

Mēness un Saules aptumsumu pētījums

Rosa M. Rosa

*Starptautiskā astronomijas savienība
Katalonijas Tehniskā universitāte, Spānija*



Mērķi

- Izprast, kāpēc Mēnesim ir fāzes.
- Izprast Mēness aptumsumu cēloni.
- Izprast Saules aptumsumu cēloni.
- Noteikt Zemes-Mēness-Saules sistēmas savstarpējos attālumus un debess ķermeņu diametrus.



Gaisma un ēna

- Zemes-Mēness-Saules sistēma: fāzes un aptumsumi.
- Relatīvās pozīcijas un ēnas.



1. aktivitāte: Mēness otrā puse

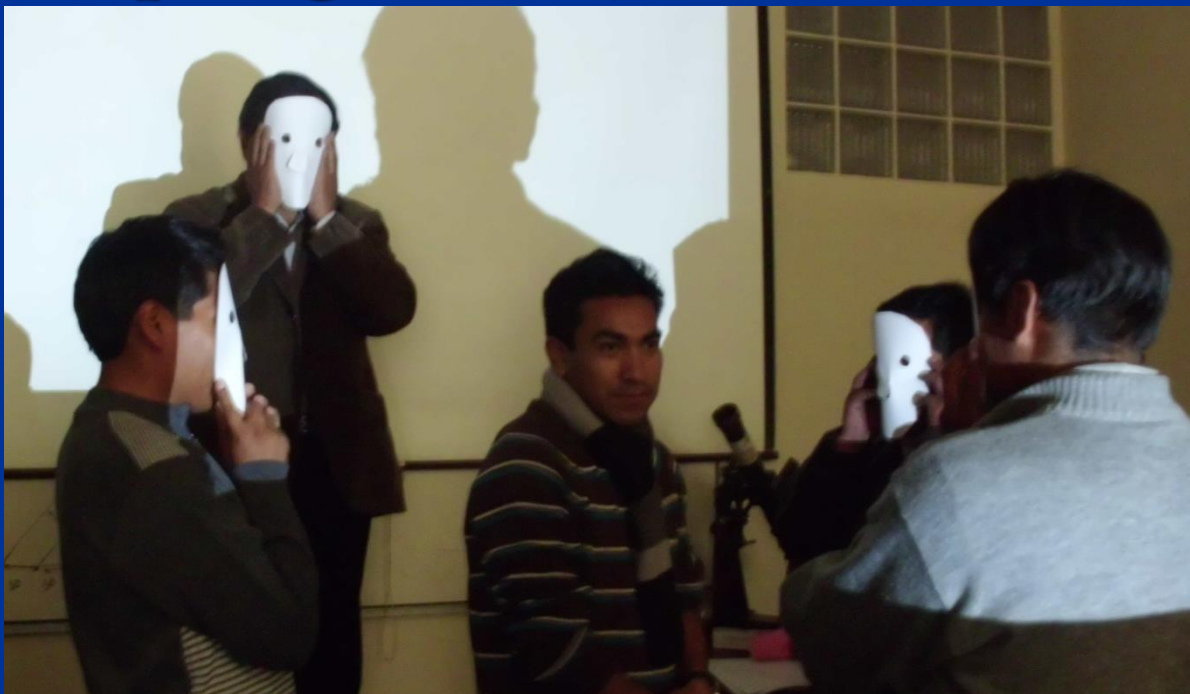
<https://youtu.be/hLHBEUVT28Q?si=Af9SIb4s7wJMHptp>

- 2 brīvprātīgie: viens centrā (Zeme) un otrs riņķo ap to (Mēness).
- Novietojiet Mēnesi ar seju pret Zemi un ļaujiet tam apriņķot ap Zemi par 90° un pagriezties pašam arī par 90° . Atkārtojiet procesu, līdz tiek sasniegta sākuma pozīcija.








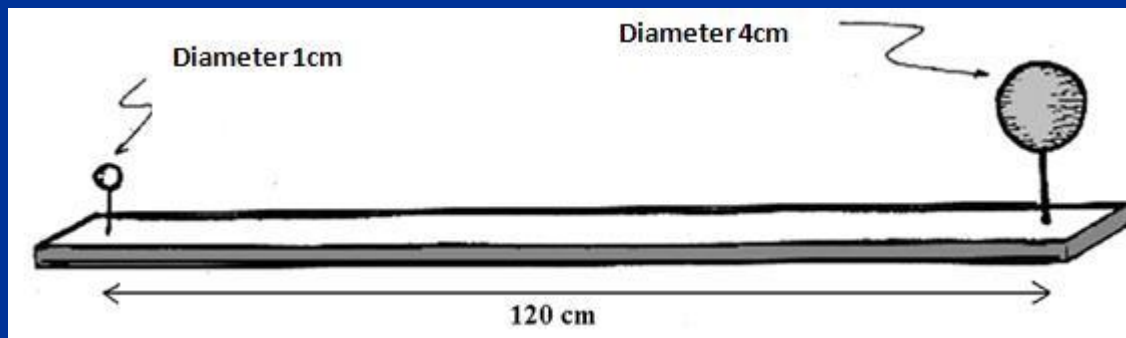
2. aktivitāte: modelis ar lukturīti (Saule), lai izskaidrotu Mēness fāzes

- 5 brīvprātīgie: viens centrā (Zeme) un 4 citi, kas ar maskām simulē 4 Mēness fāzes (viens pilnīgi apgaismots, divi daļēji apgaismoti un viens pilnīgi tumšs). <https://youtu.be/Jg0mTCxrkp8?si=w9AzvyBCMQwaDBBH>



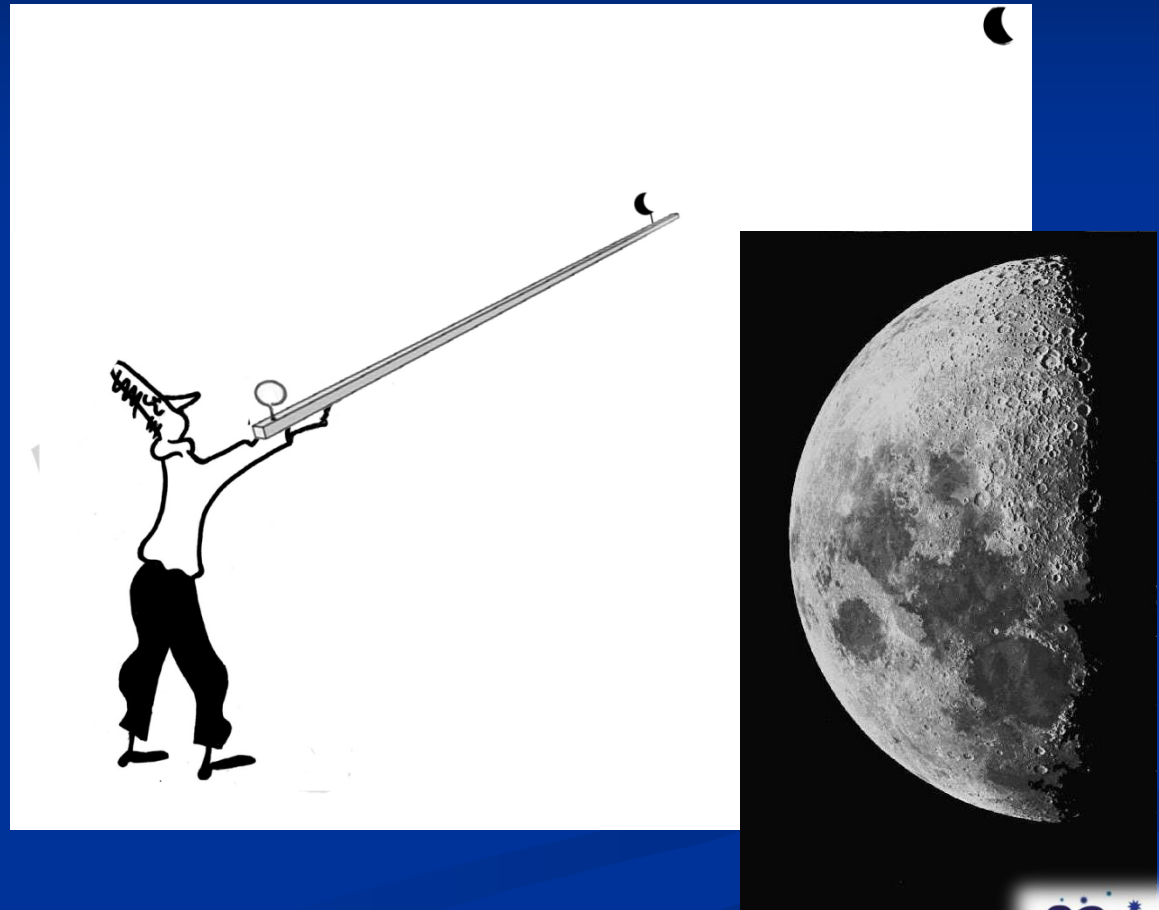
Zeme-Mēness-Saules sistēmas attālumi un diametri

Zemes diametrs	12 800 km		4 cm
Mēness diametrs	3500 km		1 cm
Z-M attālums	384 000 km		120 cm
Saules diametrs	1 400 000 km		440 cm = 4,4 m
Z-S attālums	150 000 000 km		47 000 cm = 0,47 km



3. aktivitāte: Mēness fāzu simulācija

- Pavērsiet modeļa mazo mēnesi pret Mēnesi, mēs varam abus redzēt vienā un tajā pašā fāzē.



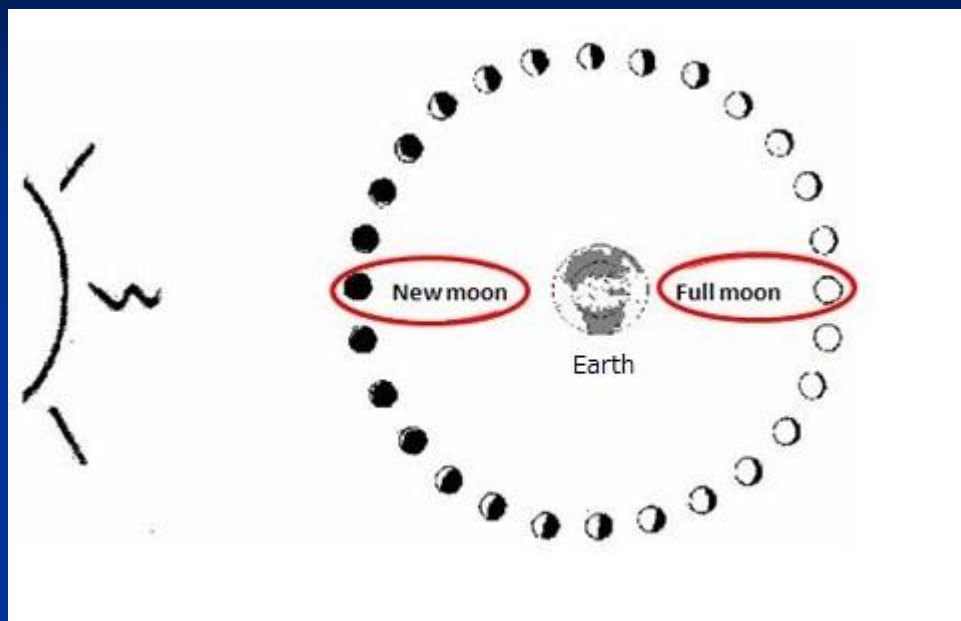
<https://youtu.be/ezIkJq0Mg1E?si=kEka59GQ5yoQg4QU>

4. aktivitāte: kļūda ilustrācijā



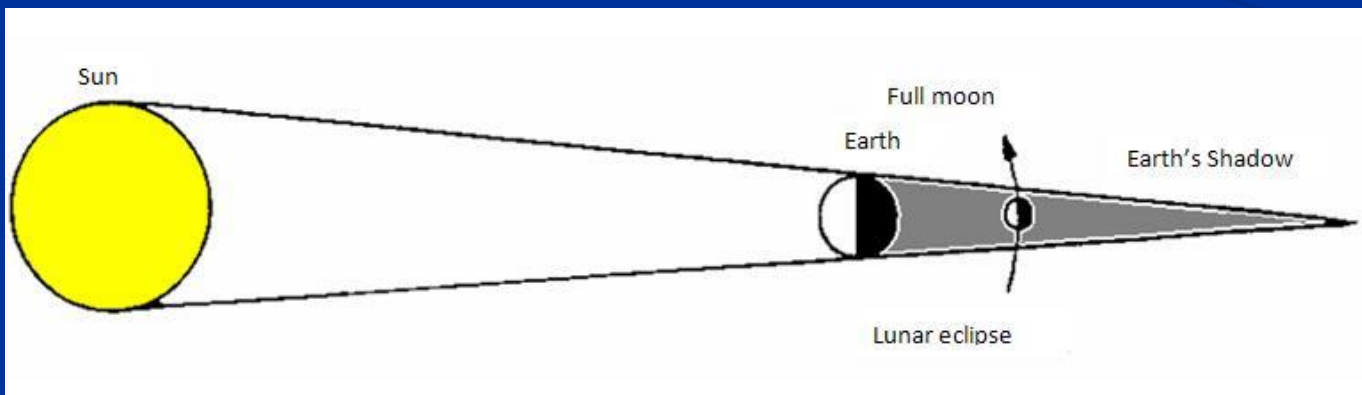
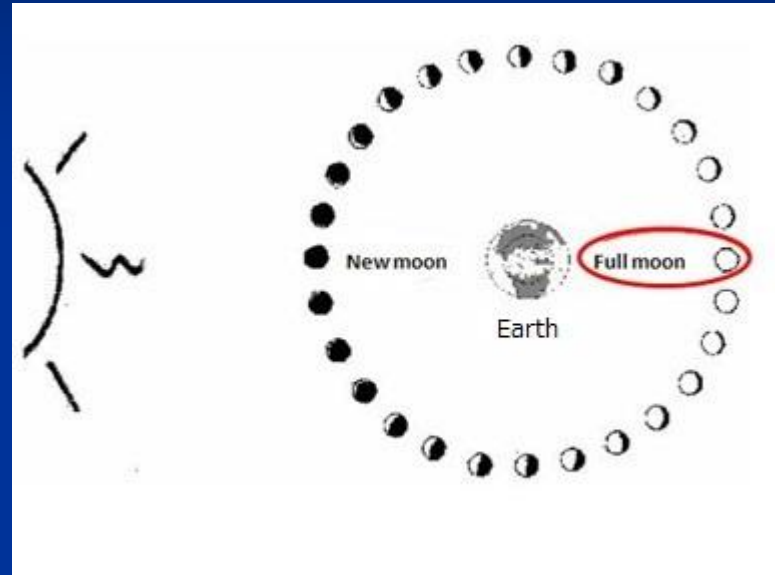
- Mēness fāzes ir atkarīgas no Saules stāvokļa.

Mēness fāzes un aptumsumi

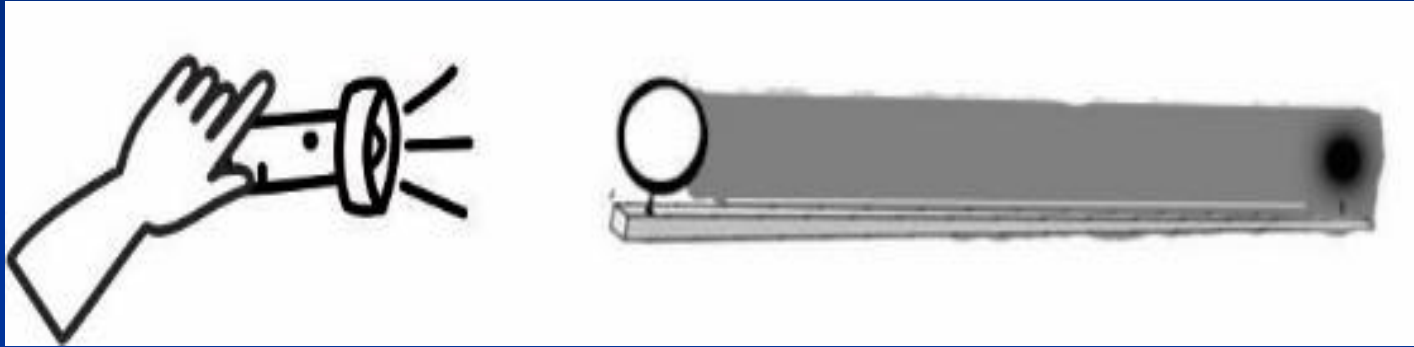


5. aktivitāte: Mēness aptumsumi

- Mēness aptumsums notiek tikai tad, kad ir pilnmēness.



5. aktivitāte: Mēness aptumsums



https://youtu.be/7M_wOZUq7Qw?si=Y5gGJfNGhrRBzqt4



5. aktivitāte: Mēness aptumsums



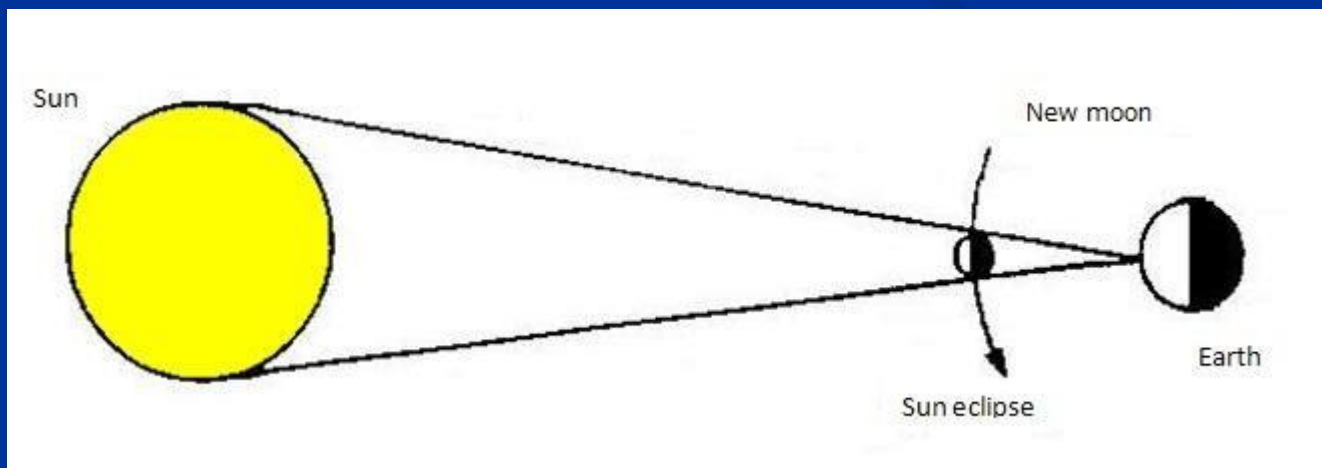
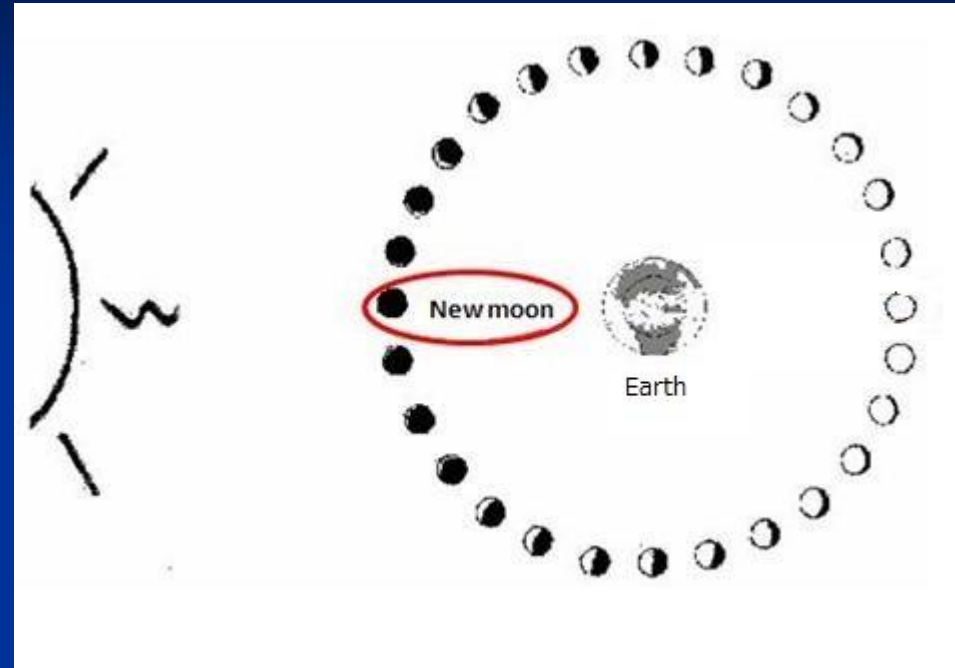
5. aktivitāte: Mēness aptumsums

- Mēness aptumsums var būt redzams pusē Zemes virsmas (nakts pusē).

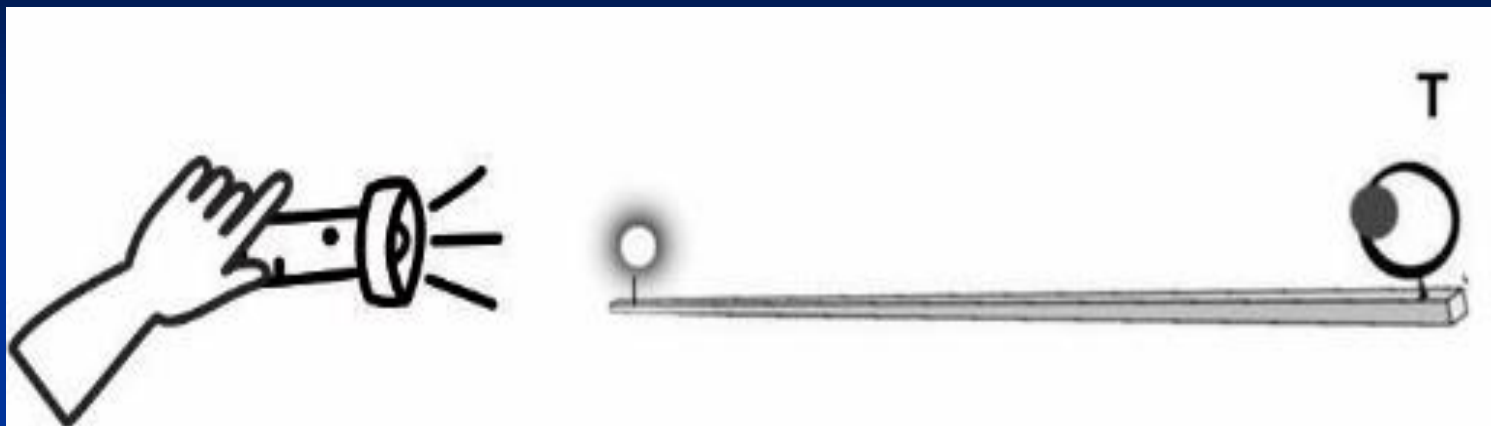


6. aktivitāte: Saules aptumsums

- Saules aptumsums notiek tikai tad, kad ir jaunmēness.



6. aktivitāte: Saules aptumsuma simulācija



https://youtu.be/aZ3b_lyZVTE?si=spakcZsX5SGw_ezd





Rosa M. Ros

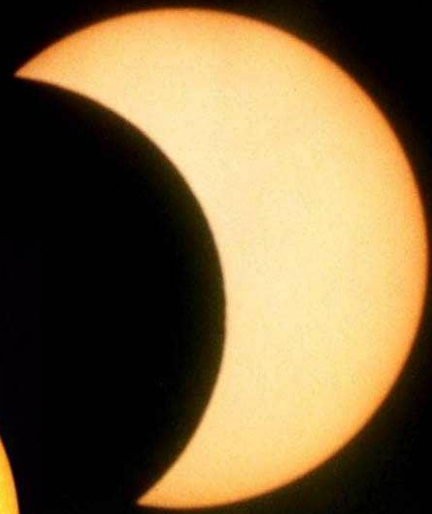
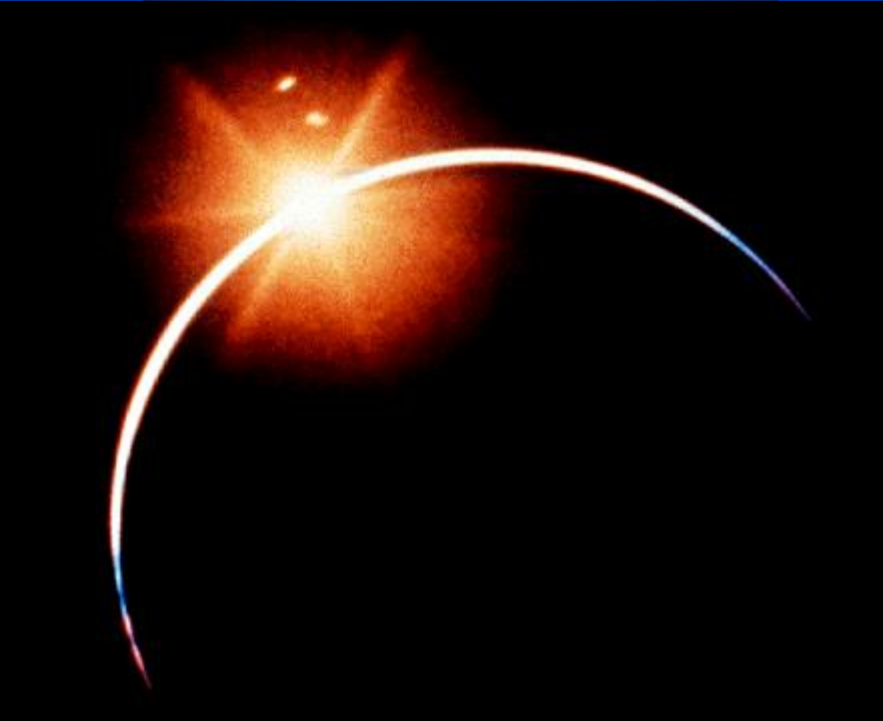




6. aktivitāte: Saules aptumsums

- Saules aptumsums ir redzams tikai nelielā Zemes apgabalā.





... mēs jūtam emocijas!



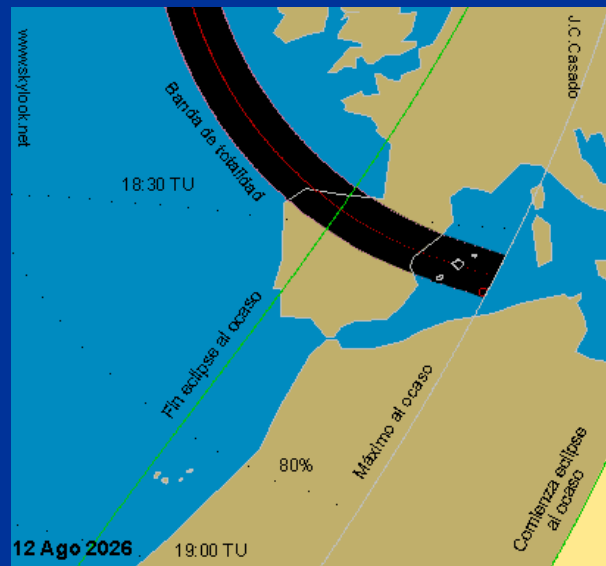
Novērojumi

- **Mēness aptumsums**, kad ir **pilnmēness**.
un **Saules aptumsums**, kad ir **jaunmēness**.
- Saules aptumsums ir redzams tikai nelielā Zemes apgabalā.
- Zemei un Mēnesim ir «grūti precīzi nostāties», tāpēc aptumsums nenotiek katru reizi, kad ir jaunmēness vai pilnmēness.



Visbeidzot ... kā piemērs ...

- Nākamais pilnais Saules aptumsums Eiropā būs Spānijā: 2026. gada 12. augustā.



- Katru gadu notiek no 0 līdz 3 Mēness aptumsumi.



Attālums un diametrs, kā vizualizēt un labāk izprast attālumu līdz Saulei

Zemes diametrs	12 800 km		2,1 cm
Mēness diametrs	3500 km		0,6 cm
Z-M attālums	384 000 km		60 cm
Saules diametrs	1 400 000 km		220 cm
Z-S attālums	150 000 000 km		235 m

Gleznot Sauli



7. aktivitāte: padariet lielo “Sauli” līdzīgu mazam “Mēnesim”

https://youtu.be/-7h_KnP518Y?si=CbkO6wzc95ExNh8D



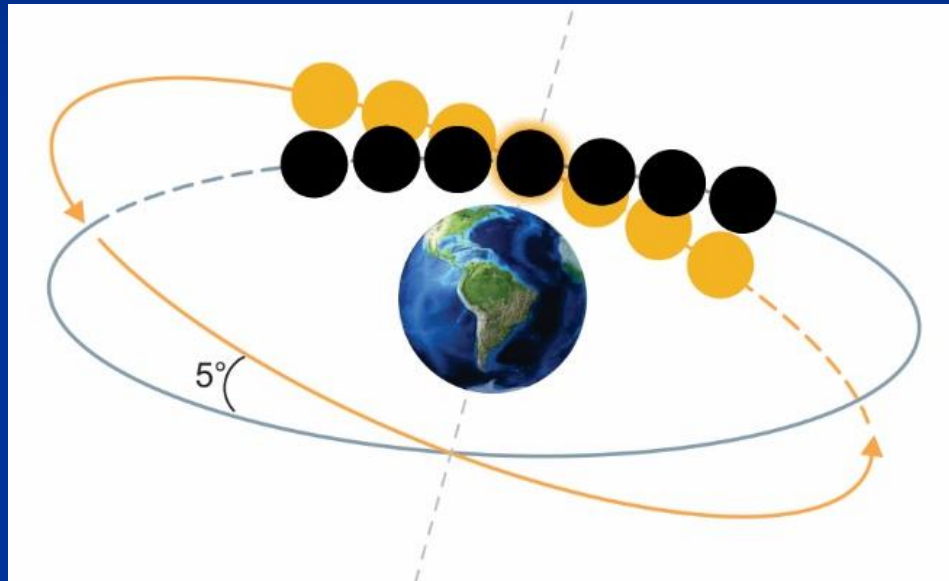
Ja katru mēnesi ir
jaunmēness un pilnmēness...

...kāpēc katru mēnesi nenotiek
Saules un Mēness aptumsumi?



Jo...

Zemes orbīta ap Sauli un Mēness orbīta ap Zemi neatrodas vienā plaknē.



Abas plaknes ir nobīdītas viena attiecībā pret otru par 5° , un Saules un Mēness leņķiskais diametrs ir tikai $0,5^\circ$.

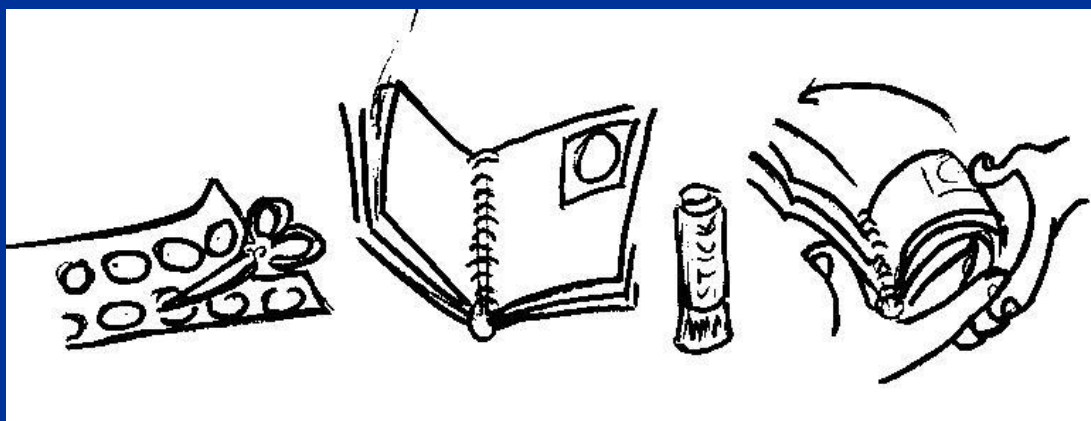


Aptumsums var notikt tikai tad, ja
Saule un Mēness atrodas tuvu
abu plakņu
krustojuma līnijai.



8. aktivitāte: aptumsuma simulators “Pāršķir lapu”

1. Izgrieziet Saules aptumsuma attēlus un secīgi numurējiet attēlus.
2. Ielīmējiet attēlus piezīmju grāmatiņā ar spirāli.
3. Ātri pāršķiriet lapas, lai redzētu animāciju.

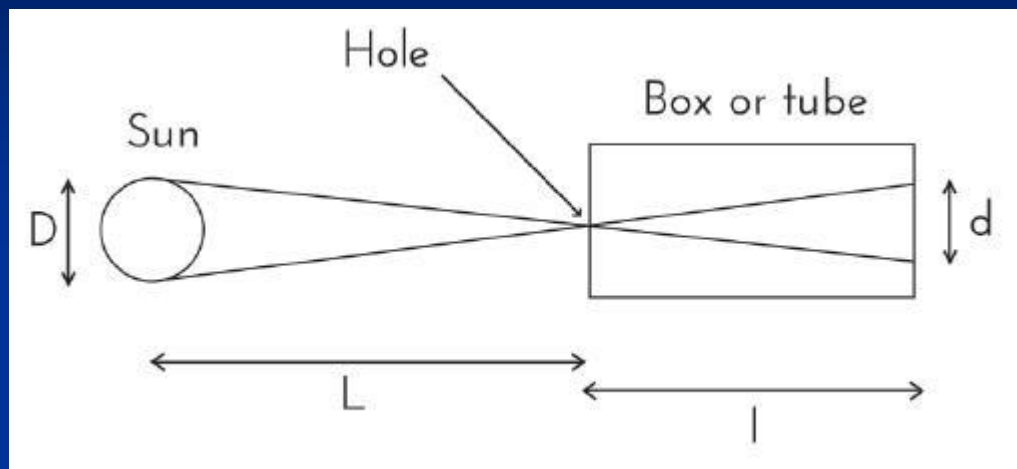


https://youtu.be/mcqCzIocXhg?si=1EXRxHtOtNwrl_WV

9. aktivitāte: Saules diametra noteikšana - novērojumi un mērījumi



9. aktivitāte: Saules diametra noteikšana



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

Mēs varam noteikt proporciju un aprēķināt Saules diametru.

$L = 150\,000\,000$ km, Zemes-Saules attālums, $l =$ caurules garums, $d =$ Saules diametrs uz daļēji caurspīdīga papīra.

https://youtu.be/8_MXywgFg_U?si=haIBgNAkI9NvPu8Q



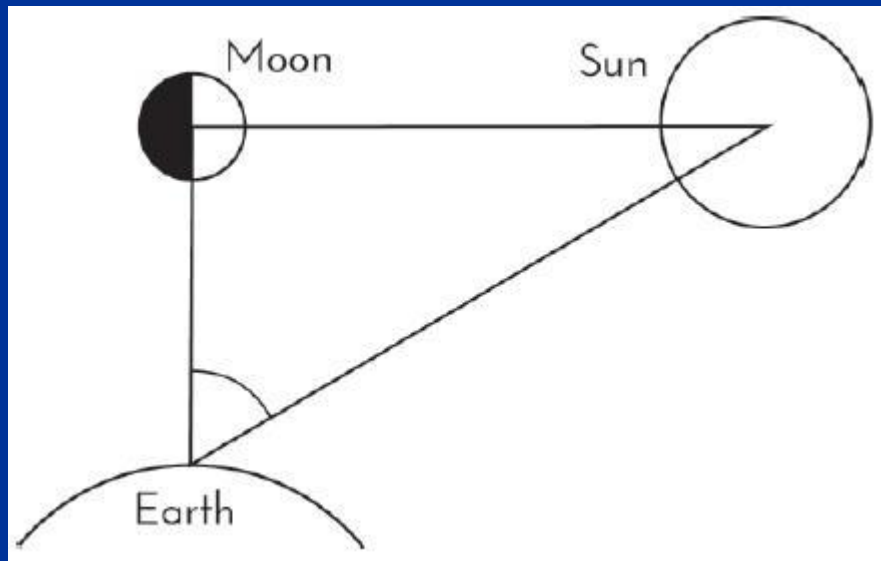
10. aktivitāte: Aristarha eksperiments (310 – 230) p.m.ē.

- Viņš noteica attiecību starp Zemes-Mēness-Saules attālumiem un to diametriem (bet nevarēja noteikt absolūto vērtību). Bija jāgaida, līdz Eratostens izmērīs zemeslodi.
- 1) Attālums no Zemes līdz Mēnesim un no Zemes līdz Saulei.
- 2) Mēness un Saules rādiuss.
- 3) Attālums no Zemes līdz Mēnesim un Mēness rādiuss.
- 4) Zemes ēnas konuss.
- 5) Saistiet tos visus.



1) Attālums Zeme-Mēness un Zeme-Saule

- $\cos \alpha = ZM/ZS$ tāpēc $ZS = ZM/\cos \alpha$.



1) Zemes-Mēness un Zemes-Saules attālumi

- Aristarhs $\alpha = 87^\circ$, tad $ZS = 19 ZM$.
- Mūsdienās $\alpha = 89^\circ 51'$, tāpēc $ZS = 400 ZM$.



2) Mēness un Saules rādiuss

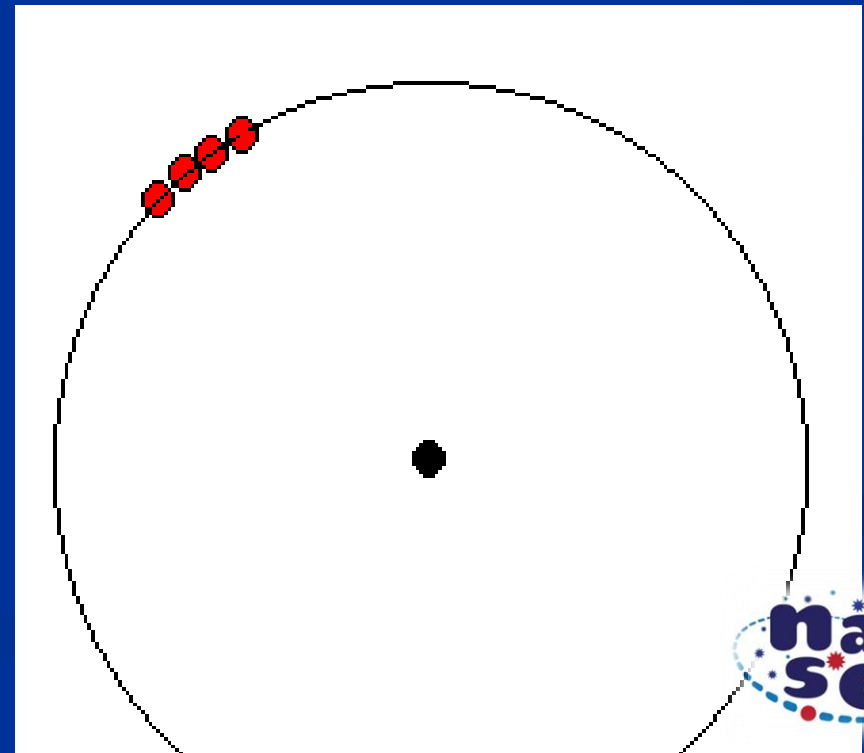
- No Zemes tiek novērots, ka Mēness un Saules diametrs ir vienāds ar $0,5^\circ$.
- Tāpēc Saules rādiuss ir...
- $R_s = 400 R_m$.



3) Zemes-Mēness attālums un Mēness rādiuss

- Mēness leņķiskais diametrs, skatoties no Zemes ir $0,5^\circ$.
- Ar 720 reižu lielāku izmēru ($0,5^\circ \times 720 = 360^\circ$) mēs varam aprēķināt Mēness **riņķveida trajektorijas garumu**.
- $2R_M \times 720 = 2\pi ZM$.

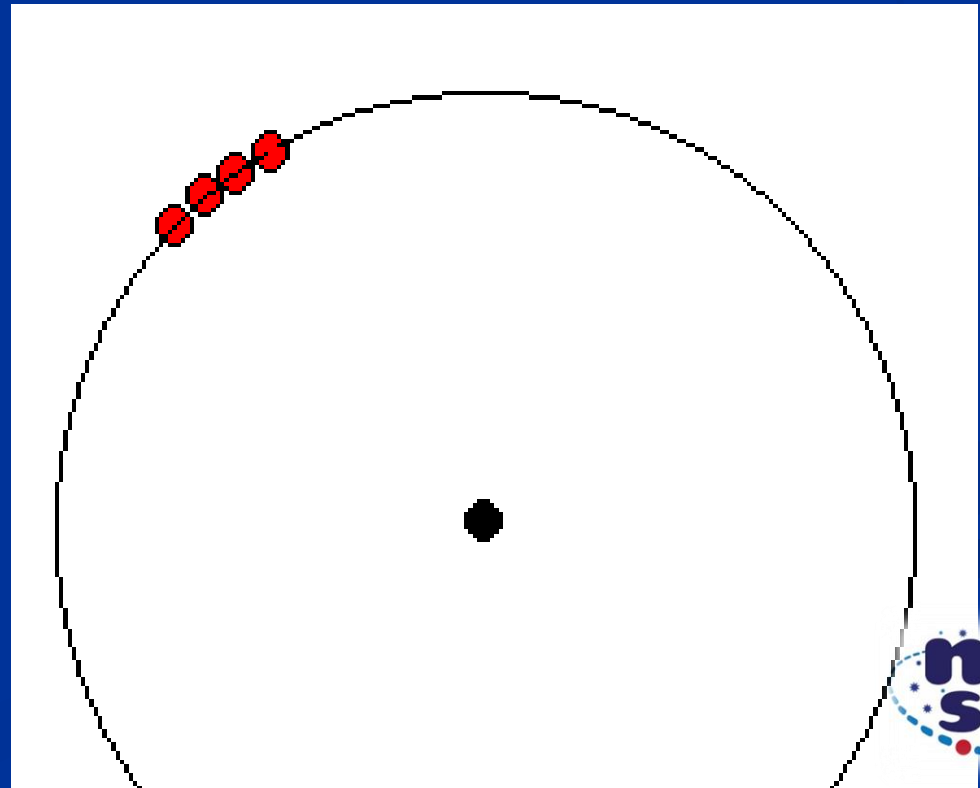
$$ZM = 720 \times R_M / \pi$$



3) Zemes-Saules attālums un Saules rādiuss

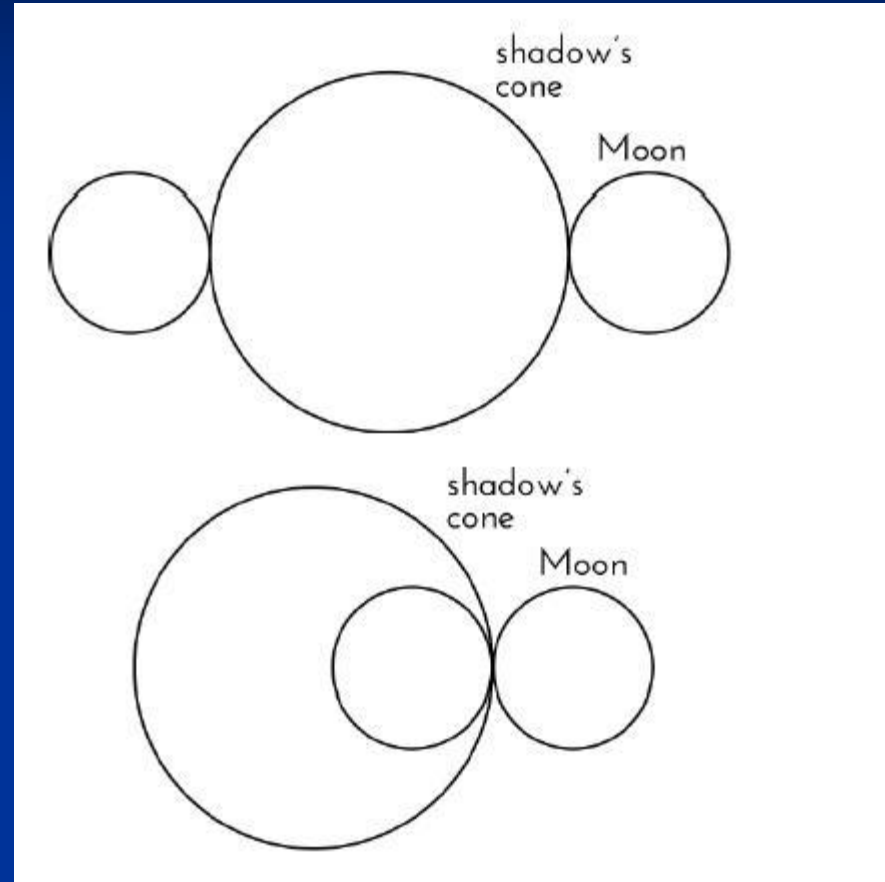
- Līdzīgi kā iepriekš.
- $ZS = 720 \times R_s / \pi$

Aristarhs, pirmais
heliocentriskais
modelis



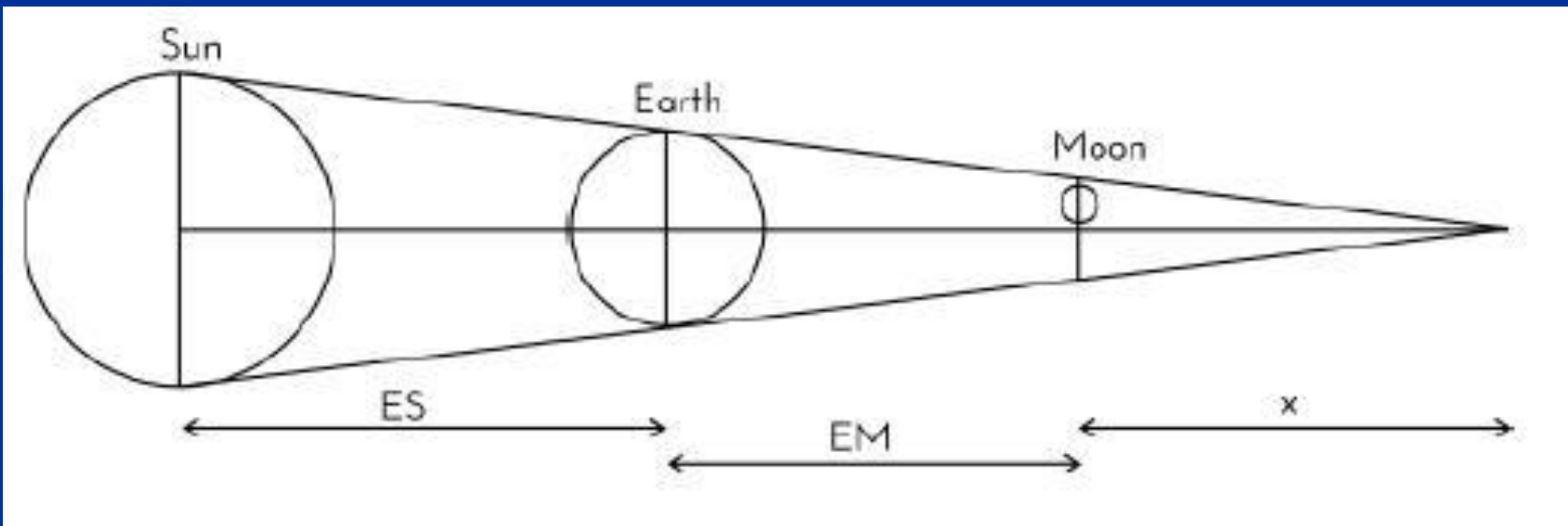
4) Zemes ēnas konuss

- Mēness aptumsuma laikā Aristarhs novēroja, ka laiks, kas nepieciešams, lai Mēness šķērsotu Zemes ēnas konusu, ir divreiz lielāks par laiku, kas nepieciešams, lai Zemes ēna pārītu Mēness virsmu (t.i., 2:1).
- Faktiski tas ir 2,6:1.



5) Saistiet tos visus

- $(x + Z_M + Z_S) / R_S = (x + Z_M) / R_Z = x / (2,6 R_M)$

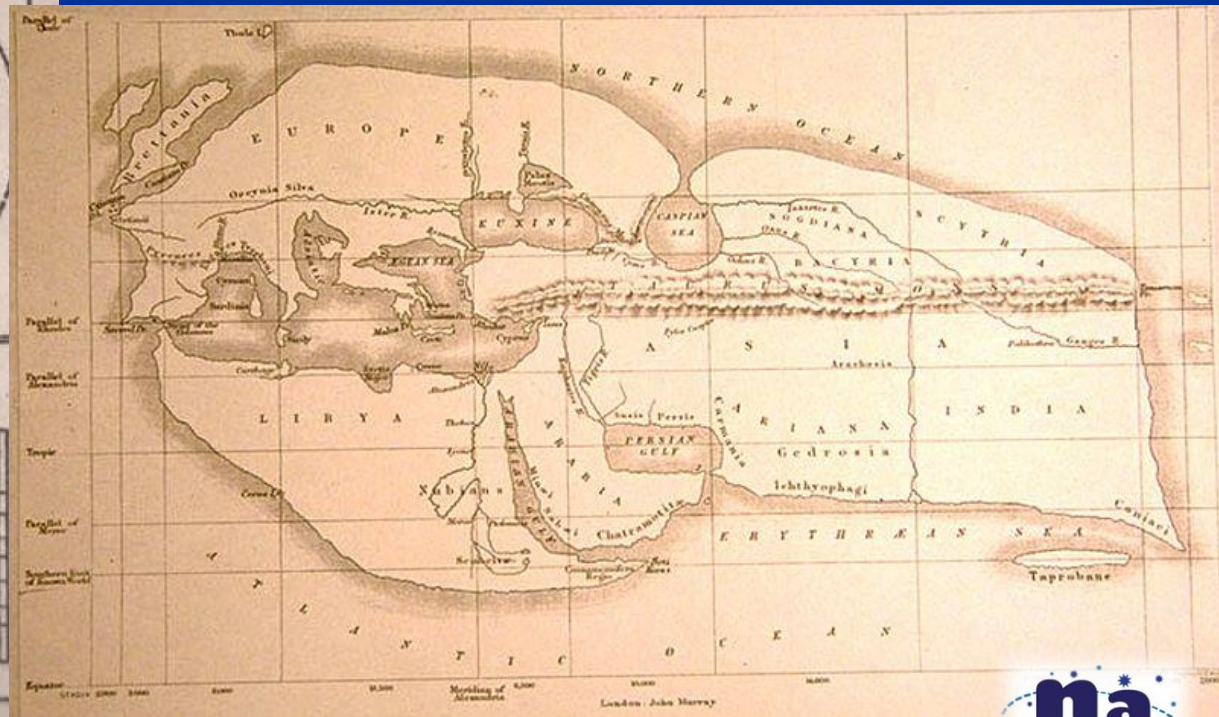
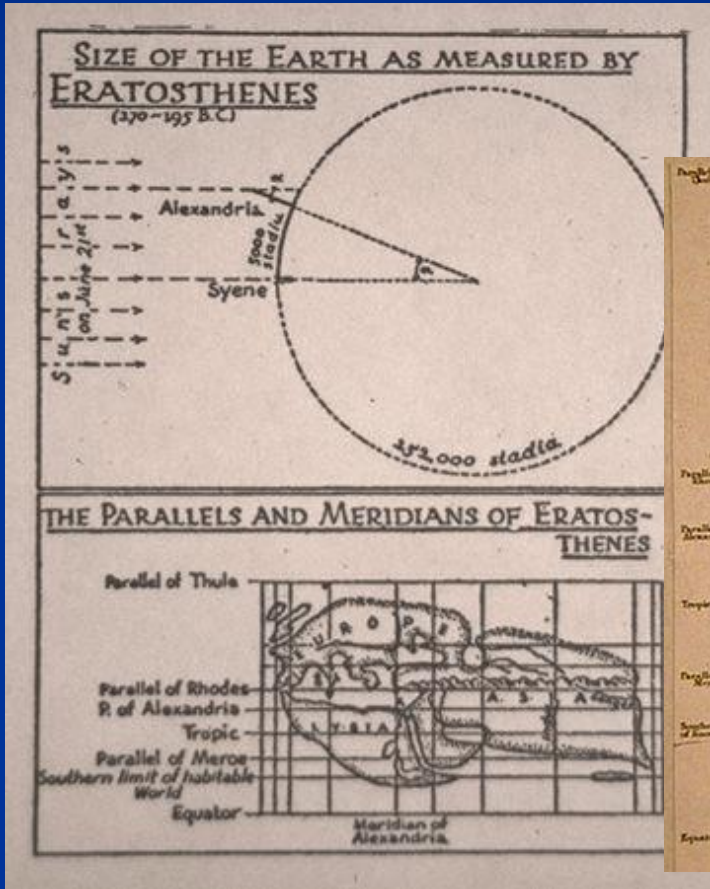


Sistēmas atrisināšana parāda (viss saistīts ar Zemes rādiusu):

- $R_M = (401/1440) R_Z$
 - $Z_M = (401/(2 \pi)) R_Z$
 - $R_S = (2005/18) R_Z$
 - $Z_S = (80200/\pi) R_Z$
-
- Ja mēs pieņemam, ka $R_Z = 6378$ km, tad
 - $R_M = 1776$ km (faktiski 1738 km).
 - $Z_M = 408\,000$ km (faktiski 384 000 km).
 - $R_S = 740\,000$ km (faktiski 696 000 km).
 - $Z_S = 162\,800\,000$ km (faktiski 149 680 000 km).



11. aktivitāte: Eratostena eksperiments (280–192 p.m.ē.)



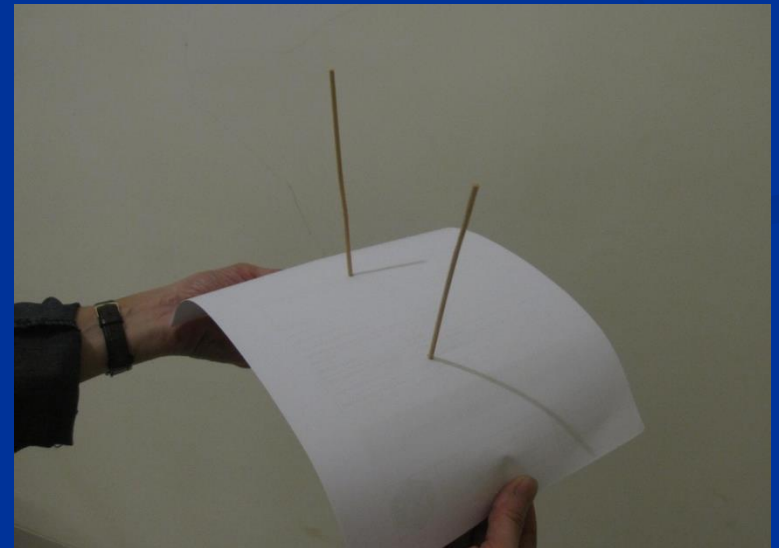
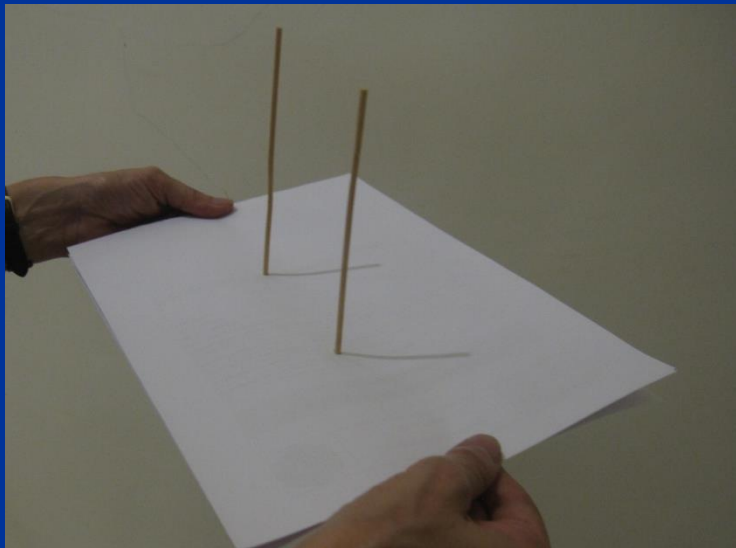
11. aktivitāte: Eratostens mūsdienās

- Divas pilsētas uz viena meridiāna.
- Vienlaicīgi novērojumi.



Atšķirīgas ēnas ...

- Tātad Zeme ir sfēra!



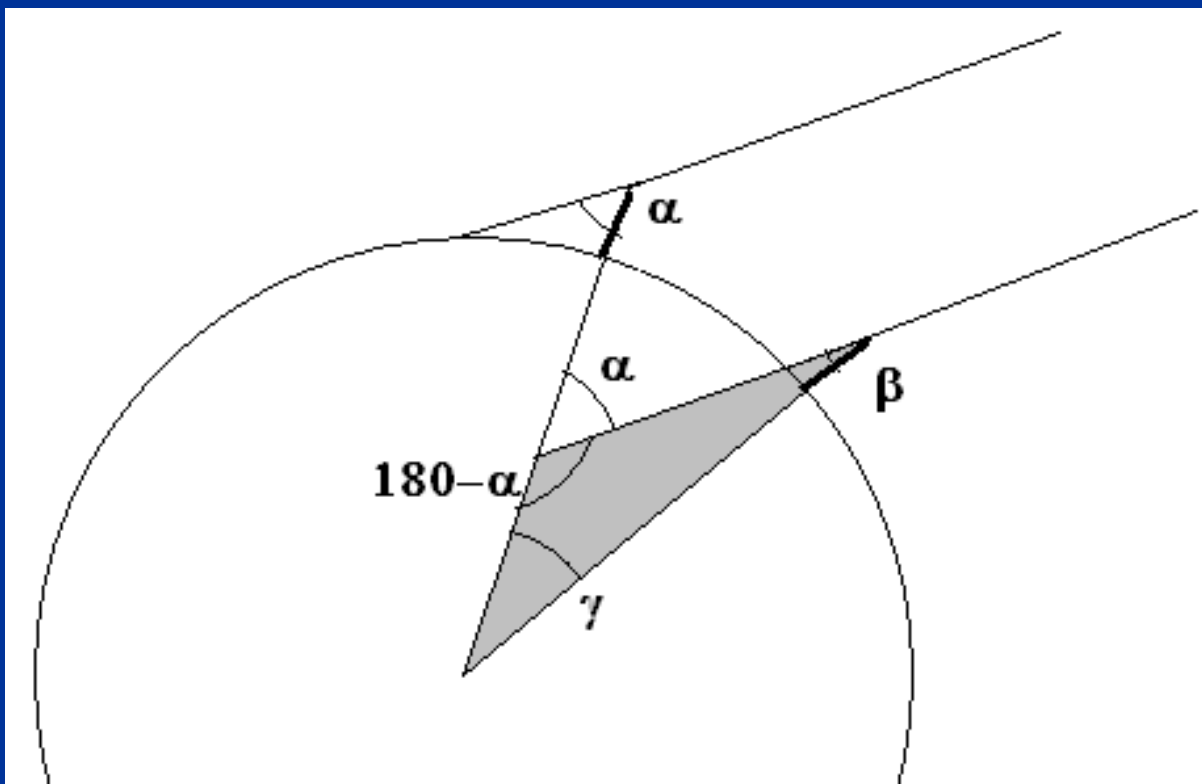
11. aktivitāte: Eratostens mūsdienās

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

- tāpēc $\gamma = \alpha - \beta,$

kur α un β mēra radiānos

(180 grādi = π radiāni).





11. aktivitāte: Eratostens mūsdienās

- Mēs izmērām vertikālas nūjas garumu un tās ēnu.

$$\alpha = \arctg(\bar{\epsilon}na) / (nūja)$$

11. aktivitāte:

Eratostens mūsdienās

- proporcionalitāte

$$2\pi R_z / 2\pi = d / \gamma.$$

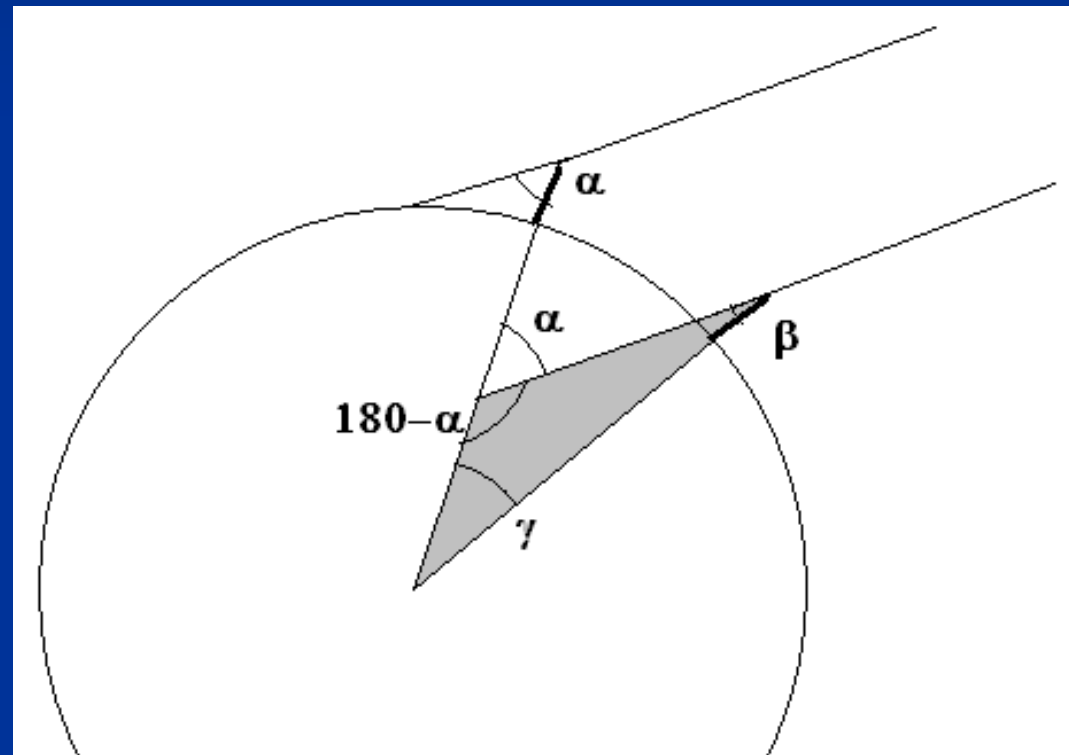
- Izriet, ka

$$R_z = d / \gamma.$$

- γ mēs zinām
(radiānos)

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

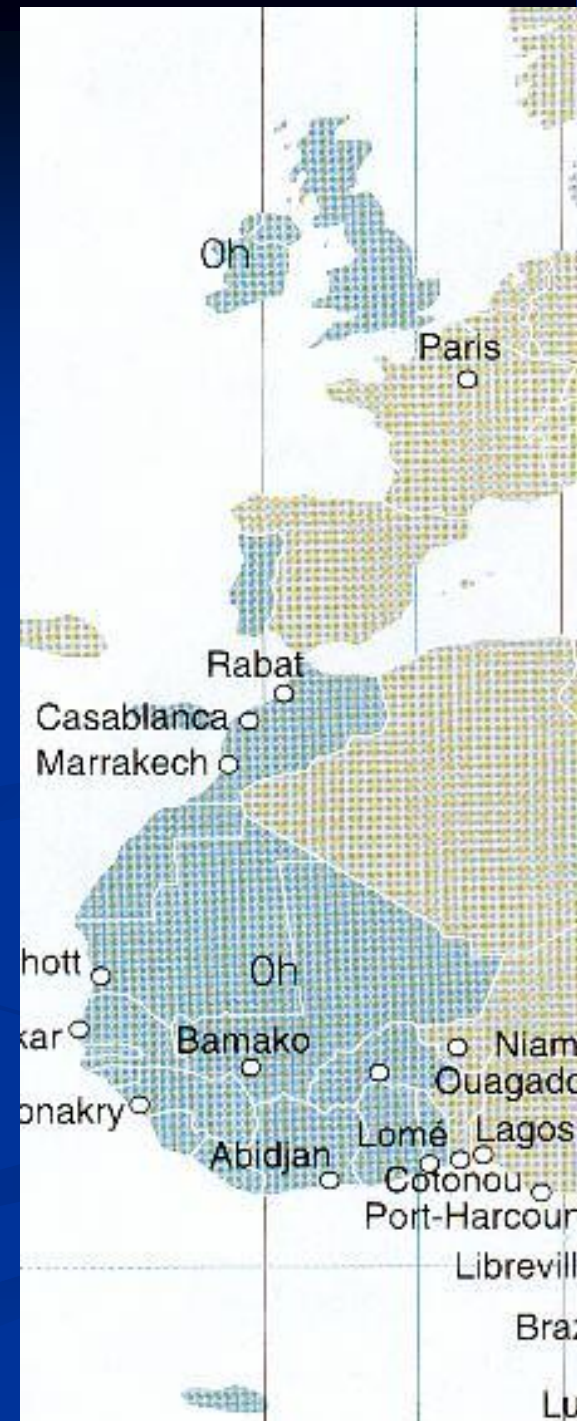
- d ir attālums starp pilsētām, nosaka, izmantojot karti.



Mūsu rezultāti ar Eratostēna metodi

- Ripolla – Barselona.
- $\alpha = 0,5194$ radiāni.
- $\beta = 0,5059$ radiāni.
- $\gamma = 0,0135$ radiāni.
- $d = 89,4$ km.

- $R_z = 6\,600$ km (faktiski
6 378 km).



Secinājumi

- Tagad mēs saprotam aptumsumus.
- Ir izprastas Zemes-Mēness-Saules sistēmas izmēru attiecības.
- Var secināt, ka, novērojot un analizējot datus, mēs varam daudz uzzināt par Visumu.



Liels paldies
par jūsu uzmanību!

