

Un estudi d'eclipsis de Lluna i de Sol

Rosa M. Ros

*International Astronomical Union
Universitat Politècnica de Catalunya, Espanya*



Objectius

- Comprendre per què la Lluna té fases
- Comprendre la causa dels eclipsis de Lluna
- Comprendre el motiu dels eclipsis de Sol
- Determinar distàncies i diàmetres del sistema Terra- Lluna-Sol



Visió de llums i ombres

- Sistema
Terra-Lluna-Sol:
fases i eclipsis
- Posicions relatives
i ombres



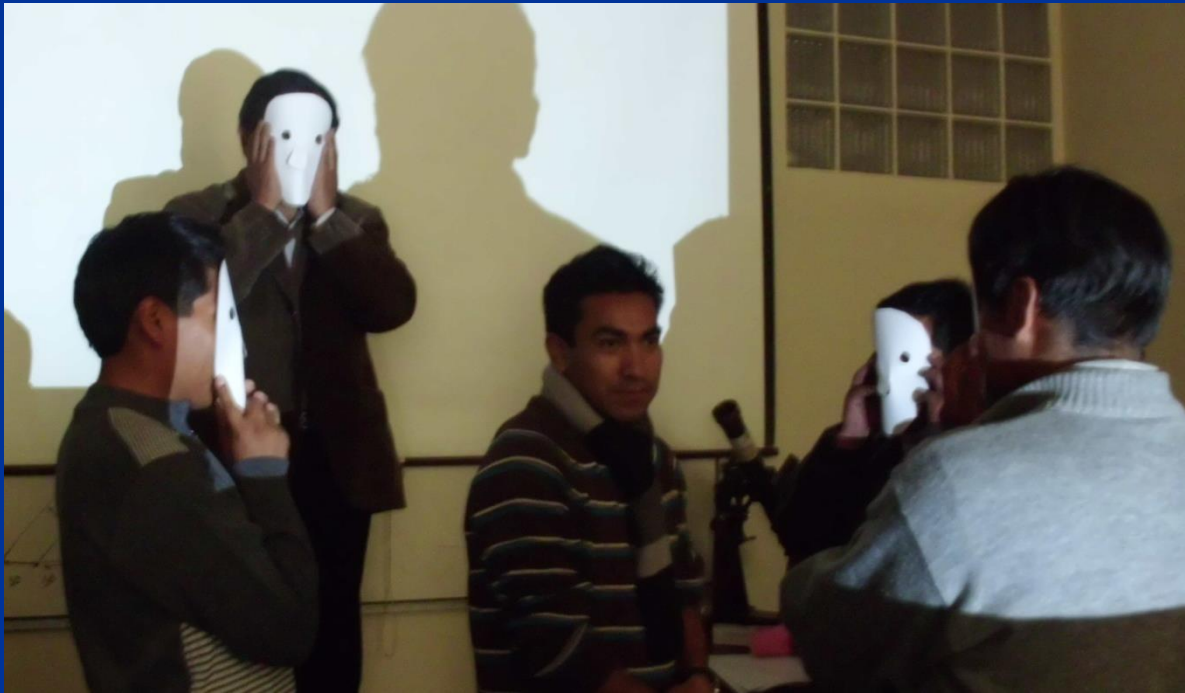
Actividad 1: Model de la cara oculta de la Lluna

- 2 voluntaris: un al centre (la Terra) i l'altre que girarà entorn (la Lluna). Situem la Lluna de cara a la Terra i fem que giri per translació 90° i també, sobre si mateixa, per rotació 90° , quedant de nou de cara i així successivament.



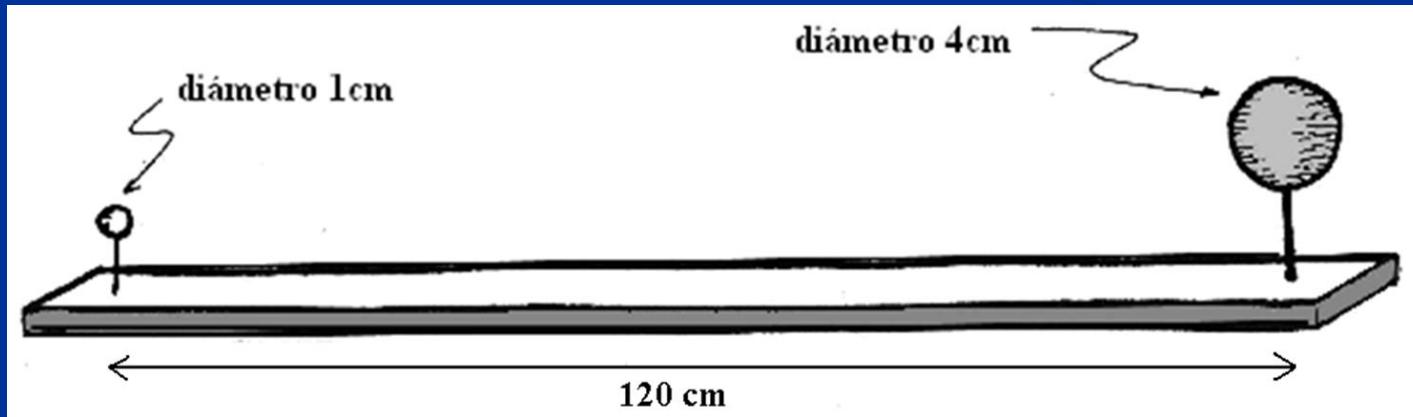
Actividad 2: Model amb llanterna (Sol): Fases de la Lluna

- 5 voluntaris: un al centre (la Terra) i els altres 4 simulen les 4 fases de la Lluna amb una màscara (que es veu completament il·luminada, només parcialment o no es veu il·luminada).



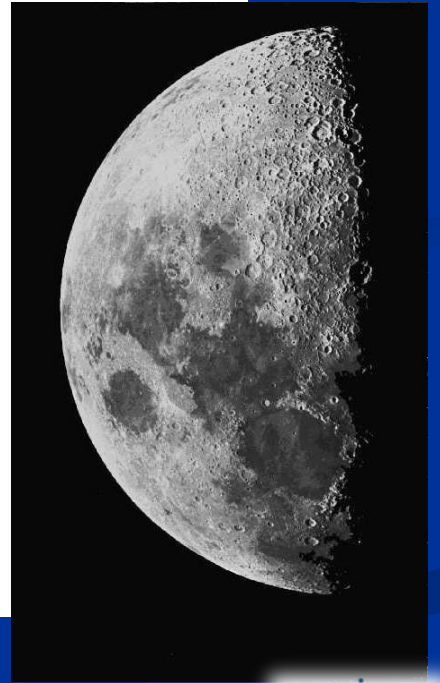
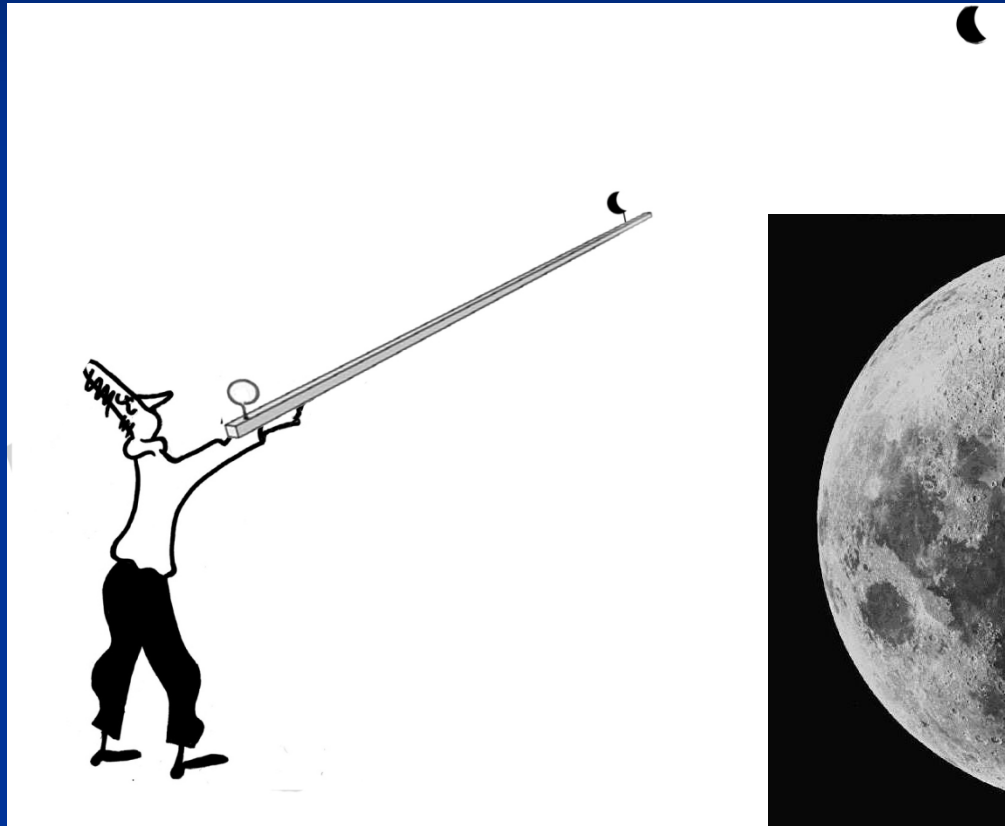
Distàncies i diàmetres del Sistema Terra-Lluna-Sol

Diàmetre Terra	12 800 km		4 cm
Diàmetre Lluna	3 500 km		1 cm
Distància TL	384 000 km		120 cm
Diàmetre Sol	1400 000 km		440 cm = 4.4 m
Distància TS	150 000 000 km		47000 cm = 0.47 km



Actividad 3: Simulació de les Fases de la Lluna

- Dirigir la petita Lluna del model cap a la Lluna de veritat i es veuen les dues amb la mateixa fase.
- (UN DIA ASSOLELLAT)



Activitat 4: Errors i llogrons

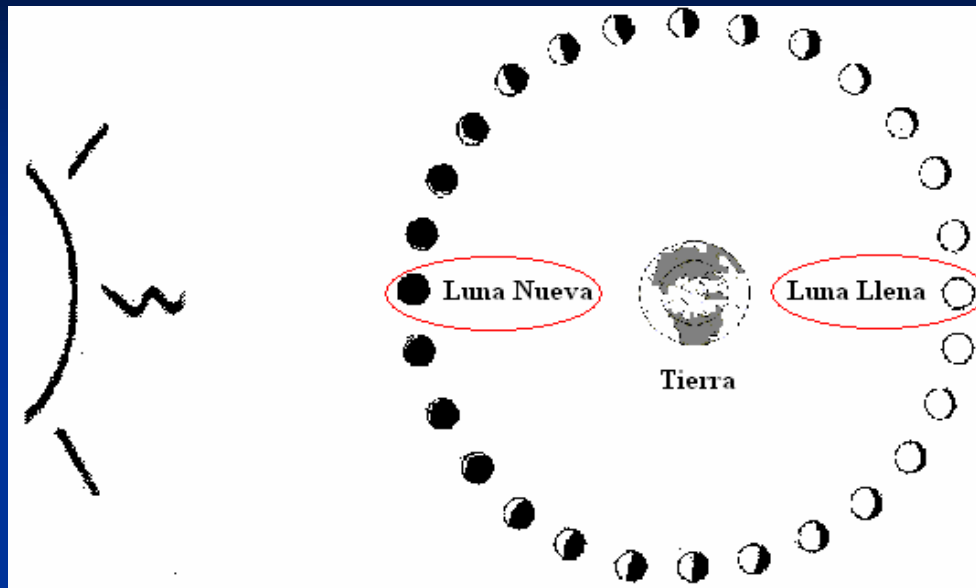
Los 7 errores

Busca las 7 diferencias que hay entre el dibujo de la izquierda y el de la derecha.



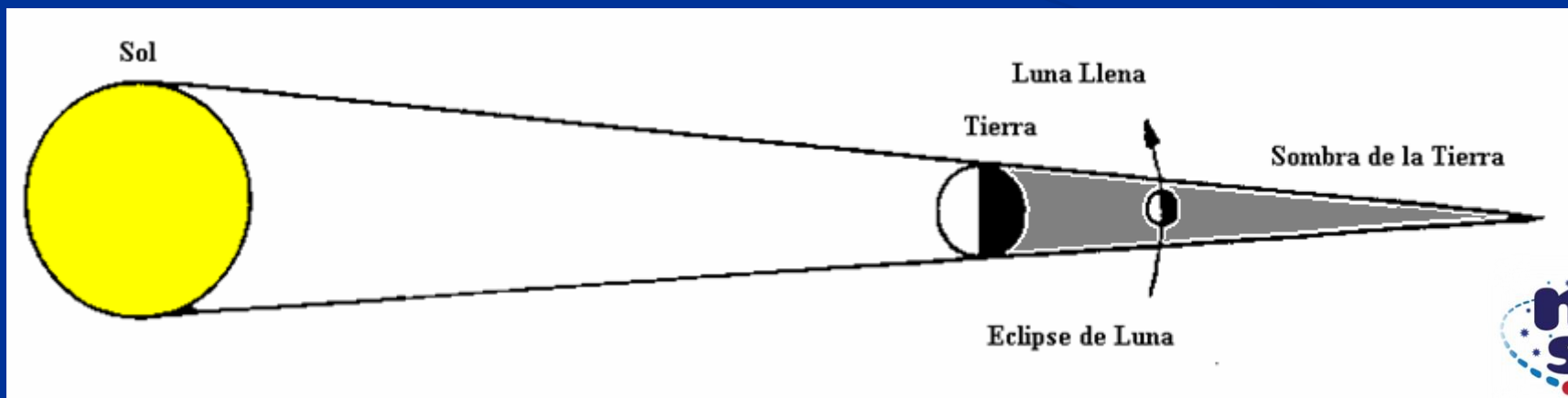
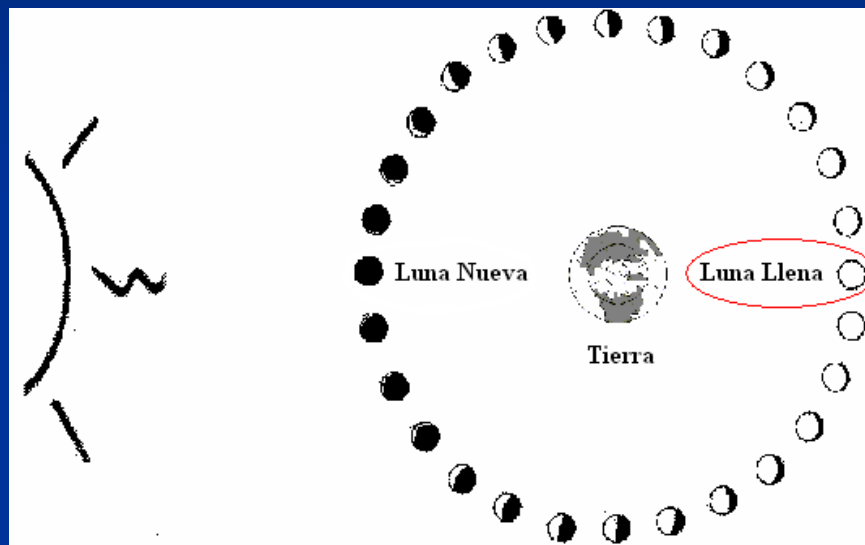
- Fases de la Lluna segons la posició del Sol

Fases de la Lluna i Eclipsis

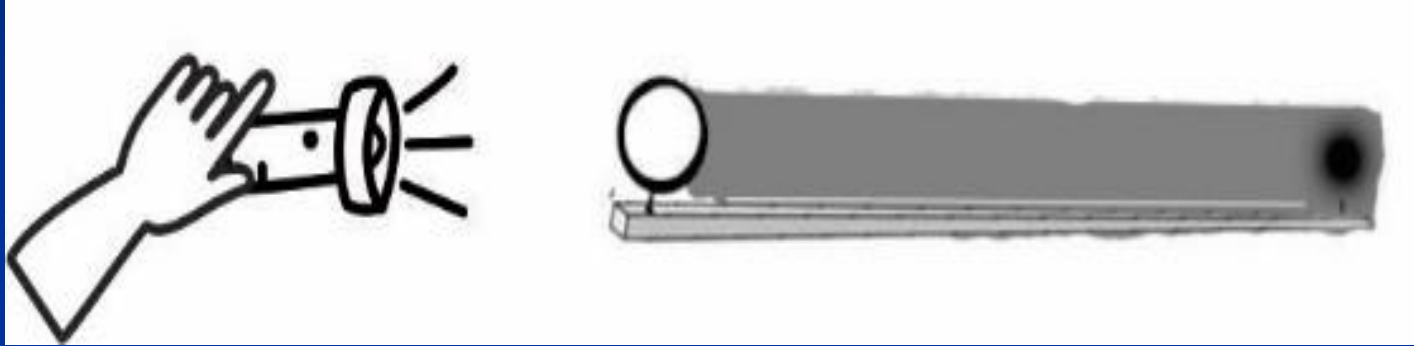


Activitat 5: Eclipsis de Lluna

- Només hi ha eclipsis de Lluna quan és Lluna Plena



Activitat 5: Simulació d'un Eclipsi de Lluna



Activitat 5: Eclipsi de Lluna



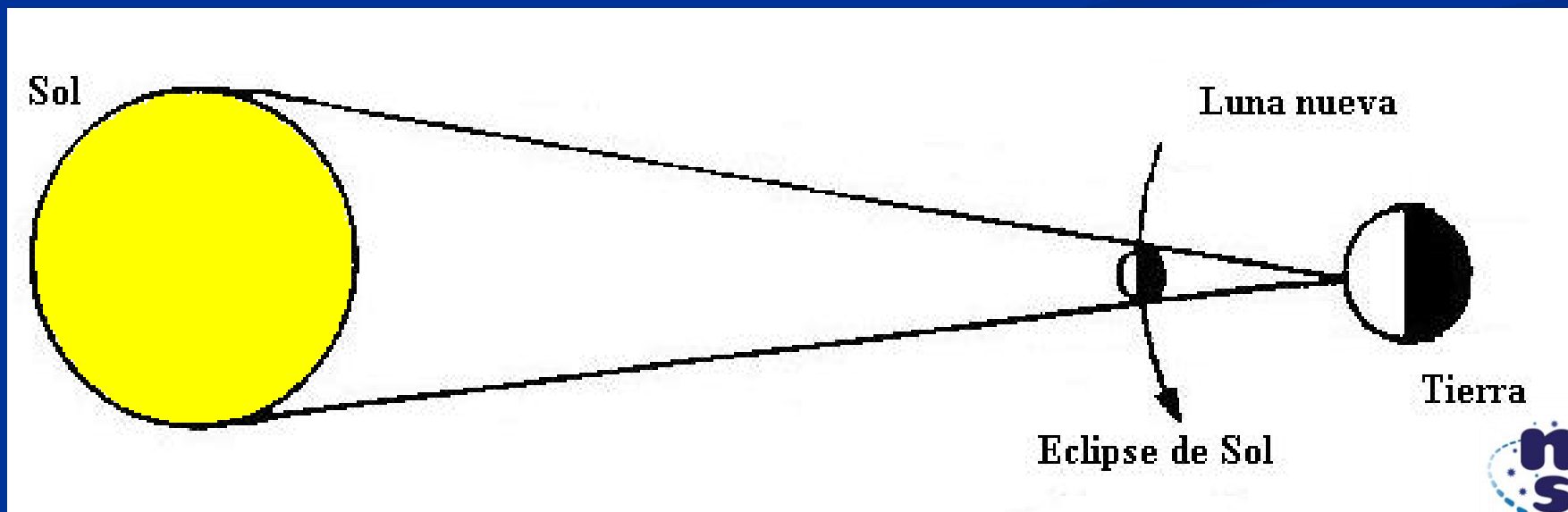
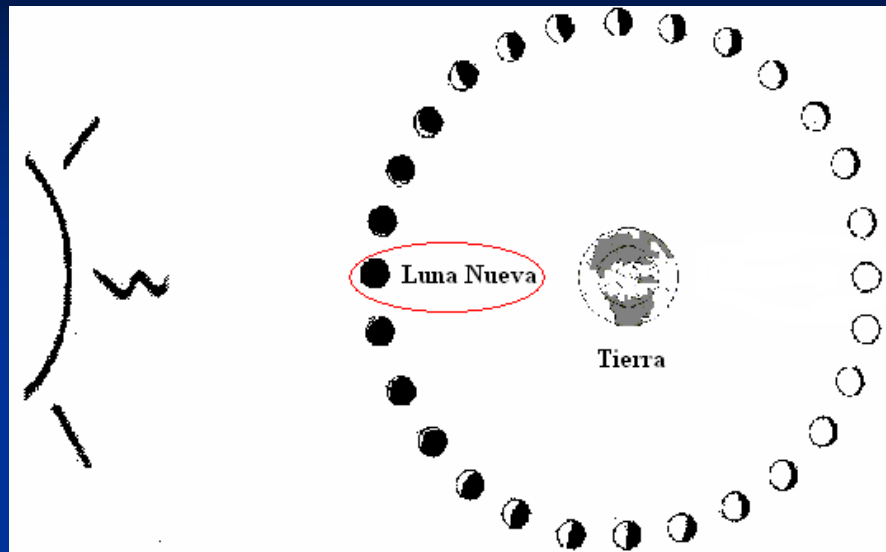
Activitat 5: Eclipsis de Lluna

- Eclipsis lunars poden ser visibles per a la meitat de la Terra (costat nit).

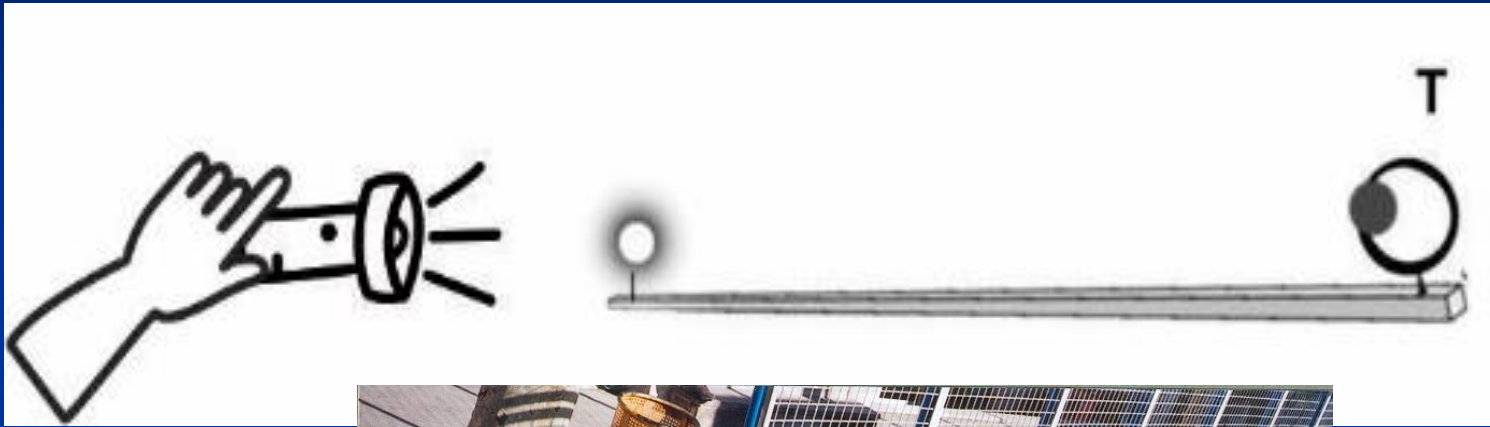


Activitat 6: Eclipsis de Sol

- Només hi ha eclipsis de Sol quan és Lluna Nova



Activitat 6: Simulació d'un Eclipsi de Sol



Detall de l'eclipsi de Sol

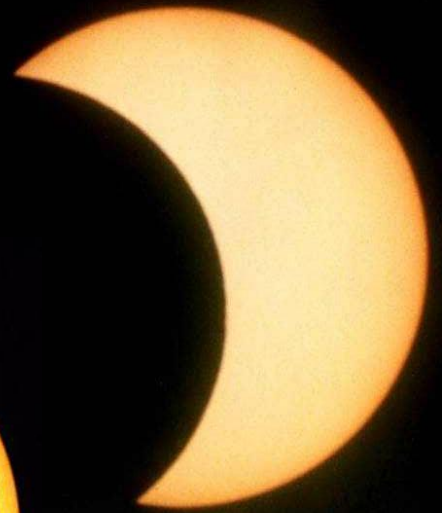
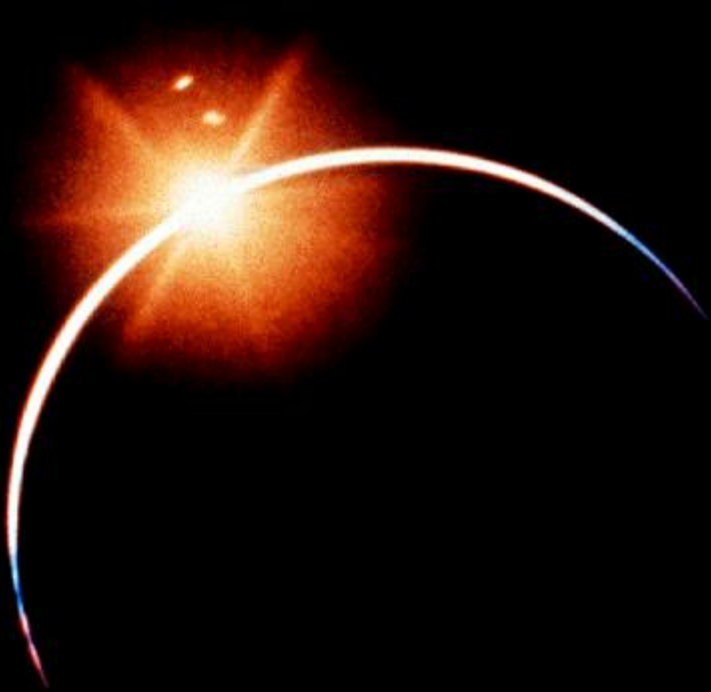
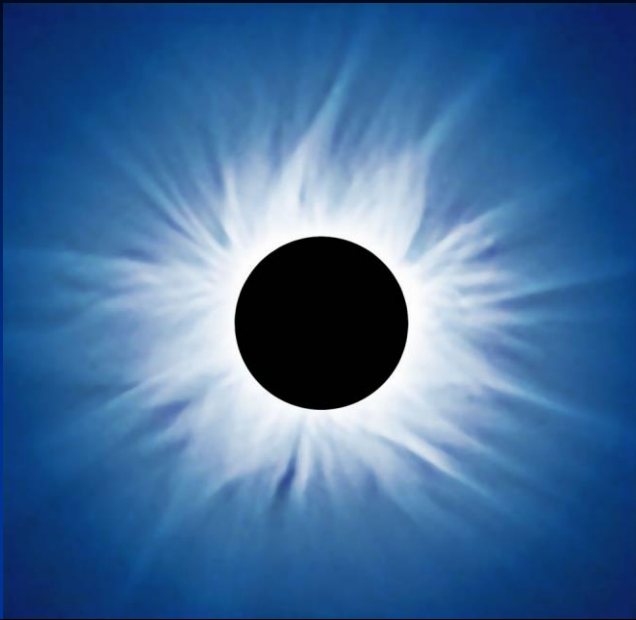




Activitat 6: Eclipsi de Sol

- Eclipsis solars només són visibles en una petita regió de la Terra.





... per emocionar-nos!



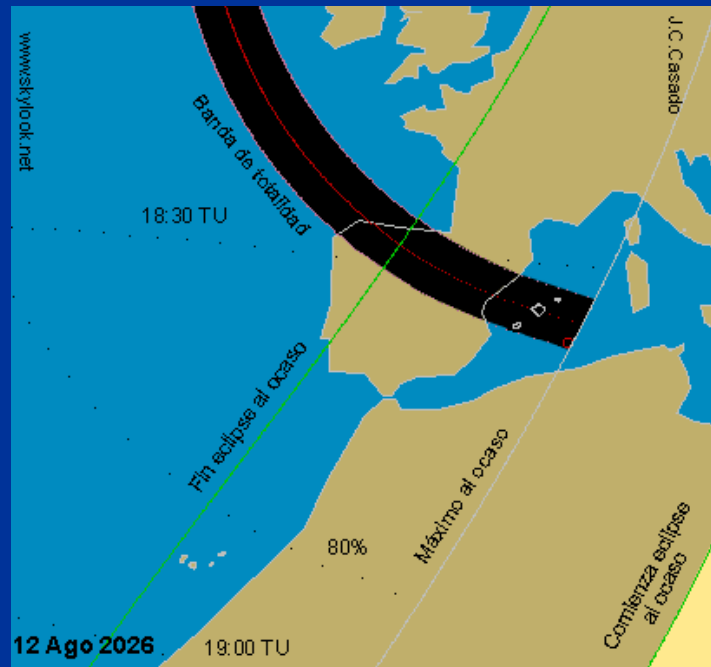
Observacions...

- Només pot tenir lloc:
un eclipsi de Lluna quan és Lluna Plena
i un eclipsi de Sol quan hi ha Lluna Nova.
- Un eclipsi solar només es veu en una
zona reduïda de la Terra.
- És molt difícil que la Terra i la Lluna
estiguin "ben alineades" perquè es
produeixi un eclipsi cada vegada que
sigui Lluna Nova o Lluna Plena.



Per acabar ... a tall d'exemple ...

- Pròxim eclipsi total de Sol a Espanya: 12 ago 2026 (últim en 2004 en diferent zona)



- Cada any hi ha 0 o 3 eclipsis de Lluna



Distàncies i diàmetres en un model petit

(per a visualitzar i comprendre millor les distàncies al Sol)

Diàmetre Terra	12 800 km		2.1 cm
Diàmetre Lluna	3 500 km		0.6 cm
Distància TL	384 000 km		60 cm
Diàmetre Sol	1400 000 km		220 cm
Distància TS	150 000 000 km		235 m

Pintant el Sol



Actividad 7: Mirant el Sol des de la Terra amb la Lluna pròxima a eclipsar-ho



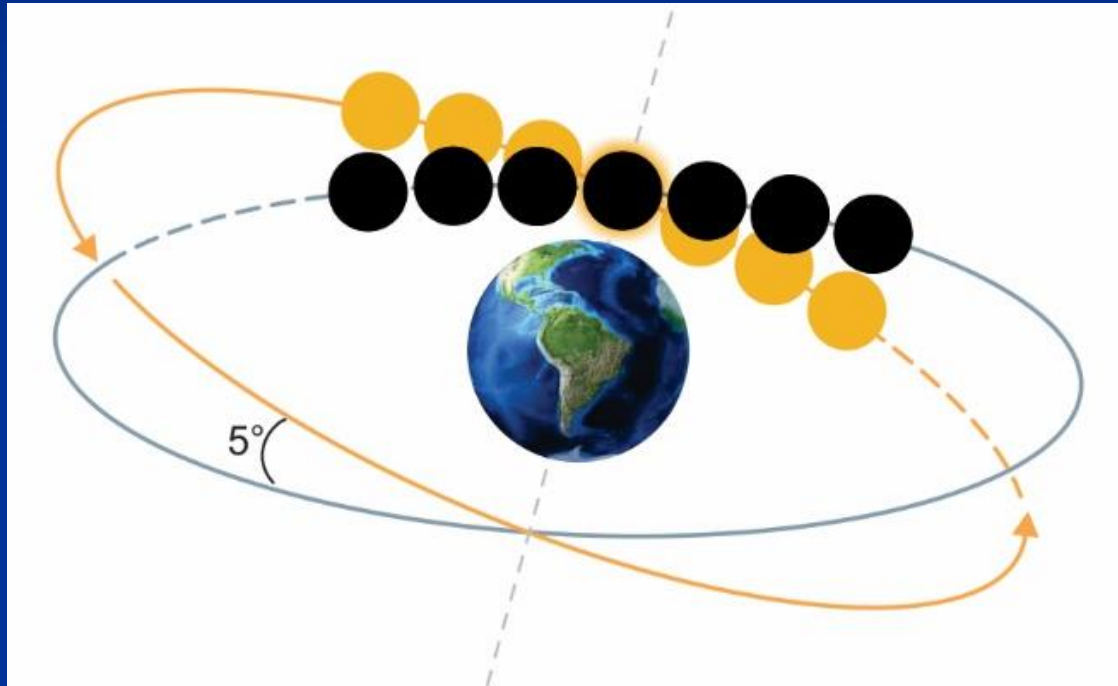
Si cada mes hi ha
una Lluna Nova i una Lluna Plena ...

Per què no hi ha
un eclipsi solar i un eclipsi lunar
cada mes?



Perquè ...

el pla de translació de la Terra al voltant del Sol
i el pla de translació de la Lluna en torn a la Terra
no son coplanaris.



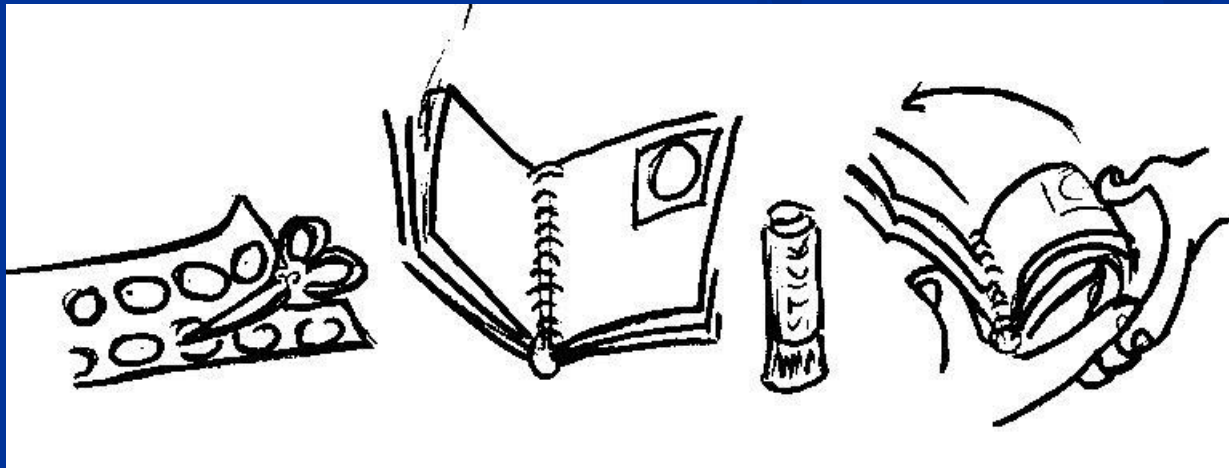
Ells formen un angle d'inclinació de 5° però
el diàmetre angular
del Sol i de la Luna es nomena de 0.5°

Els eclipses només tenen lloc si estan
propers a la línia d'intersecció entre
els dos plans.



Activitat 8: “Cinema de Did” simulador d’eclipsis

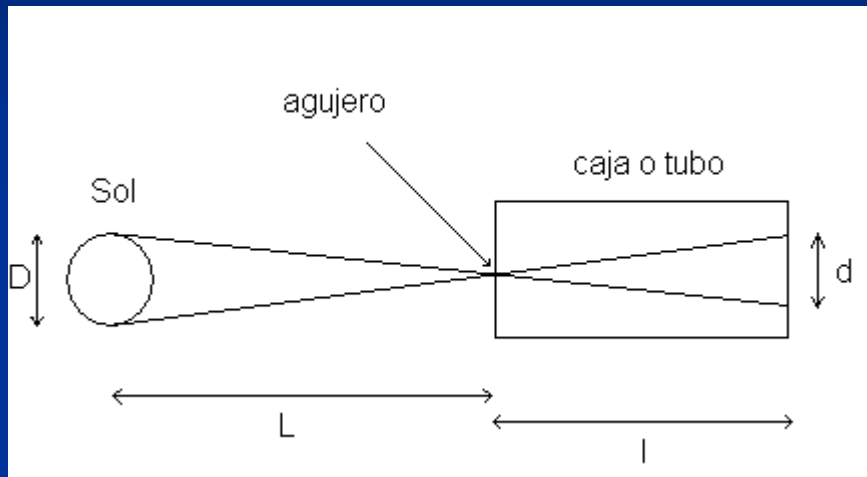
1. Retallar i numerar les fotografies per ordre.
2. Enganxar cada fotografia en una llibreta espiral.
3. Passar les pàgines ràpidament i es tindrà el simulador.



Activitat 9: Determinació del diàmetre solar, observació i mesuraments



Activitat 9: Determinació del diàmetre del Sol



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

podem establir la proporció
i aclarir el diàmetre del Sol

$L = 150\,000\,000$ km distància Terra-Sol, l longitud del tub,
 d diàmetre del Sol sobre paper semitransparent

Activitat 10: Experiment d'Aristarc

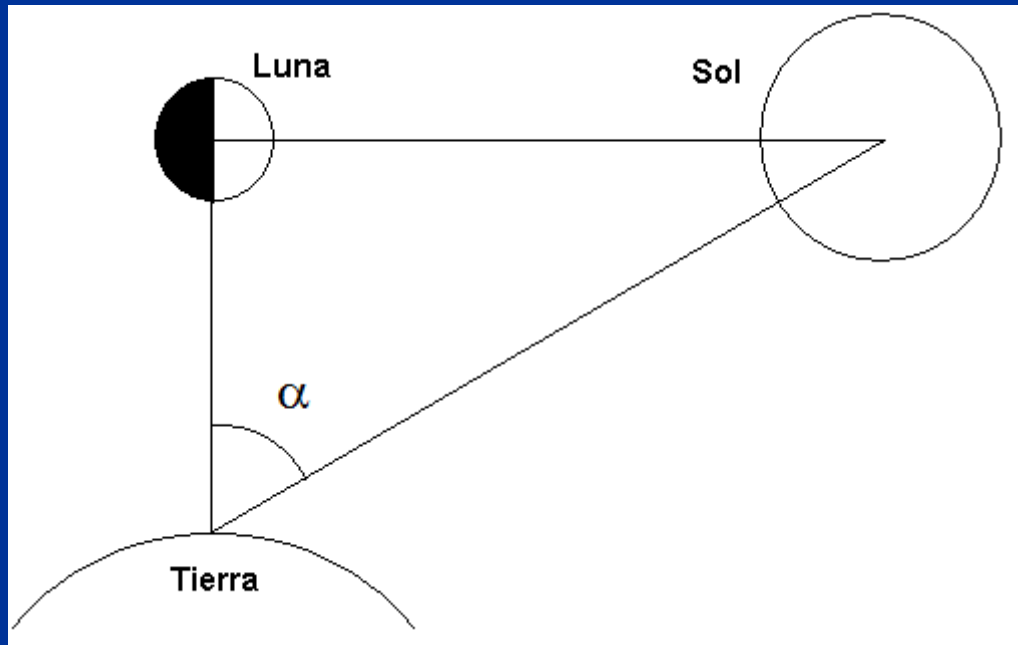
310 –230 a. C.

- Va establir relacions entre distàncies Terra-Lluna-Sol i els seus diàmetres (però no va aconseguir determinar cap valor absolut) va caldre esperar a Eratòstenes.
 - 1) Distàncies Terra-Lluna i Terra-Sol
 - 2) Radi Lluna i Radi Sol
 - 3) Distància Terra-Lluna i Radi Lluna
 - o Distància Terra-Sol i Radi Sol
 - 4) Con d'Ombra Terrestre i Radi Lluna
 - 5) Relacionar tot



1) Distàncies Terra-Lluna i Terra-Sol

■ $\cos \alpha = TL/TS$ per tant $TS = TL / \cos \alpha$



1) Distàncies Terra-Lluna i Terra-Sol

- Aristarc $\alpha = 87^\circ$
llavors $TS = 19 TL$
- Ara $\alpha = 89^\circ 51'$
llavors $TS = 400 TL$



2) Radi Lluna i Radi Sol

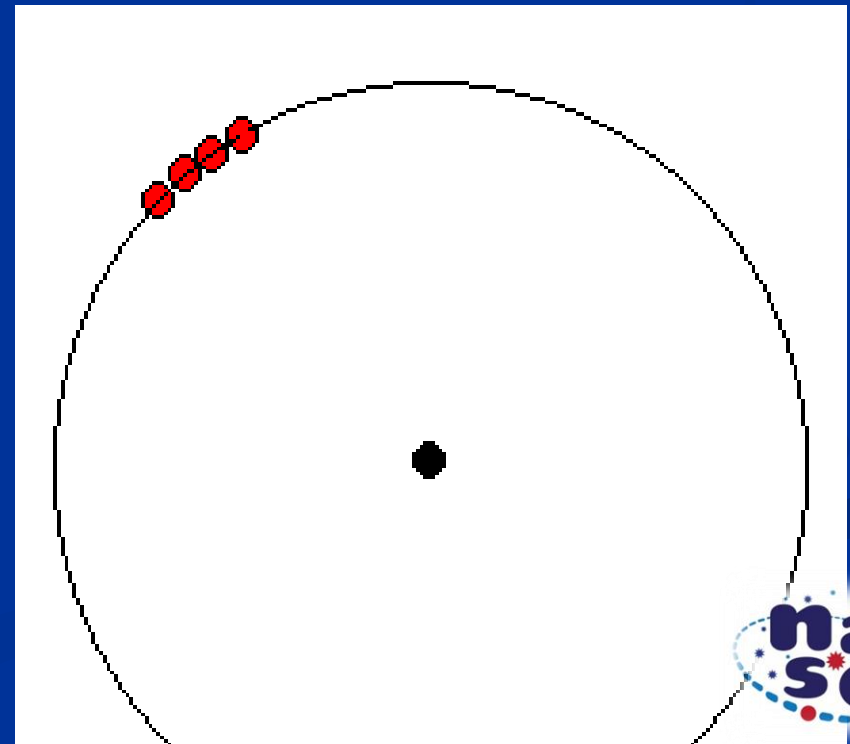
- Des de la Terra els diàmetres lunar i solar s'observen iguals a 0.5°
- Per tant, els radis verifiquen

$$R_s = 400 R_L$$



3) Distància Terra-Lluna i Radi Luna

- Diàmetre lunar observat des de la Terra és 0.5°
- Amb 720 vegades aquest diàmetre es pot recobrir la trajectòria **circular** de l'òrbita de la Lluna
- $2 R_L 720 = 2 \pi TL$
- $TL = 720 R_L / \pi$

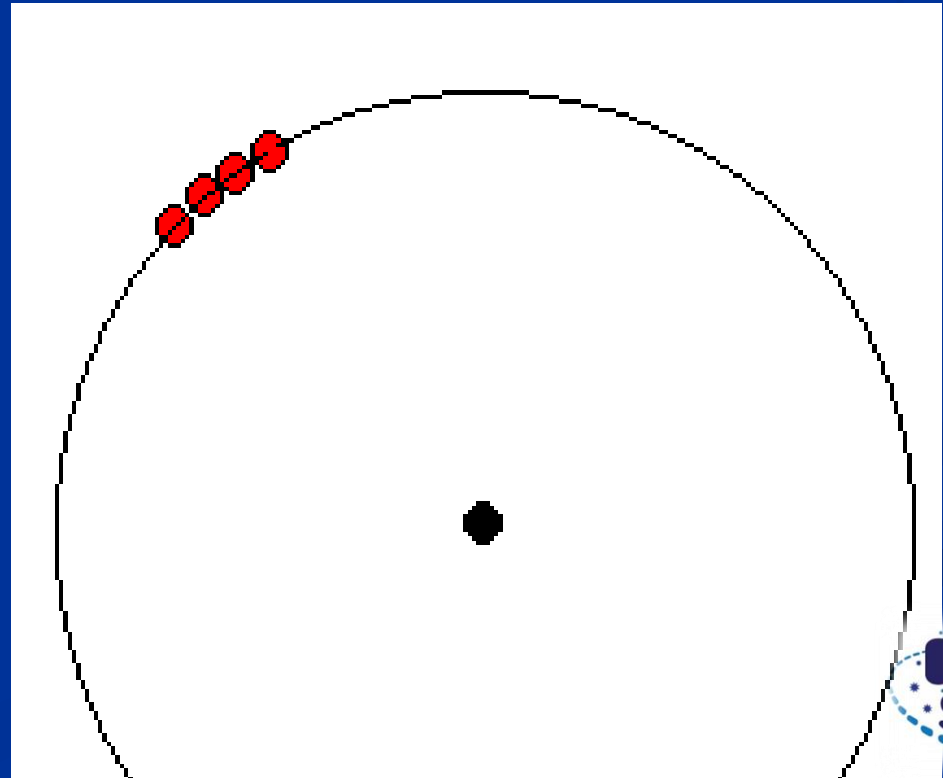


3) Distància Terra-Sol i Radi Sol

- Anàlogament

- $TS = 720 R_s / \pi$

Aristarc
1er model
heliocèntric

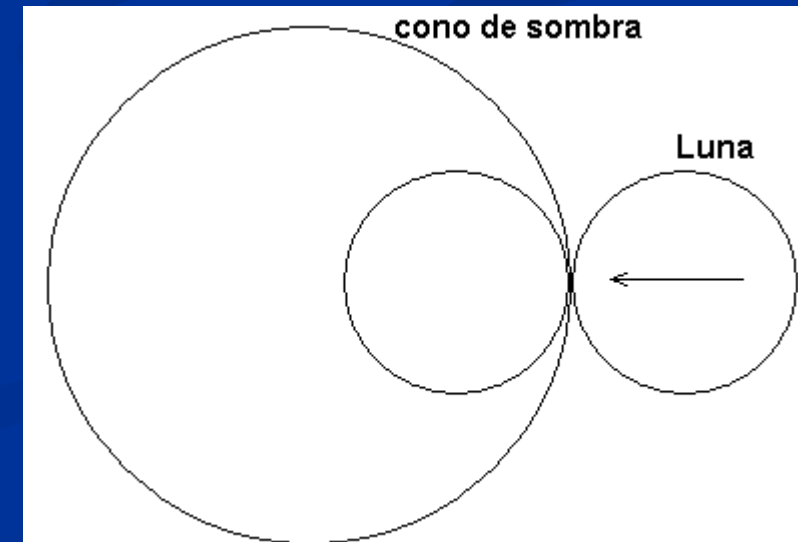
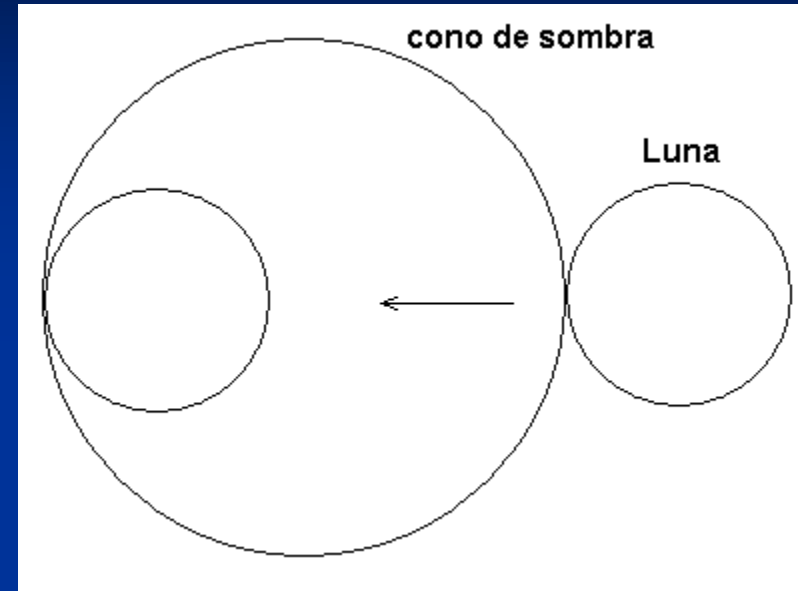


4) Con d'Ombra Terra i Radi Lluna

■ En un eclipsi de Lluna Aristarc va observar que el temps necessari perquè la Lluna creués el con d'ombra de la Terra era el doble del temps necessari perquè la superfície de la Lluna quedés coberta

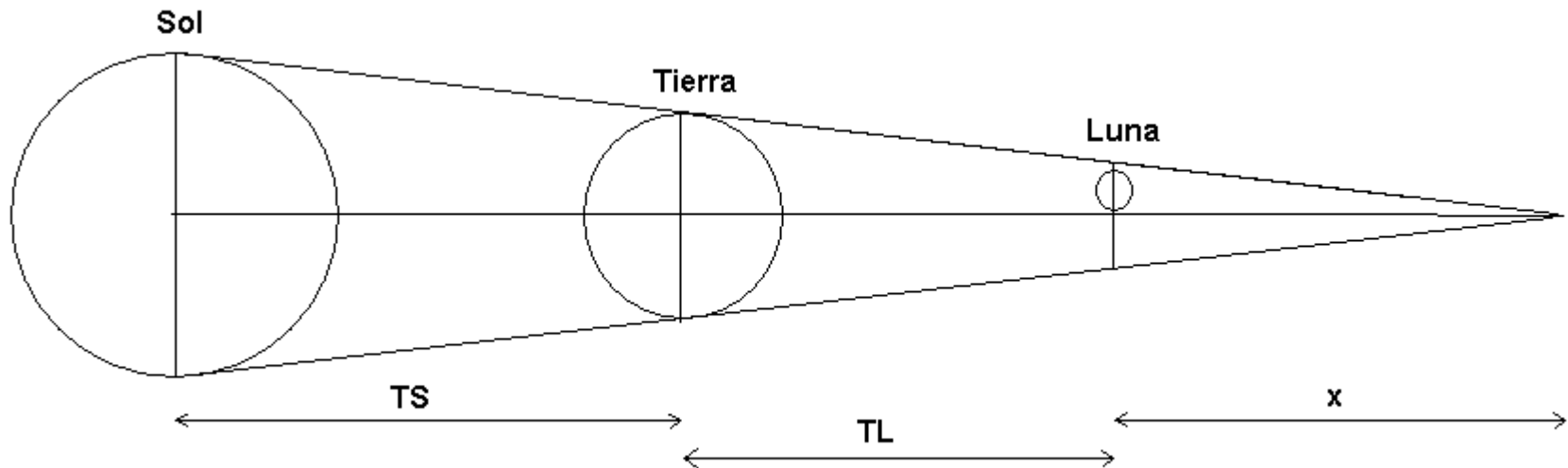
(això és 2: 1)

Realment és **2.6:1**



5) Relacionar tot

- $$(x+TL+TS)/R_s = (x+TL) / R_T = x/(2.6 R_L)$$



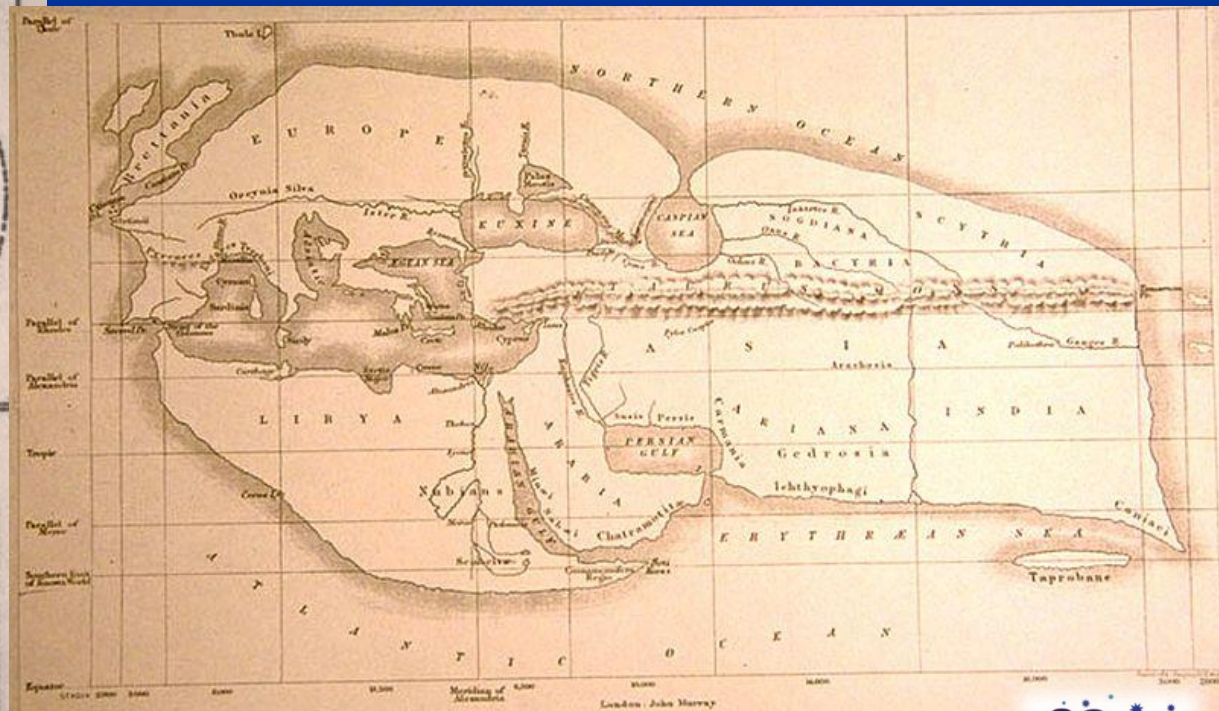
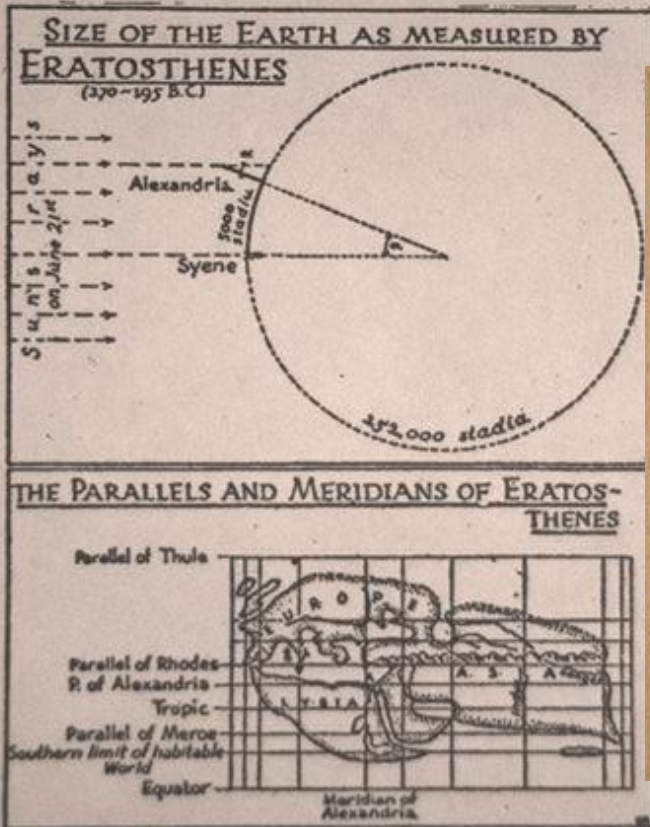
Resolent el sistema es dedueix tot en funció del radi terrestre:

- $R_L = (401 / 1440) R_T$
- $TL = (401 / (2 \pi)) R_T$
- $R_s = (2005 / 18) R_T$
- $TS = (80200 / \pi) R_T$
- Si prenem $R_T = 6378 \text{ km}$
- $R_L = 1776 \text{ km}$ (real 1738 km)
- $TL = 408\,000 \text{ km}$ (real 384\,000 km)
- $R_s = 710\,000 \text{ km}$ (real 696\,000 km)
- $TS = 162\,800\,000 \text{ km}$ (real 149\,680\,000 km)



Activitat 11: Experiment de Eratòstenes

280 –192 a C



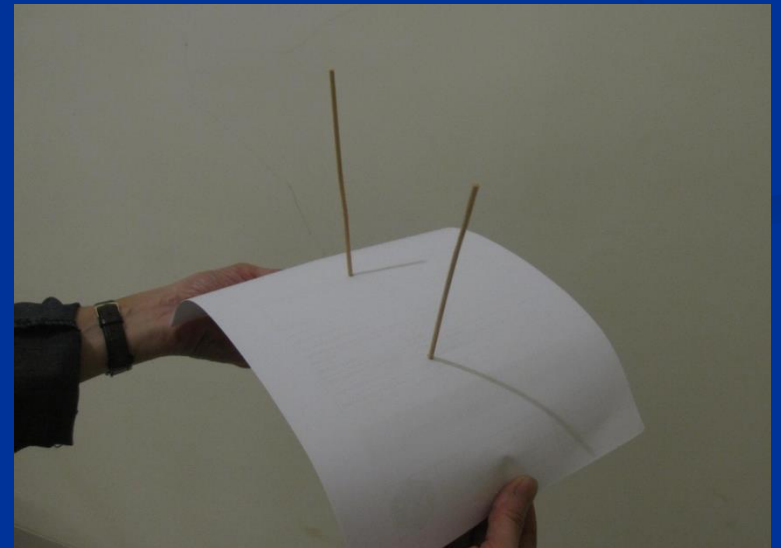
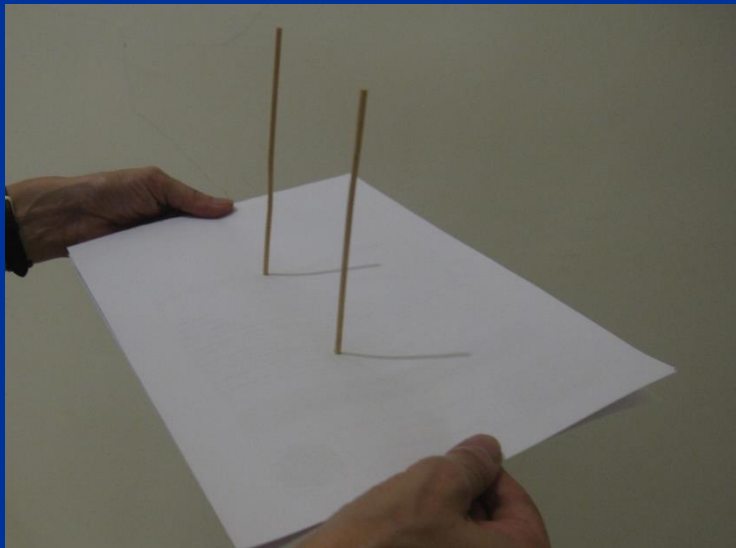
Activitat 11: Eratòstenes de nou

- Dues ciutats sobre el mateix meridià.
- Observacions simultànies.



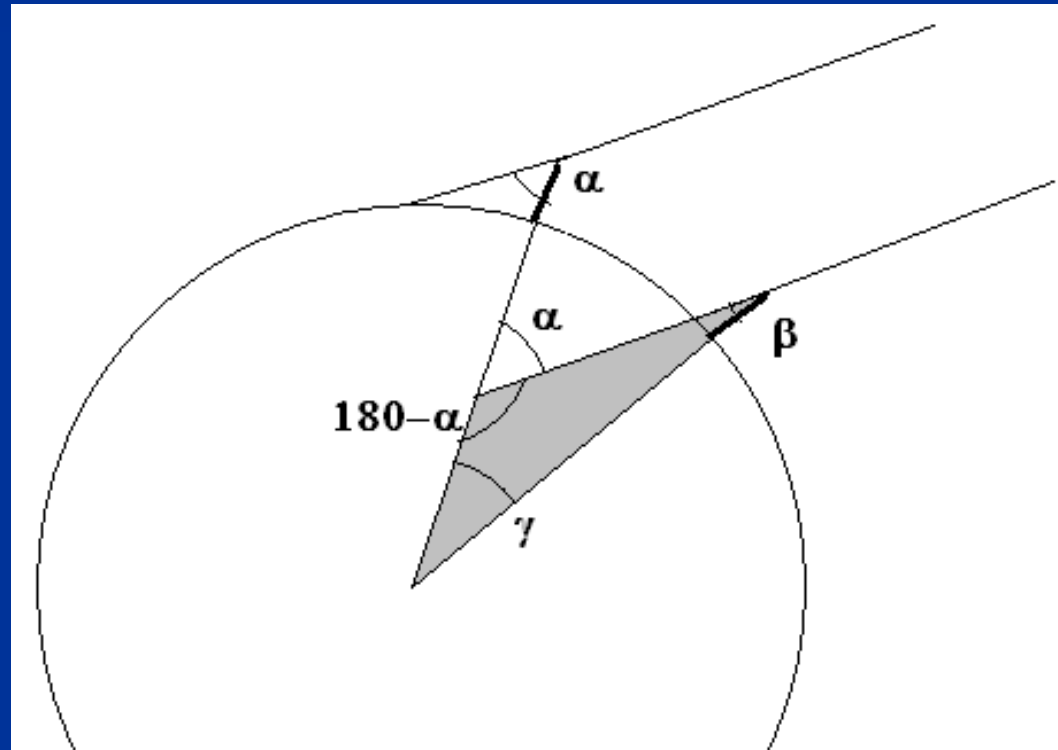
Diferents ombres ...

- Llavors la Terra es una esfera!



Activitat 11: Eratòstenes de nou

- $\pi = \pi - \alpha + \beta + \gamma$
- Per tant $\gamma = \alpha - \beta$
- on α i β es mesuren en radians



Activitat 11: Eratòstenes de nou

- Mesurem la longitud de la plomada (o del pal) i la seva ombra.



$$\alpha = \arctan (\text{ombra}) / (\text{plomada})$$

Activitat 11: Eratòstenes de nou

- per proporcionalitat

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

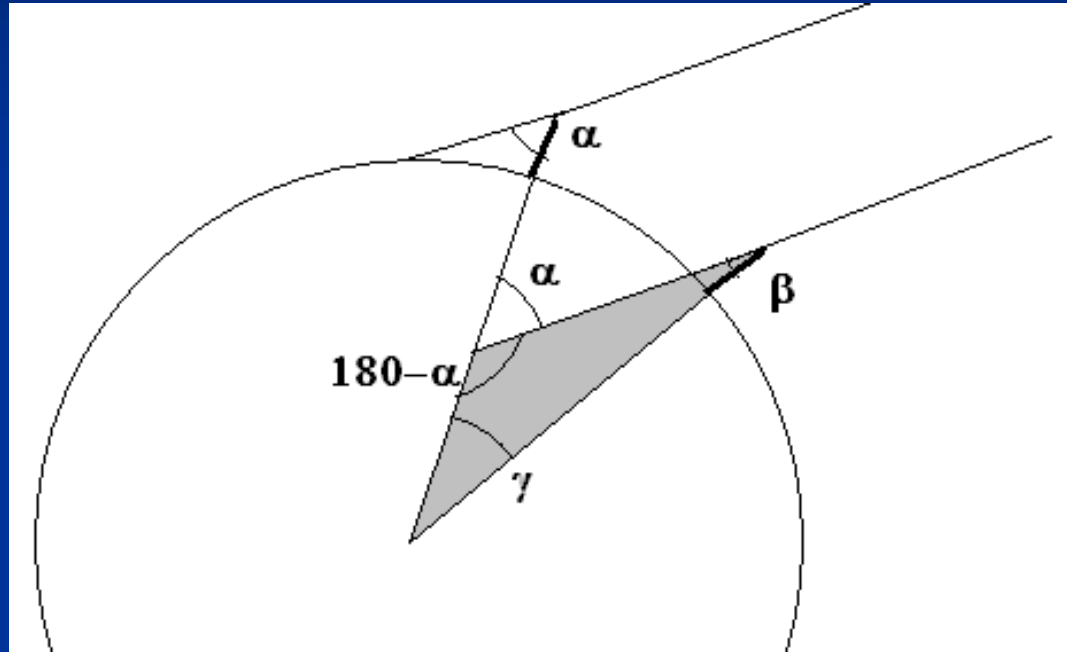
- Es dedueix

$$R_T = d / \gamma$$

- γ es calcula

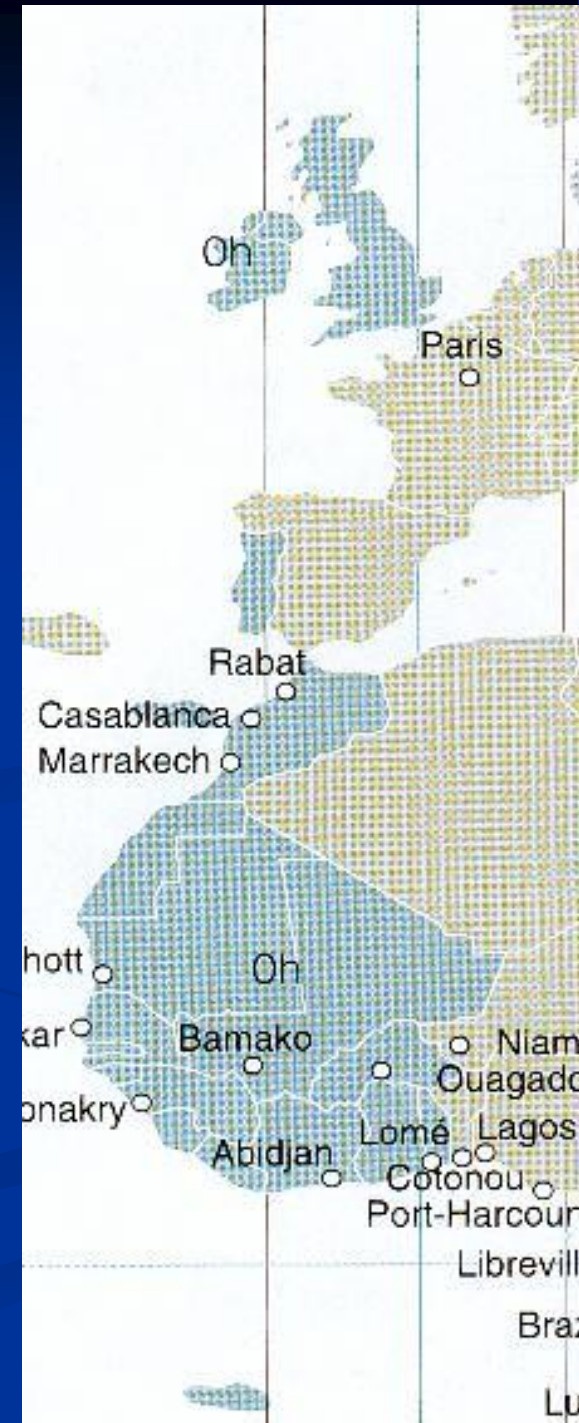
$$\gamma = \alpha - \beta$$

- d és la distància entre ciutats (mapa de l'exèrcit)



Resultats amb el mètode d'Eratòstenes

- Ripoll- Barcelona
- $\alpha = 0.5194$ radians
 $\beta = 0.5059$ radians
 $\gamma = 0.0135$ radians
- $d = 89.4$ km
- $R_T = 6600$ km (real 6378 km)



Conclusions

- Es comprenen els eclipsis.
- S'estableixen relacions de mides per al sistema Terra-Lluna-Sol.
- Es comprova que observant i elaborant les dades aconseguides es pot conèixer molt millor l'Univers.



Moltes gràcies per
la seva atenció!

