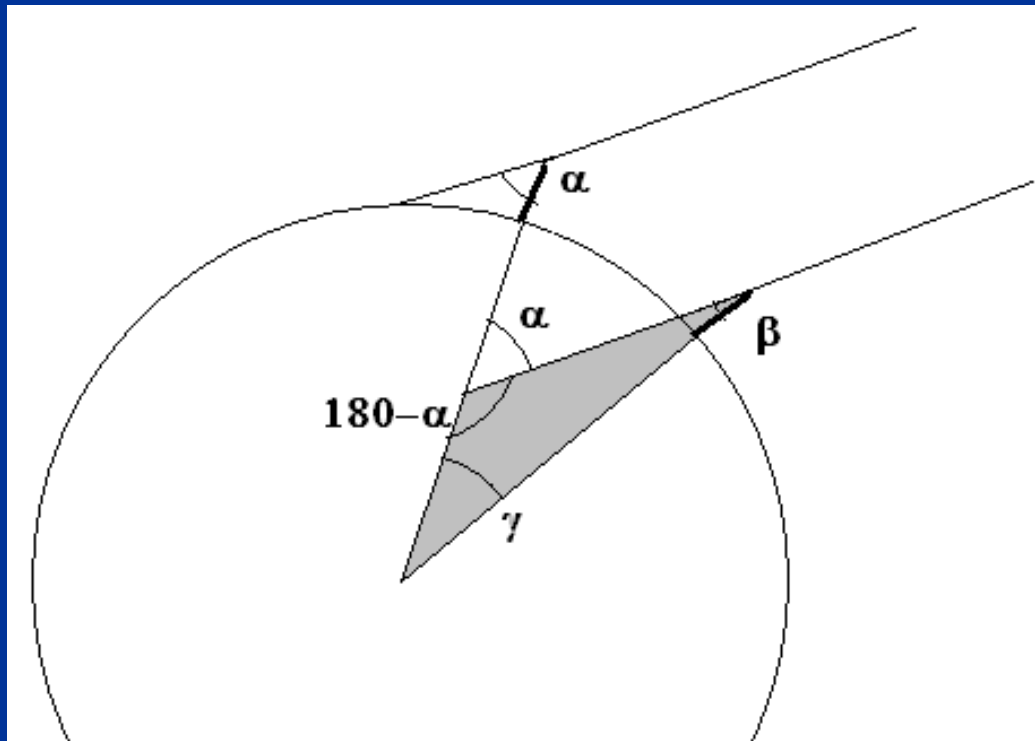
# Үйл явдал 11: Eratosthenes

дахин

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

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

$\alpha$  Болон  $\beta$  радиан болговол  
(180 degrees =  $\pi$  radians)



# Үйл явдал 11: Eratosthenes дахин

- Бид тууш мөрний урт (эсвэл зөөгч) болон түүний сүүдрийн уртыг хэмждэг



$$\alpha = \arctan (\text{stick})/(\text{shadow})$$

## ■ Пропорцоор

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

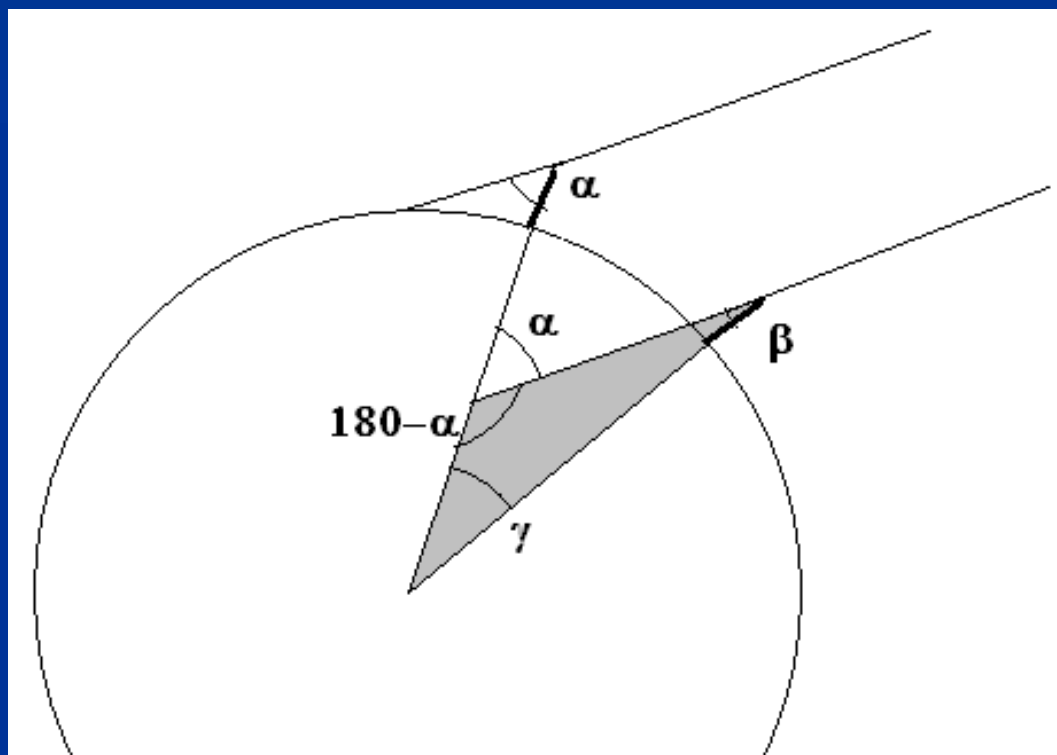
$$R_E = d / \gamma$$

## ■ $\gamma$ радианаар

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

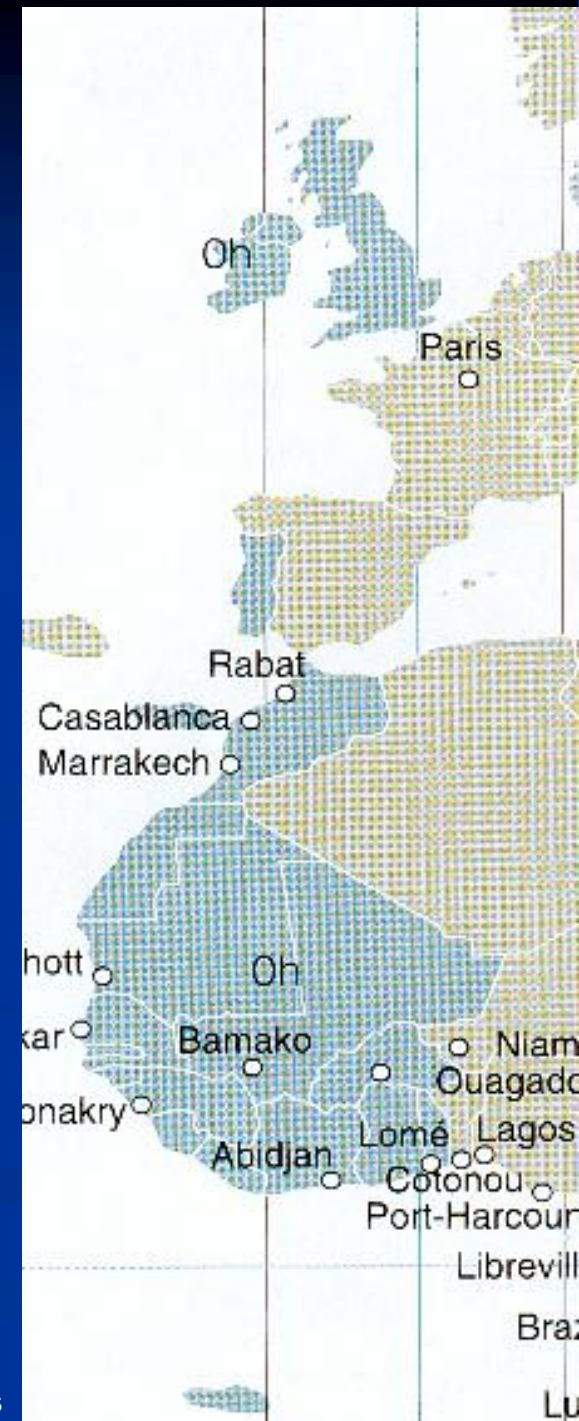
## ■ $d$ Хот хоорондын зай - газрын зургийг ашиглан

## Үйл явдал 11: Eratosthenes дахин



# Бидний үр дүн Eratosthenes аргын үр дүн

- Ripoll- Barcelona
- $\alpha = 0.5194$  радиан
- $\beta = 0.5059$  радиан
- $\gamma = 0.0135$  радиан
- $d = 89.4$  km
- $R_E = 6\,600$  km (actual 6 378 km)



# ДҮГНЭЛТ

- Бид одоо хиртэлтийг ойлгож байна
- Дэлхий-Сар-Нар системийн хэмжээтэй холбоо тогтоох тогтолцоотой
- Олж авсан өгөгдлийг ажиглаж, дүн шинжилгээ хийх замаар бид орчлон ертөнцийн тухай илүү ихийг мэдэж чадна



Анхаарал  
хандуулсанд  
баярлалаа!

