

Auringon- ja kuunpimennysten tutkiminen

Rosa M. Ros

*International Astronomical Union
Technical University of Catalonia, Spain*



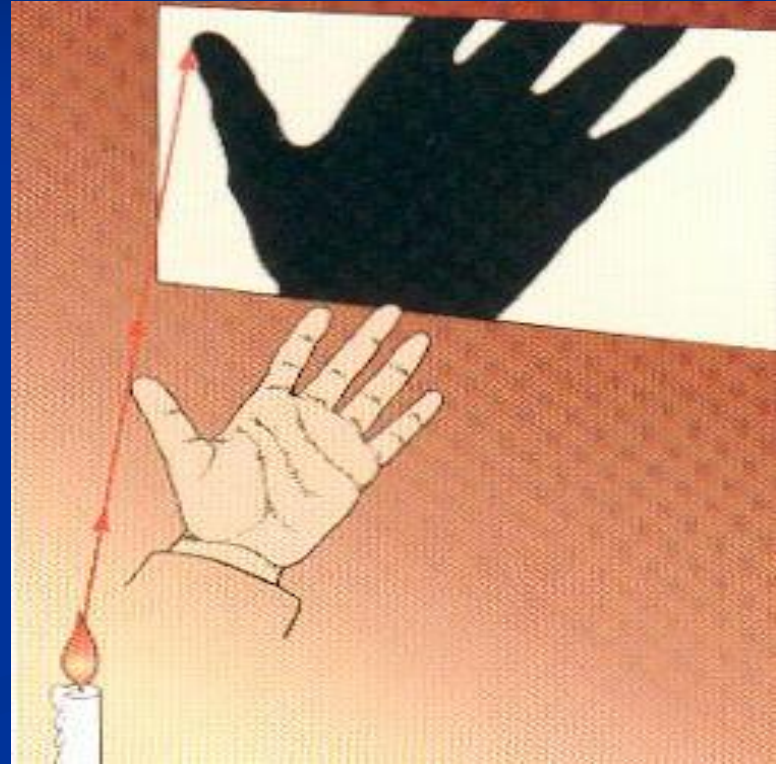
Tavoitteet

Osallistuja:

- Ymmärtää, miksi Kuulla on vaiheet
- Ymmärtää kuunpimennysten syy
- Ymmärtää, miksi auringonpimennyksiä on
- Määrittää Maa-Kuu-Aurinko-järjestelmän etäisyydet ja halkaisijat

Valo ja varjo

- Maa-Kuu-Aurinko-järjestelmä: vaiheet ja pimennykset
- Suhteelliset sijainnit ja varjot



Aktiviteetti 1: Malli Kuun etäpuolesta

- 2 vapaaehtoista: yksi keskelle (Maa) ja toinen kiertää (Kuu)
- Laita Kuu seisomaan kasvot kohti Maata ja pyydä häntä kiertämään Maan ympäri 90° samalla kääntyen itse 90° . Toista, kunnes Kuu on takaisin lähtöpisteessään








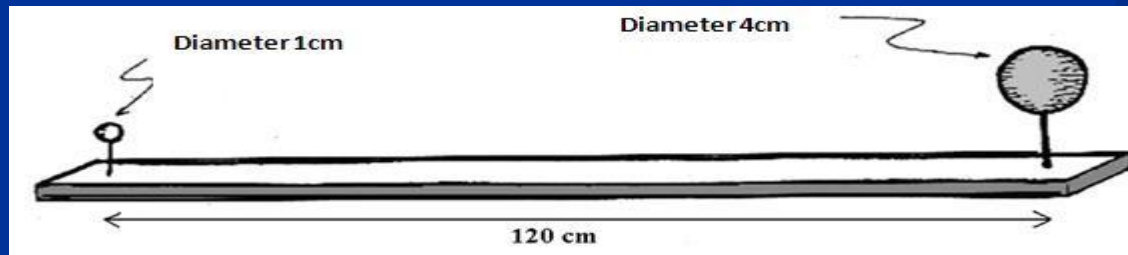
Aktiviteetti 2: Taskulampulla (Aurinko) toteutettu malli havainnollistamaan Kuun vaiheet

- 5 vapaaehtoista: yksi on keskellä (Maa) ja muut 4 havainnollistavat Kuun neljää vaihetta kuunaamioiden avulla (1 kokonaan valaistu, 2 osittain ja 1 kokonaan pimeänä)



Maa-Kuu-Aurinko-järjestelmän etäisyydet ja halkaisijat

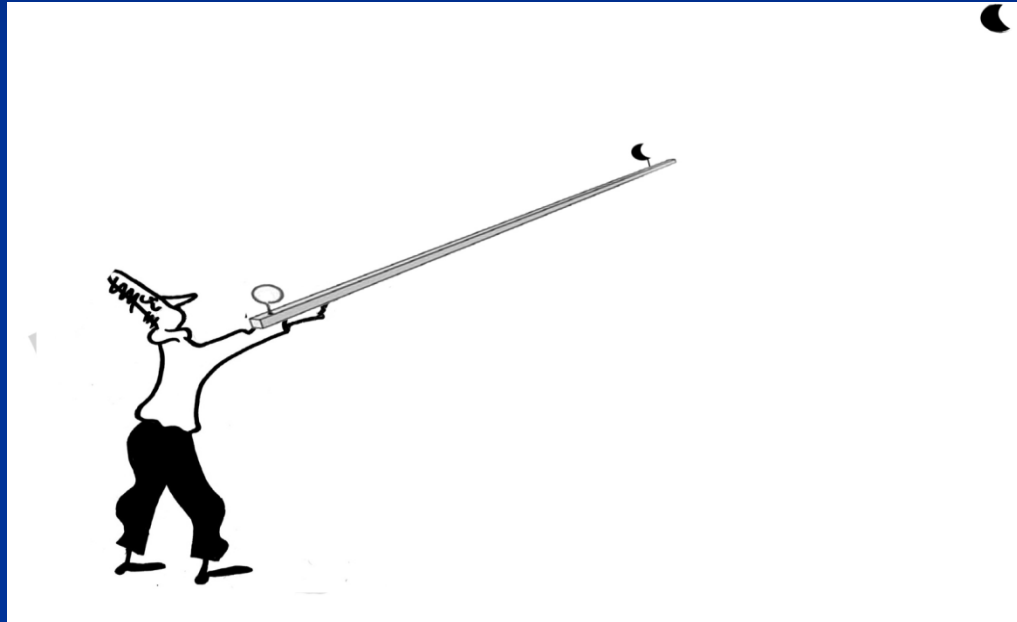
Maan halkaisija	12 800 km		4 cm
Kuun halkaisija	3 500 km		1 cm
Maa-Kuu etäisyys	384 000 km		120 cm
Aurinko halkaisija	1 400 000 km		440 cm = 4.4 m
Maa-Aurinko etäisyys	150 000 000 km		47 000 cm = 0.47 km



Aktiviteetti 3: Kuun vaiheiden havainnollistaminen

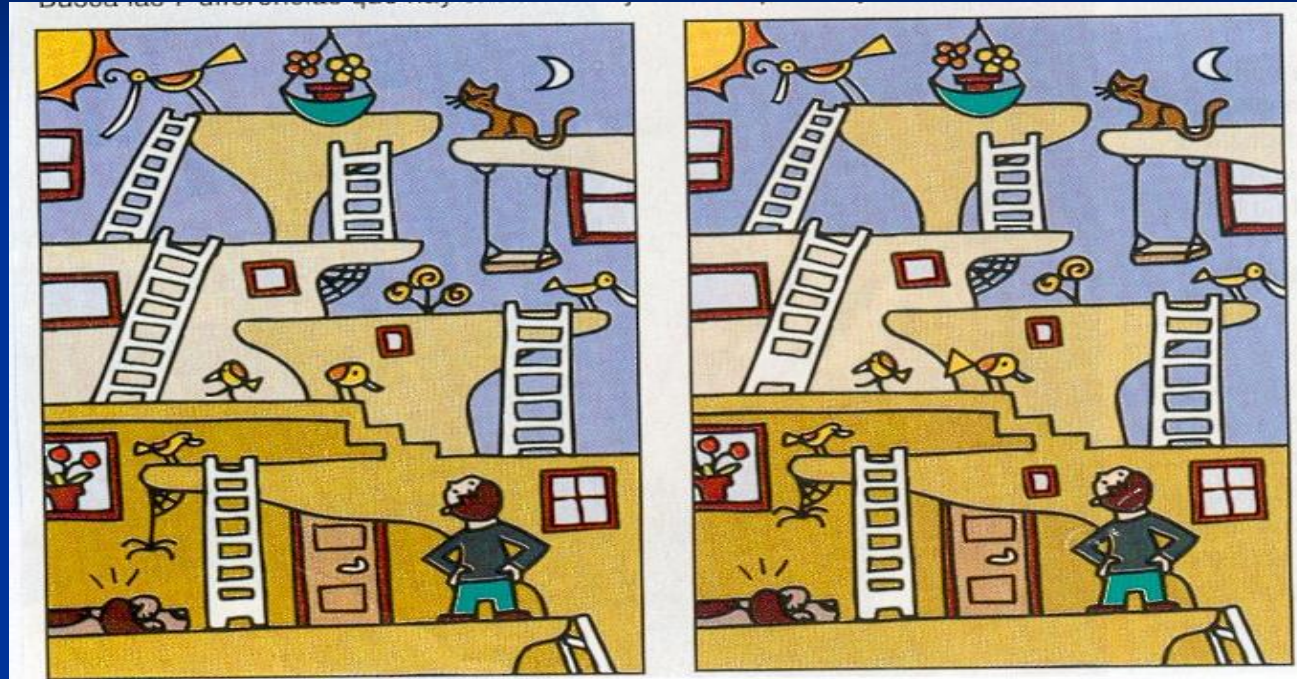


- Osoita mallin pientä kuuta Kuuta kohti, ja voimme nähdä molemmat samassa Kuun vaiheessa

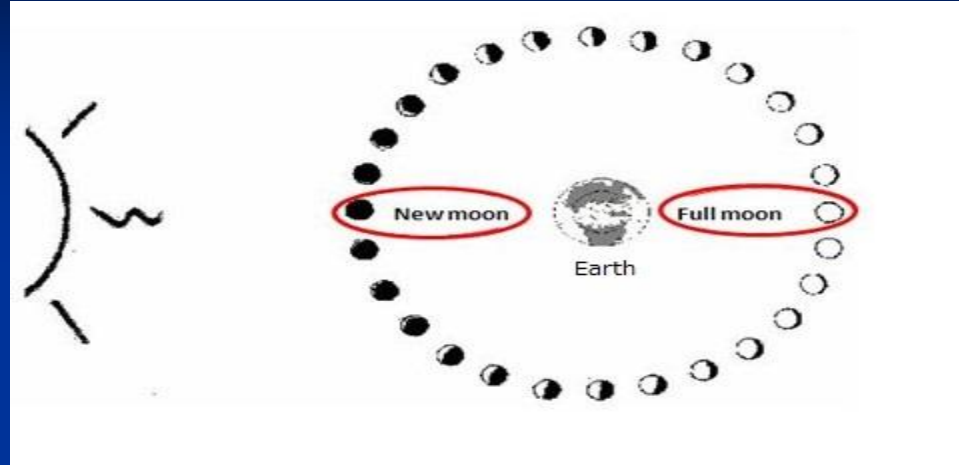


Aktiviteetti 4: Kuvitusvirheet

- Kuun vaiheet riippuvat Auringon suunnasta suhteessa Maahan ja Kuuhun

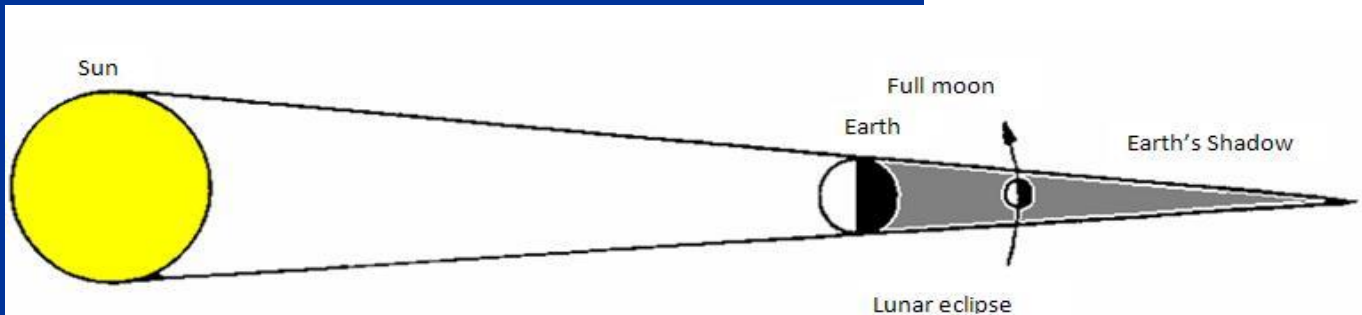
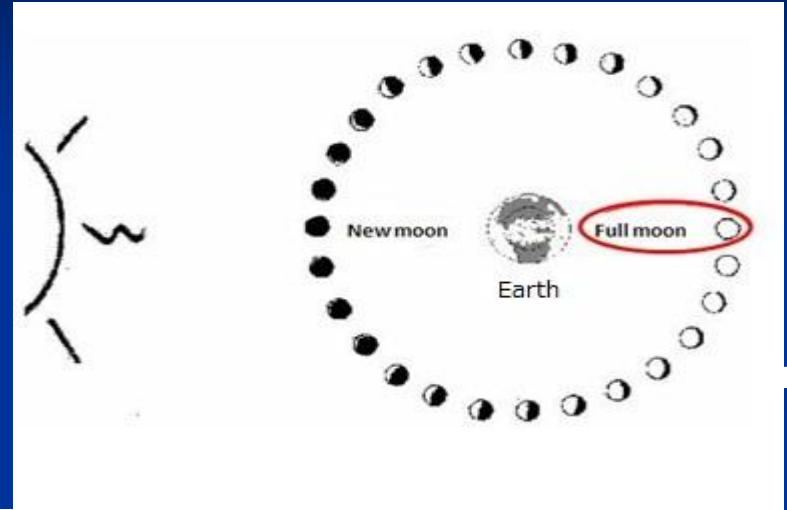


Kuun vaiheet ja pimennykset

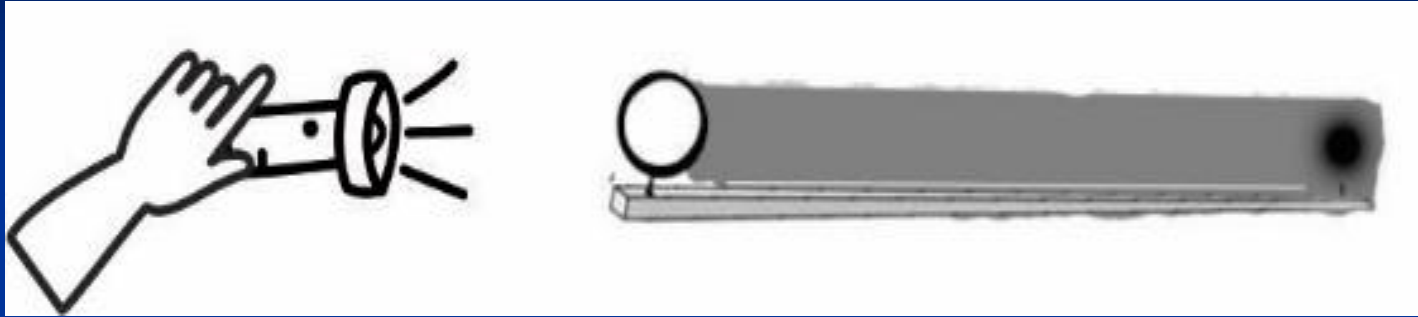


Aktiviteetti 5: Kuunpimennykset

- Kuunpimennyksiä tapahtuu vain Kuun ollessa täysi



Aktiviteetti 5: Kuunpimennykset



Aktiviteetti 5: Kuunpimennykset



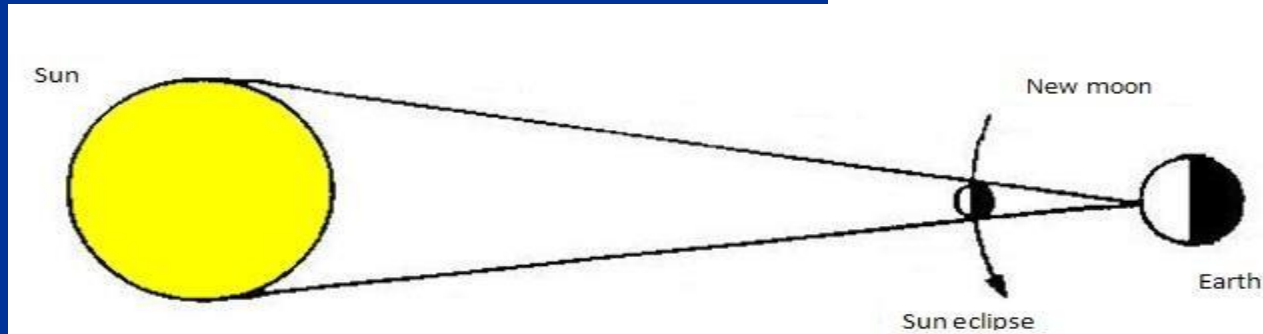
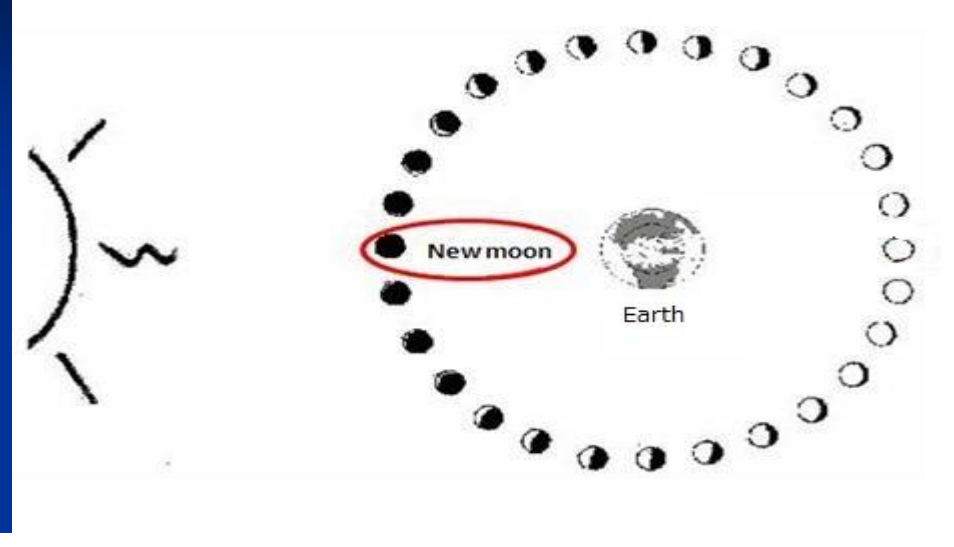
Aktiviteetti 5: Kuunpimennykset

- Kuunpimennyksen voi nähdä vain yhdeltä puolelta Maata: yön puolelta

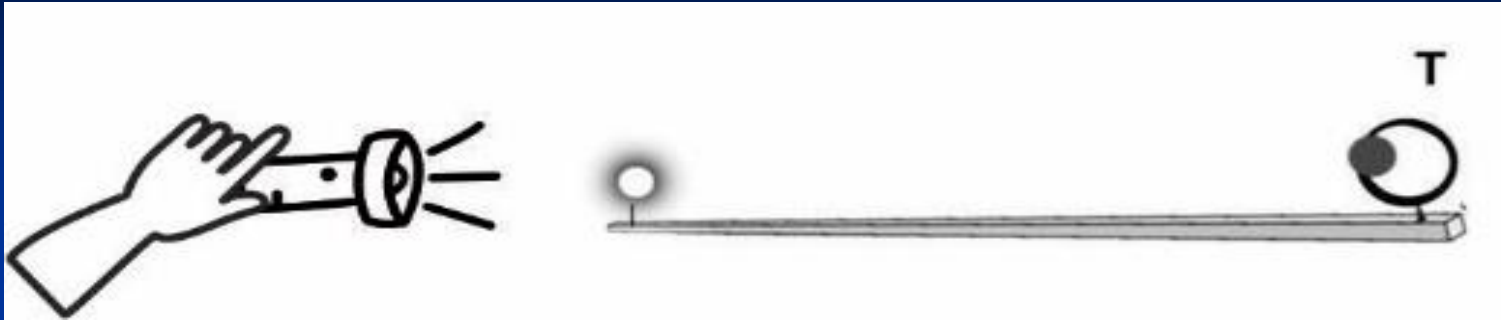


Aktiviteetti 6: Auringonpimennykset

- Auringonpimennyksiä tapahtuu ainoastaan uudenkuun aikaan



Aktiviteetti 6: Auringonpimennykset

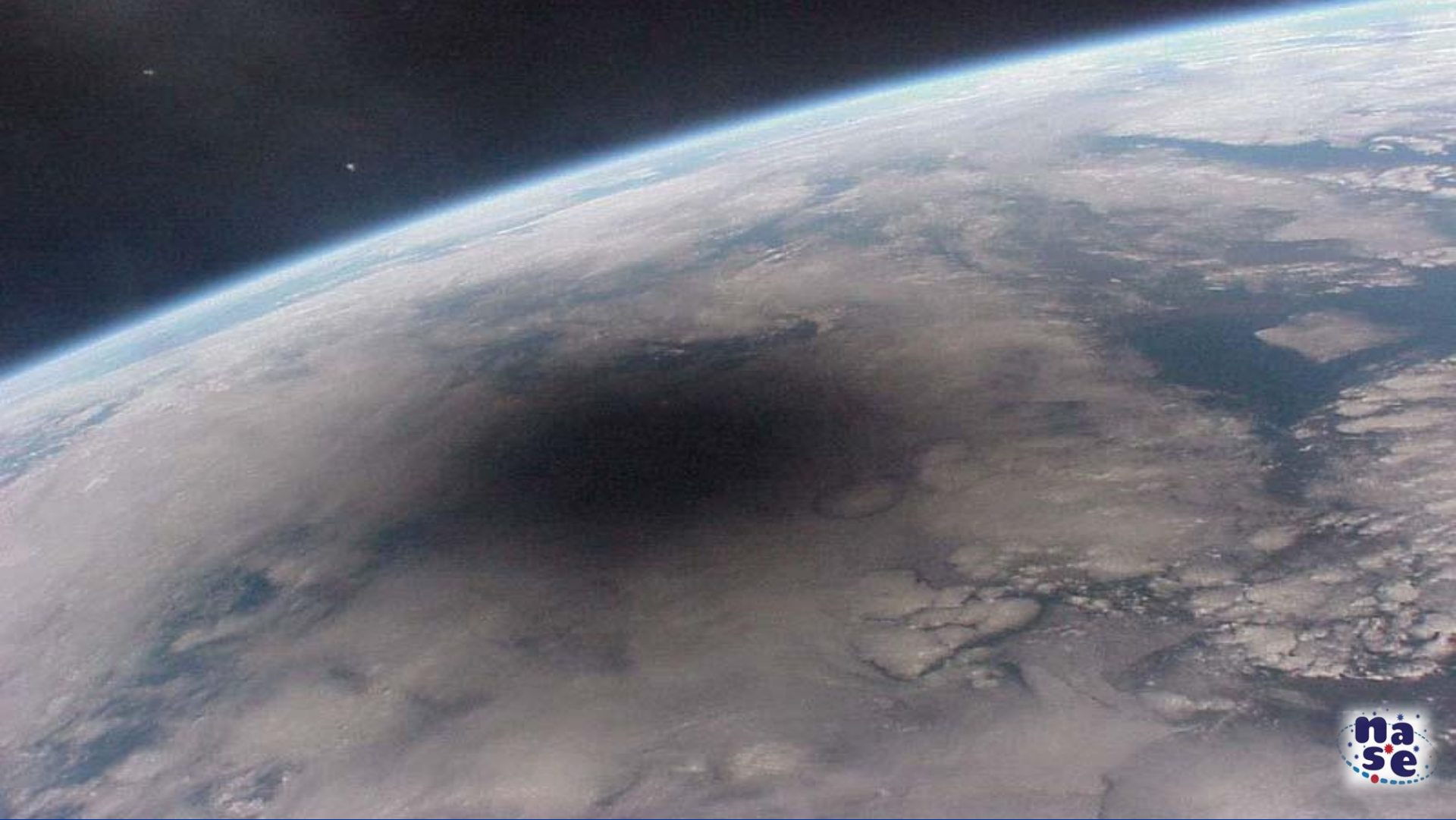


Auringonpimennyksen yksityiskohta



Rosa M. Ros

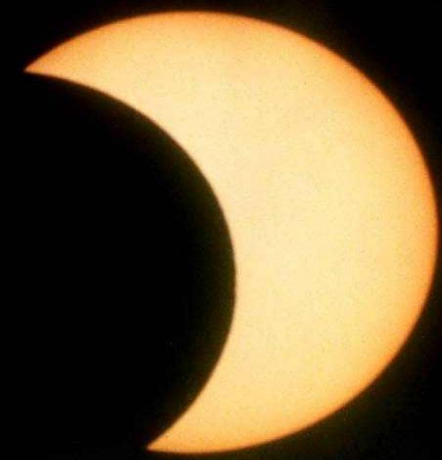
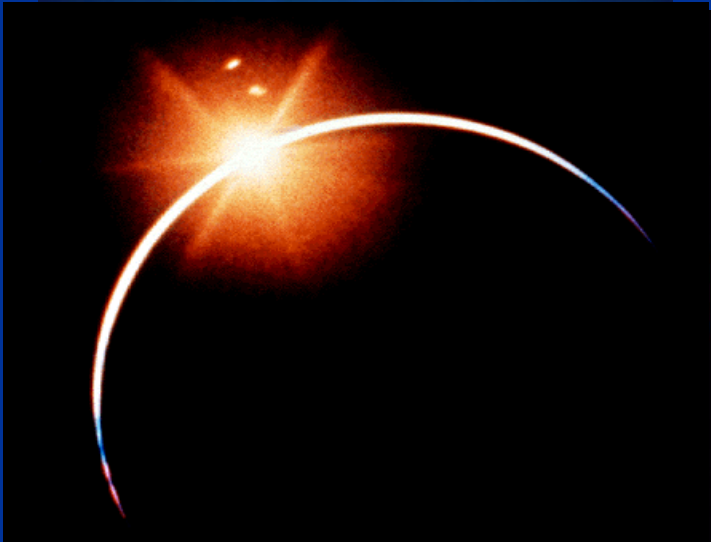
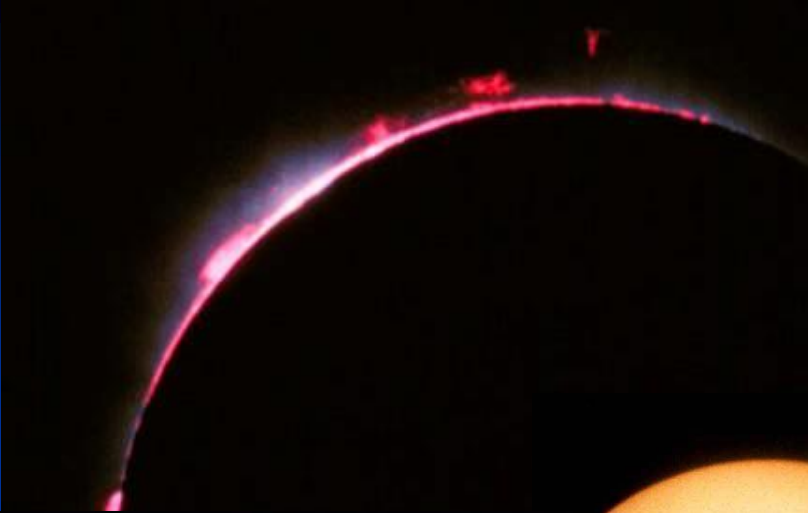




Aktiviteetti 6: Auringonpimennykset

- Auringonpimennyksen voi nähdä vain pienellä alueella maapallolla





... herättää meissä tunteita!

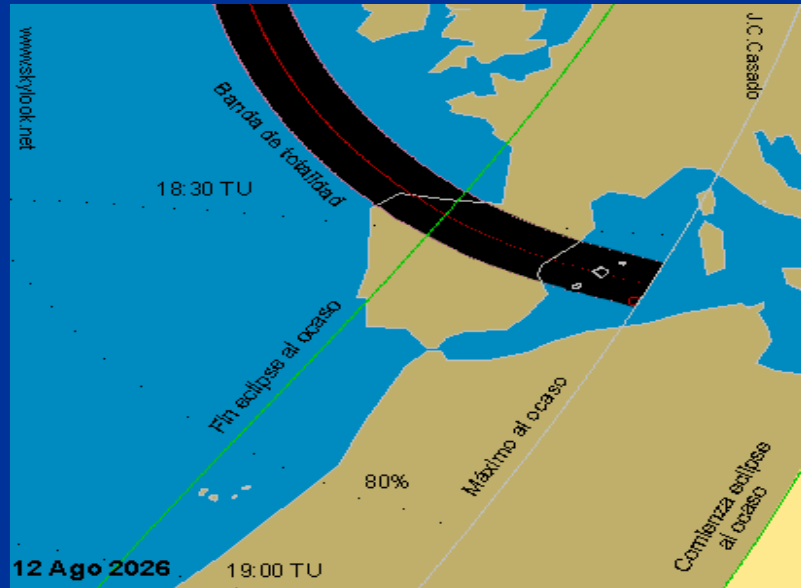


Huomioita


- **Kuunpimennys**, kun on **täysikuu**, ja **auringonpimennys**, kun on **uusikuu**
- Auringonpimennyksen voi nähdä vain pienellä alueella Maassa
- Maan ja Kuun osuminen juuri kohdakkain on harvinaista, joten pimennys ei näy aina täyden- ja uudenkuun aikaan

Lopulta... esimerkiksi ...

- Seuraava täydellinen auringonpimennys Espanjassa: 12.8.2026 (edellinen 2004 ja eri alueella)
- Joka vuosi on 0-3 kuunpimennystä



Etäisyydet ja halkaisijat, joilla saa havainnollistettua etäisyyttä Aurinkoon

Maan halkaisija	12 800 km		2.1 cm
Kuun halkaisija	3 500 km		0.6 cm
M-K etäisyys	384 000 km		60 cm
Auringon halk.	1 400 000 km		220 cm
M-A etäisyys	150 000 000 km		235 m

Auringon maalaaminen



Aktiviteetti 7: Suuren Auringon saaminen näyttämään pieneltä Kuulta



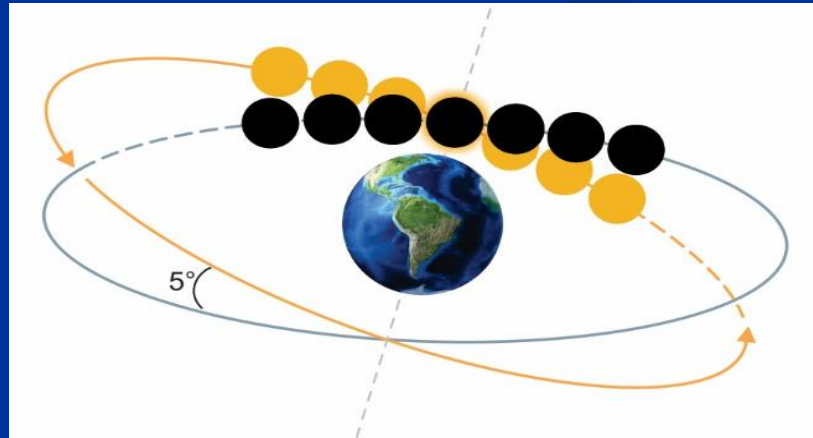
Jos joka kuukausi on uusikuu ja
täysikuu ...

Miksi joka kuukausi ei ole
auringon- ja kuunpimennystä?



Koska Maan kiertotaso Auringon ympäri ja Kuun kiertotaso Maan ympäri eivät ole samassa tasossa

Tasot ovat 5° kulmassa toisiinsa ja sekä Auringon että Kuun kulmaläpimitta on vain $0,5^\circ$

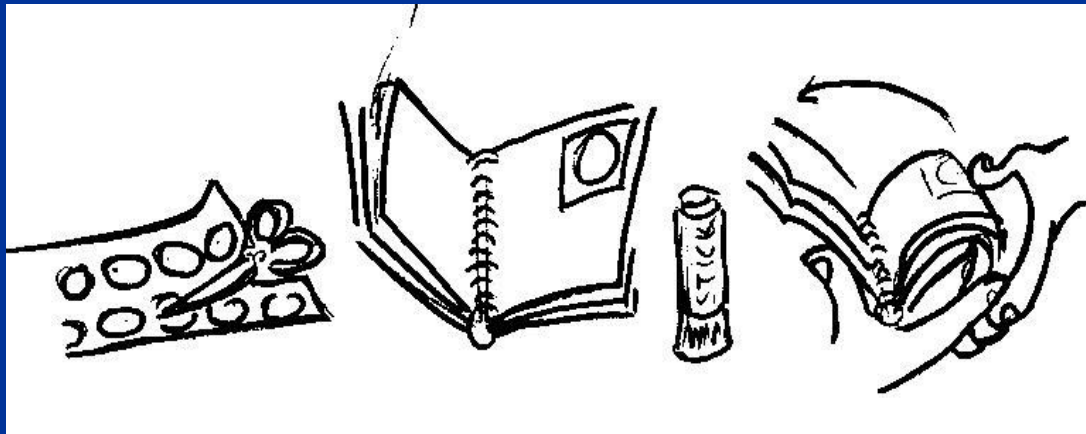


Pimennyksiä tapahtuu vain, kun
Aurinko ja Kuu molemmat ovat
lähellä näiden kahden kiertotason
risteyskohtaa



Aktiviteetti 8: Animaatiovihko- pimennyssimulaattori

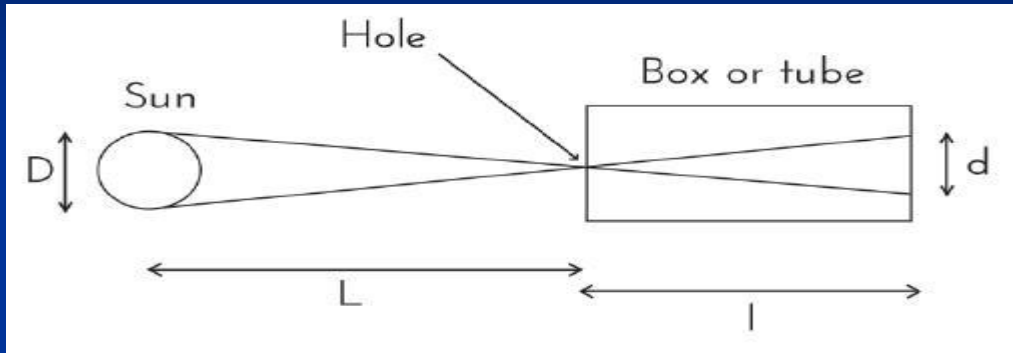
1. Leikkaa kuvat ja järjestä ne numerojärjestykseen
2. Liimaa ne spiraalivihon sivuille
3. Selaa nopeasti sivuja nähdäksesi liikkeen



Aktiviteetti 9: Auringon halkaisijan selvittäminen - havaintoja ja mittauksia



Aktiviteetti 9: Auringon läpimitan selvittäminen



Voimme selvittää suhteen ja laskea Auringon halkaisijan

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

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

$L = 150\,000\,000$ km, Maan ja Auringon etäisyys

$l =$ putken pituus

$d =$ Auringon läpimitta läpikuultavalla paperilla

Aktiviteetti 10: Aristarkhoksen koe

310-230 eaa

- Selvitti Maan, Kuun ja Auringon läpimitoille ja etäisyyksille suhteet. Varsinaiset luvut jäivät kuitenkin odottamaan Eratosthenesta.
1. Etäisyys Maasta Kuuhun ja Maasta Aurinkoon
 2. Kuun ja Auringon halkaisijat
 3. Maan ja Kuun etäisyys ja Kuun halkaisija
 4. Maan varjon kartio
 5. Suhteuta kaikki toisiinsa

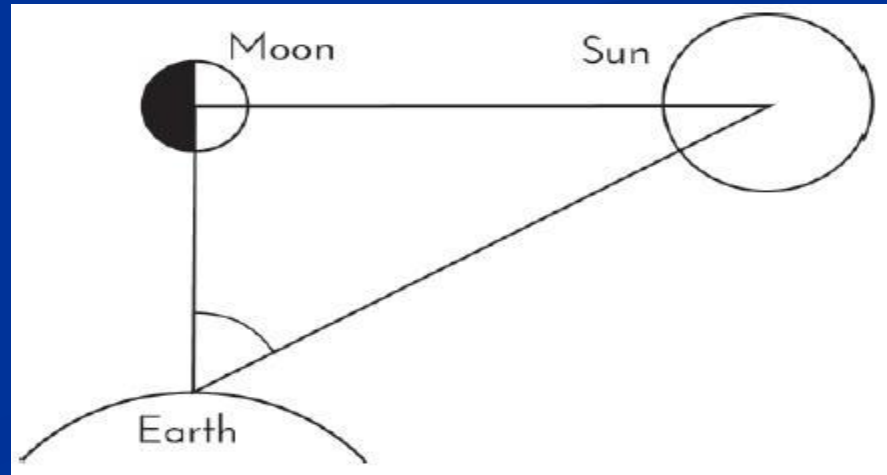
1) Etäisyys Maasta Kuuhun ja Maasta Aurinkoon

■ $\cos \alpha = EM / ES$ joten

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

EM = Maa-Kuu etäisyys

ES = Maa-Aurinko etäisyys



1) Etäisyys Maasta Kuuhun ja Maasta Aurinkoon

- Aristarkhos $\alpha = 87^\circ$ joten $ES = 19 EM$
- Nyt $\alpha = 89^\circ 51'$ joten
 $ES = 400 EM$

EM = Maa-Kuu etäisyys

ES = Maa-Aurinko etäisyys



2) Kuun ja Auringon halkaisijat

- Maasta katsottuna sekä Auringon että Kuun halkaisija on n. $0,5^\circ$
- Joten säde on
- $R_s = 400 R_M$

$R_s =$ Auringon säde

$R_M =$ Kuun säde



3) Kuun etäisyys Maasta ja Kuun säde

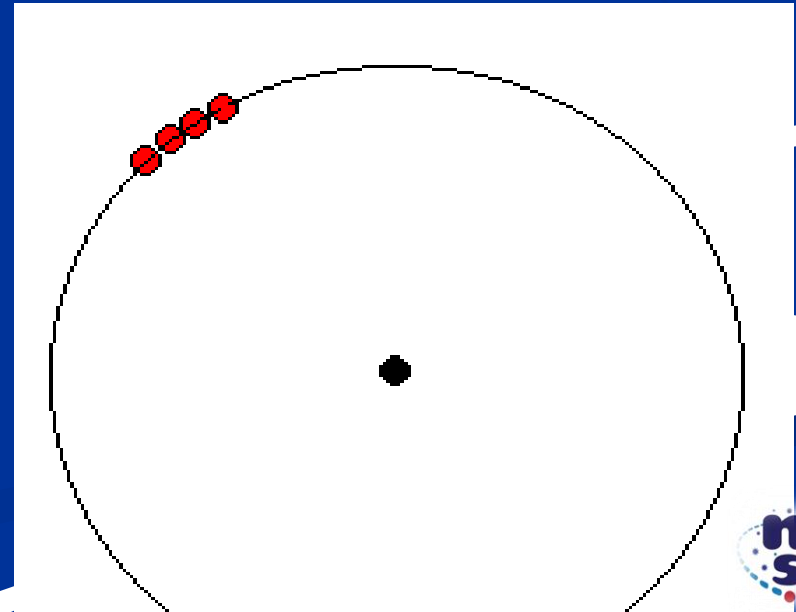
- Kuun halkaisija Maasta katsottuna on $0,5^\circ$
- 720 kertaa tällä halkaisijalla voimme laskea Kuun **pyöreän** radan

- $R_M 720 = 2 \pi EM$

- $EM = 720 R_M / \pi$

R_M = Kuun säde

EM = Maan ja Kuun etäisyys



3) Maan ja Auringon etäisyys ja Auringon säde

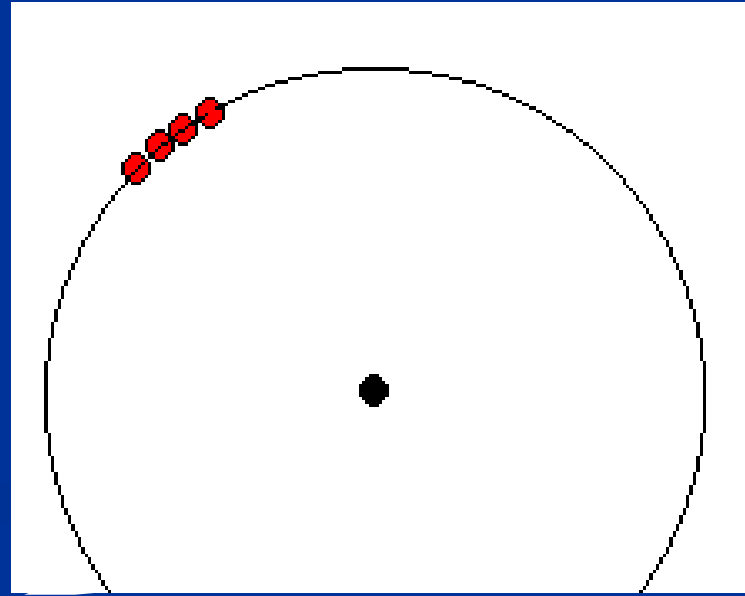
- Analogian kautta saadaan

- $MA = 720 R_A / \pi$

Aristarkhoksen
ensimmäinen
heliosentrinen
malli

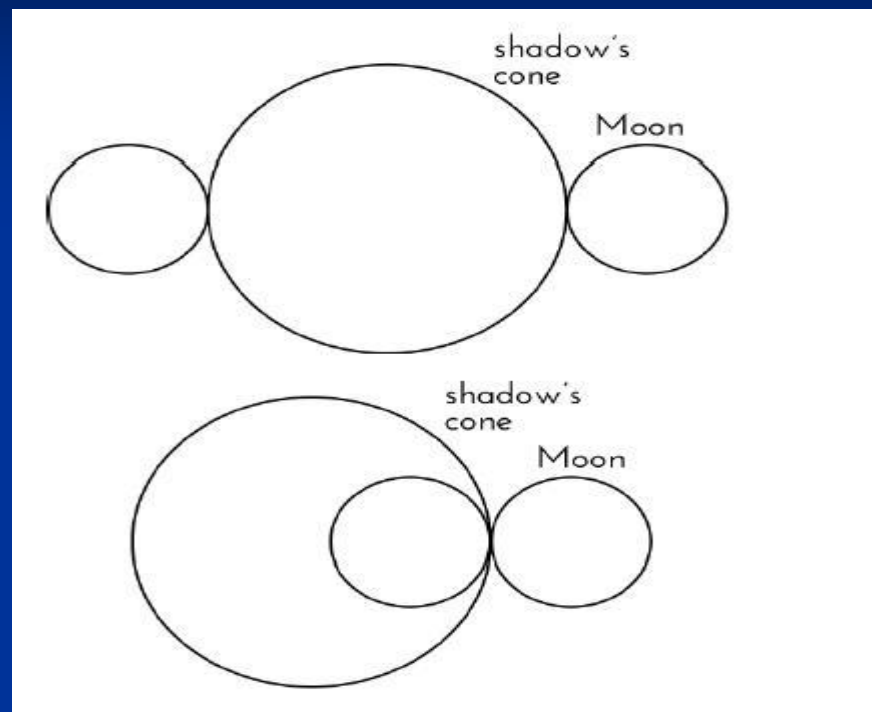
R_A = Auringon säde

MA = Maan ja Auringon etäisyys



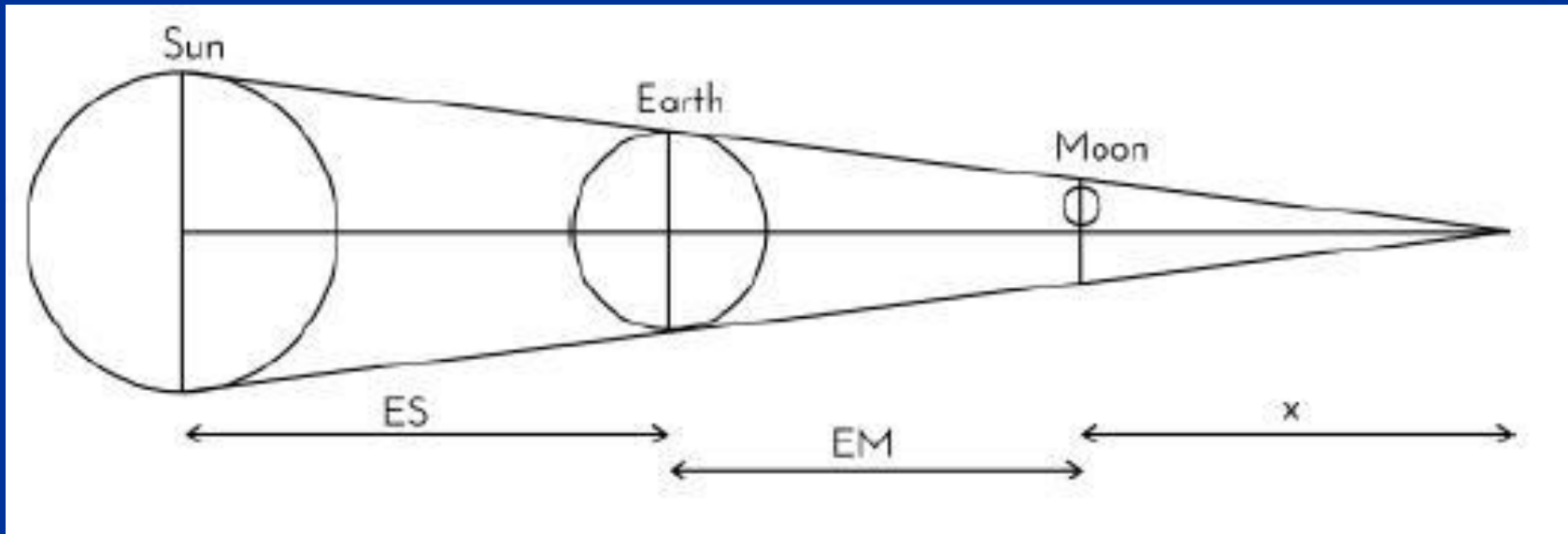
4) Maan varjon kartio

- Kuunpimennyksen aikaan Aristarkhos havaitsi, että Kuulla meni varjossa kaksi kertaa niin kauan, kuin täydellistä kuunpimennystä varten olisi ollut välttämätöntä, eli 2:1
- Nyt tiedämme, että se on **2,6:1**



5) Suhteuta kaikki toisiinsa

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

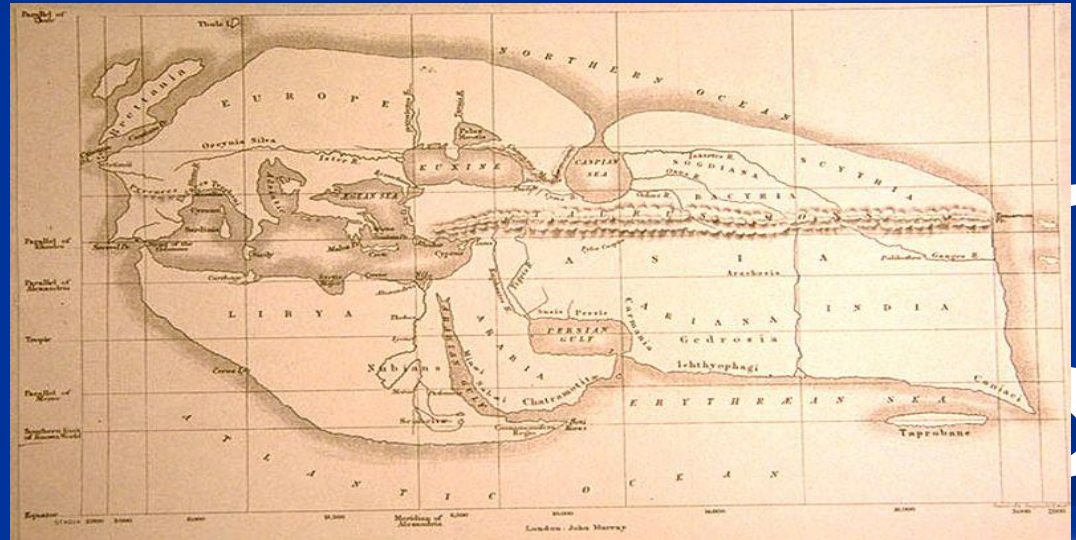
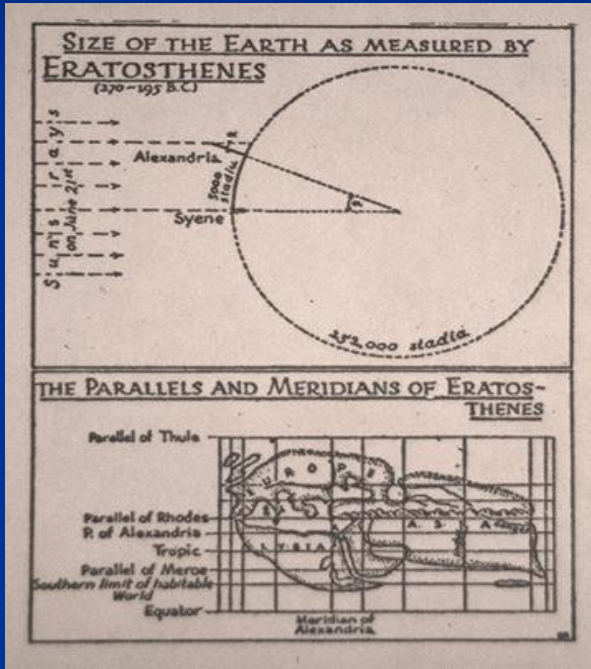


Yhtälöryhmä ratkaisemalla saadaan (Maan säteinä):

- $R_M = (401 / 1440) R_E$
 - $EM = (401 / (2 \pi)) R_E$
 - $R_S = (2005 / 18) R_E$
 - $ES = (80200 / \pi) R_E$
-
- Jos oletamme, että $R_E = 6\,378$ km, silloin
 - $R_M = 1\,776$ km (oikeasti 1 738 km)
 - $EM = 408\,000$ km (oikeasti 384 000 km)
 - $R_S = 740\,000$ km (oikeasti 696 000 km)
 - $ES = 162\,800\,000$ km (oikeasti 149 696 000 km)

Aktiviteetti 11: Eratosthenksen koe

280-192 eaa



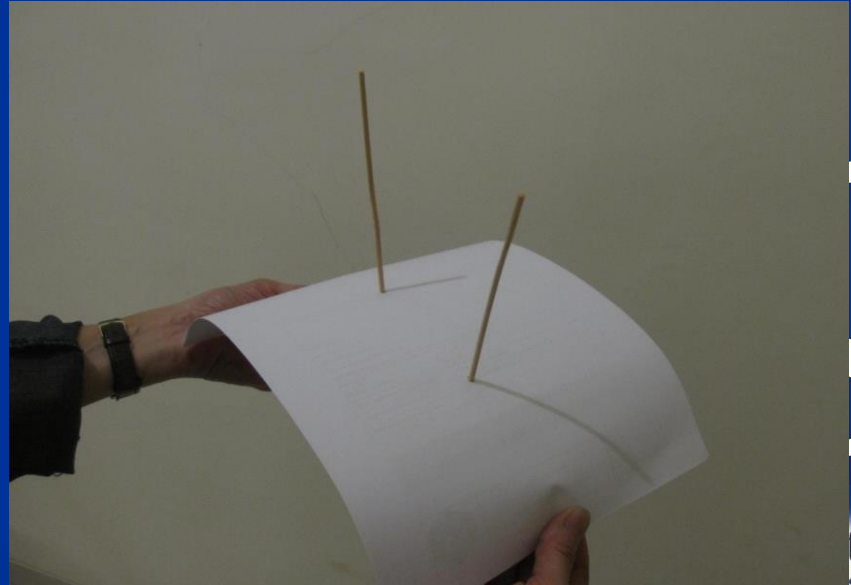
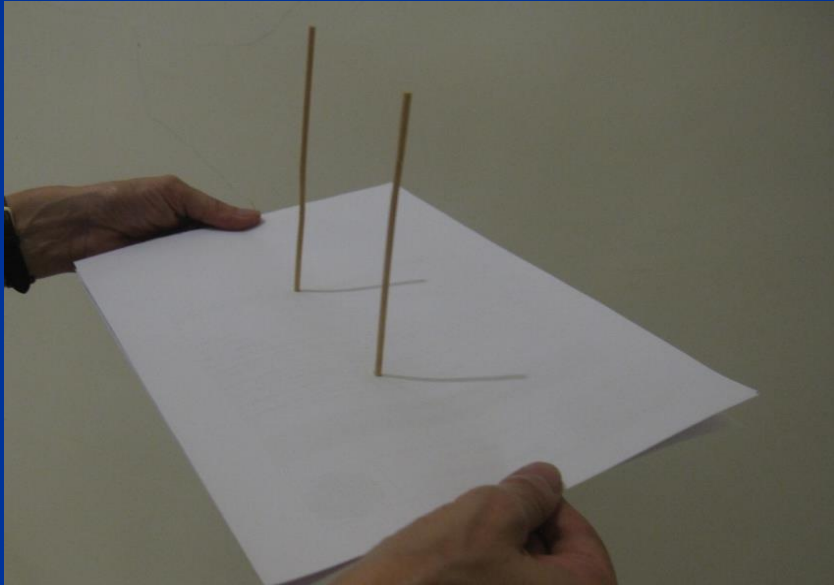
Aktiviteeti 11: Eratostheneksen koe

- Kaksi kaupunkia samalla pituuspiirillä
- Samanaikaiset havainnot



Erilaiset varjot ...

- Joten Maa on pyöreä!



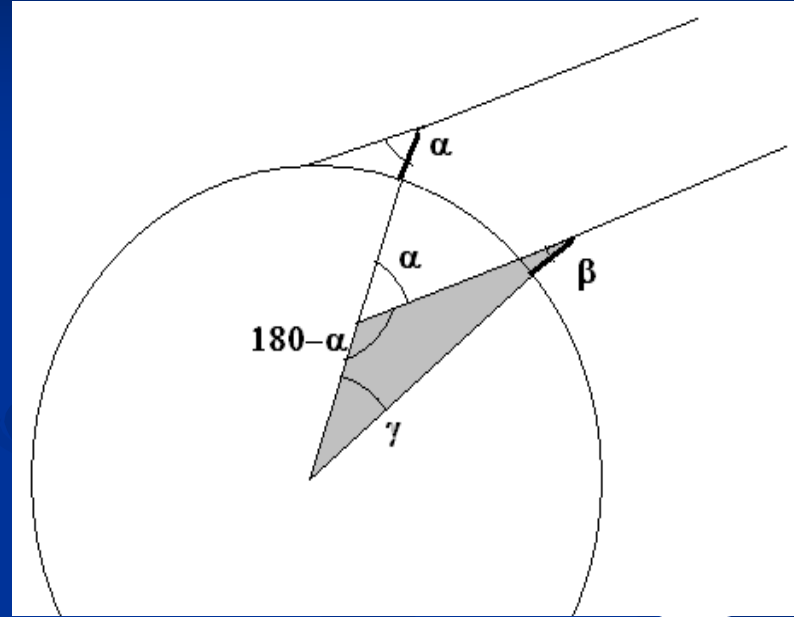
Aktiviteetti 11: Eratostheneksen koe

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

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

Missä α ja β mitataan
radiaaneina

(180 astetta = π radiaania)





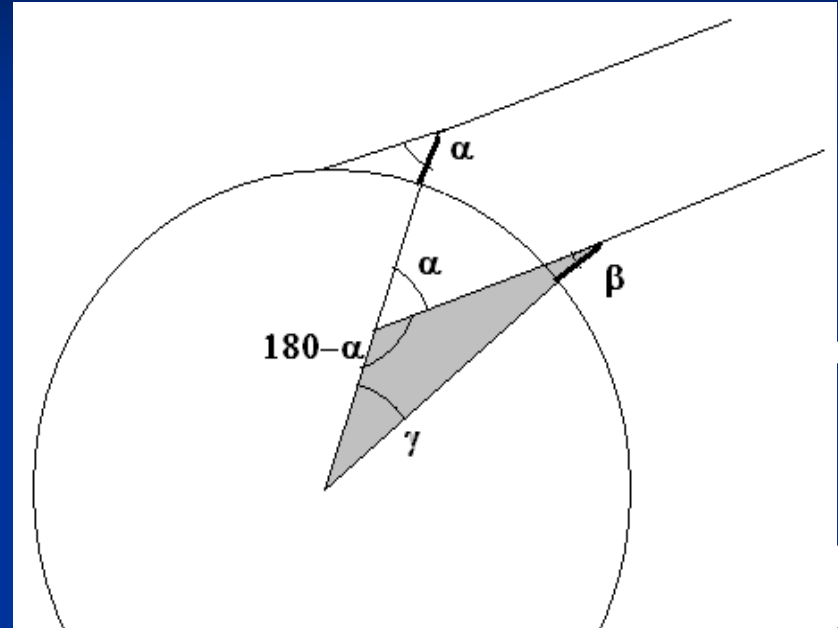
Aktiviteetti 11: Eratostheneksen koe

- Mittaamme tikun ja sen varjon pituudet

$$\alpha = \arctan (\text{varjo}) / (\text{tikku})$$

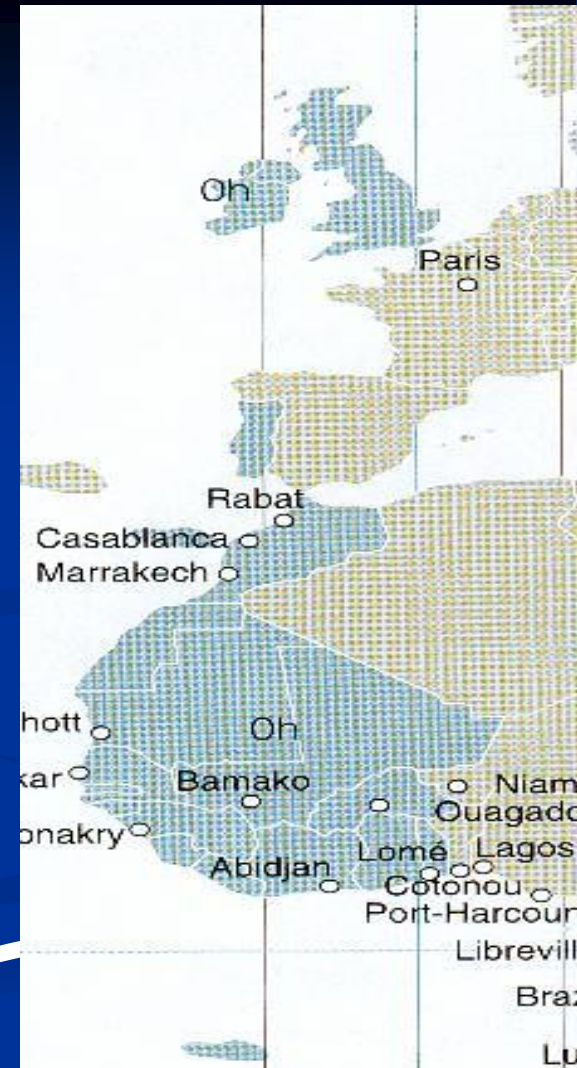
Aktiviteetti 11: Eratosthenuksen koe

- suhteista saadaan
$$2\pi R_E / 2\pi = d / \gamma$$
- Eli $R_E = d/\gamma$
- γ tiedetään (radiaaneina)
$$\gamma = \alpha - \beta$$
- d on etäisyys kaupunkien välillä ja saadaan kartasta



Tulokset Eratostheneksen menetelmällä

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



Lopuksi

- Nyt ymmärrämme pimennyksiä
- Olemme selvittäneet suhteelliset koot Maa-Kuu-Aurinko-järjestelmässä
- Tekemällä havaintoja ja analysoimalla saatua aineistoa saamme lisää tietoa maailmankaikkeudesta

Paljon kiitoksia
huomiostanne!

