



Institut
Guindàvols

Radi?

Com de gran és la Terra?+

Alumnat: Gemma Cugota, Ivet Güell i Paula Gómez

Professorat: Anicet Cosialls i Rosa Borrell

Curs 2021-2022



PRECEDENTS

Un dels 10 experiments més bonics de la física segons la comunitat científica, el va fer ja fa més de 2000 anys el savi Eratòstenes.



En l'època antiga, quan es creia que la Terra era plana.

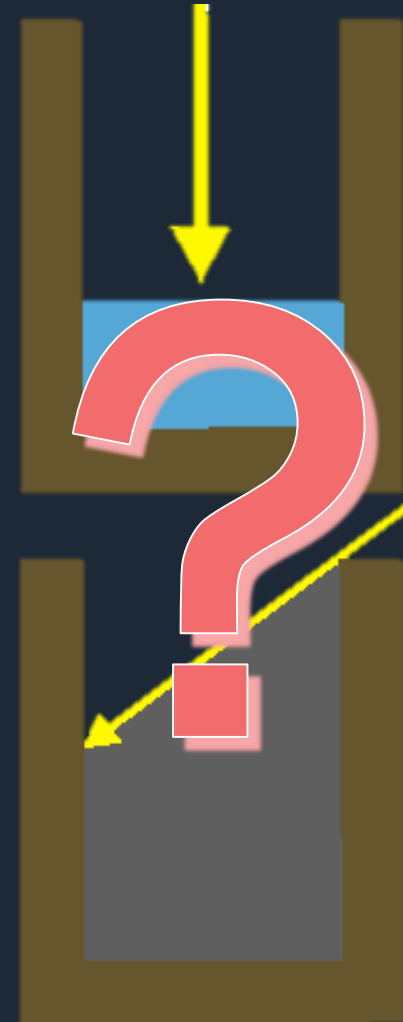
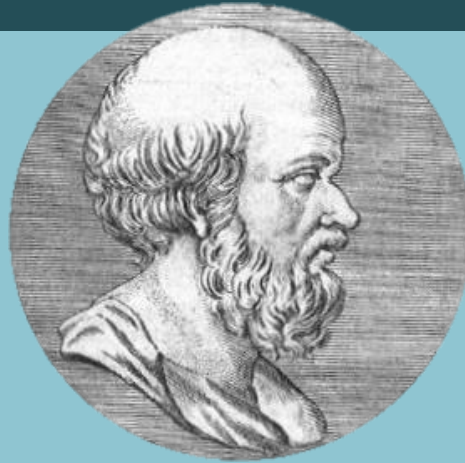


Mapa de l'antic Egipte. Alejandria i Syene

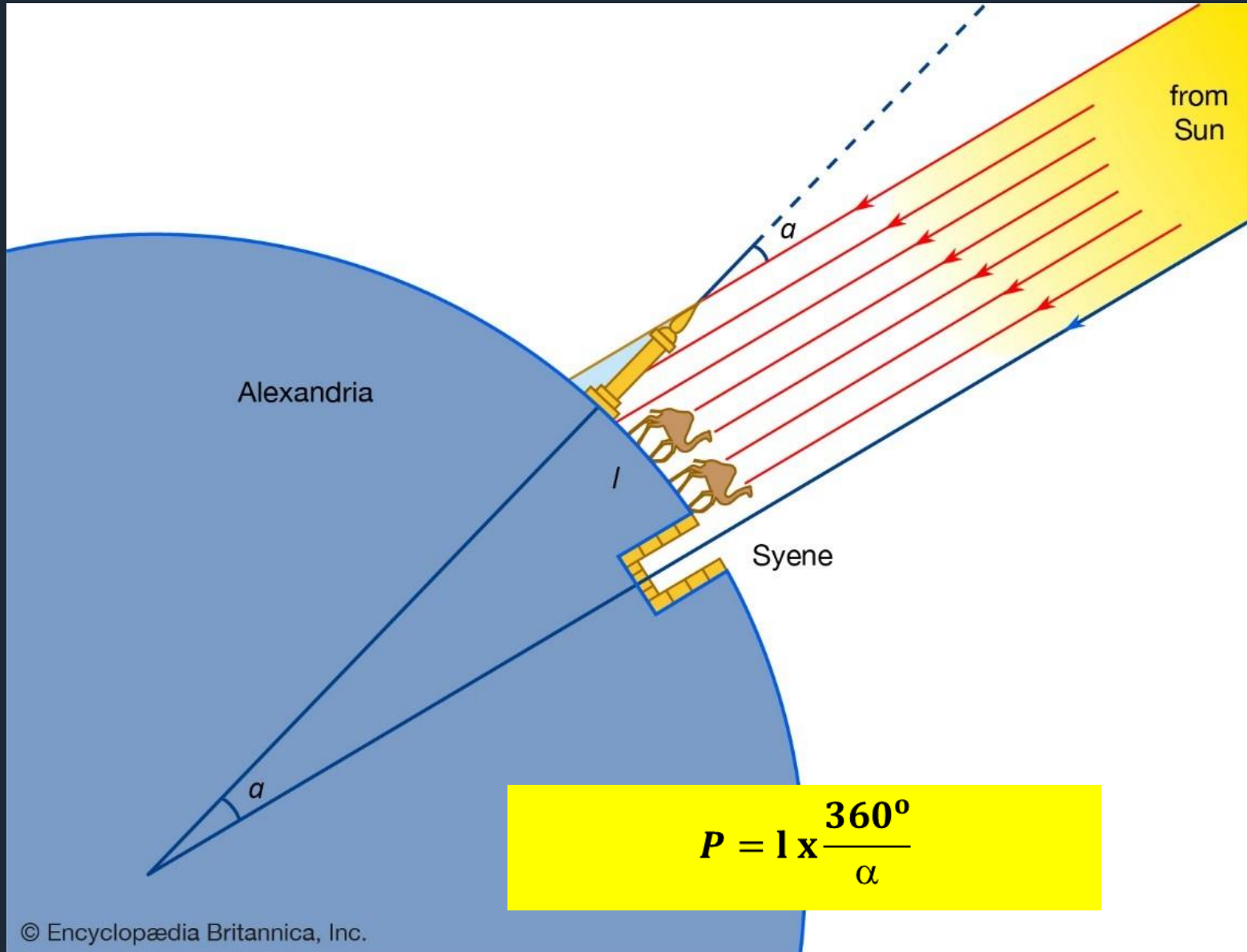
PRECEDENTS

FITXA TÈCNICA DEL PERSONATJE

Nom	Eratòstenes	
Naixement	276 aC Cirene(Llívia)	
Mort	194 aC Alexandria	
Professió	Astrònom Poeta Filòsof Historiador	Geògraf Crític teatral Matemàtic
	Tercer director de la biblioteca d'Alexandria	



Experiment d'Eratòstenes. Solstici d'estiu



OBJECTIUS

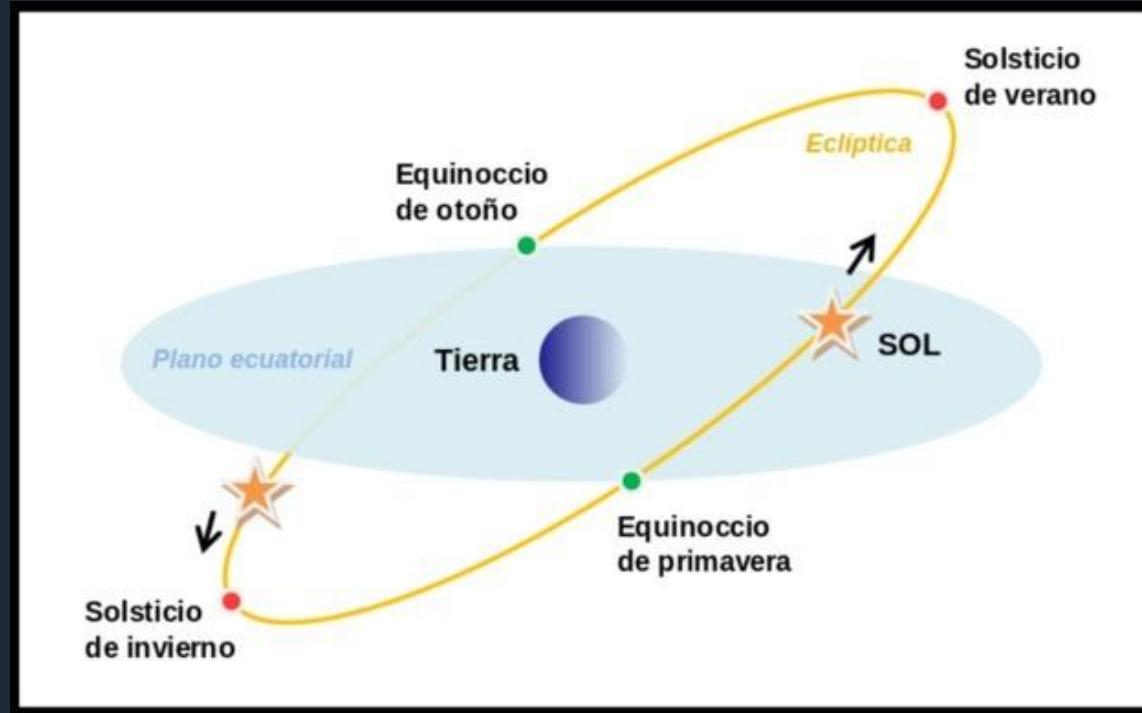
1. Descriure com Eratòstenes va fer una estimació del perímetre de la Terra en l'època antiga.
2. Estudiar l'evolució de l'ombra d'un gnòmon el dia de l'equinocci de tardor.
3. Conèixer les diferents maneres de determinar quan és el migdia solar a Lleida.
4. Observar, amb el model de "La Terra Paral·lela", la direcció de l'ombra d'un gnòmon situat al meridià local i a l'equador, al migdia.
5. Mesurar l'angle d'incidència dels raigs de Sol al migdia solar, a l'equinocci de tardor
6. Adaptar a l'equinocci de tardor, el mètode seguit per Eratòstenes per determinar el perímetre la Terra.
7. Determinar experimentalment la latitud de Lleida.
8. Calcular la declinació del Sol a l'equinocci

Equinocci de tardor

22/09/2021



Declinació del Sol a l'equinocci de tardor

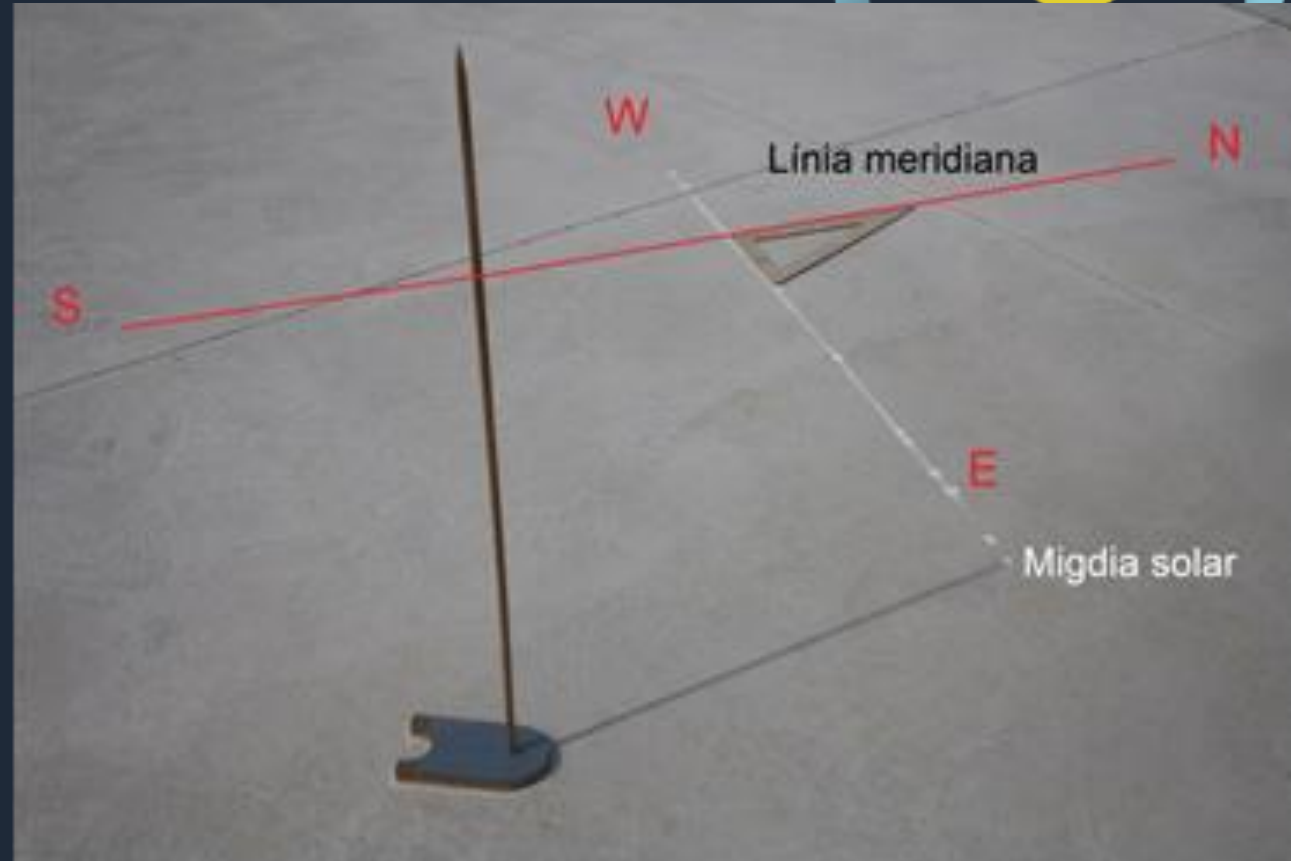


El moviment aparent del Sol sobre l'esfera celeste en un any descriu un cercle màxim que intercepta el pla de l'eclíptica (equador celeste) en dos punts, que marquen els equinoccis de primavera i de tardor.

Als equinoccis la declinació (δ) és zero.

MIGDIA SOLAR

- La línia blanca s'obté unint els punts dels extrems de l'ombra que indica la direcció Est-Oest.
- La línia vermella indica la direcció Nord-Sud (meridiana).
- El moment en què la longitud de l'ombra és mínima es correspon amb el migdia. La direcció de l'ombra en aquest moment també ens dona la direcció de la meridiana.





Les ombres segueixen la direcció de la línia meridiana (fletxa blanca a terra)





Posta de Sol en l'equinocci de primavera



El Sol surt per l'est i es pon per l'oest.

Foto de l'Avinguda Paral·lel a Barcelona en
l'equinocci de primavera.

Els raigs de Sol segueixen la direcció del carrer

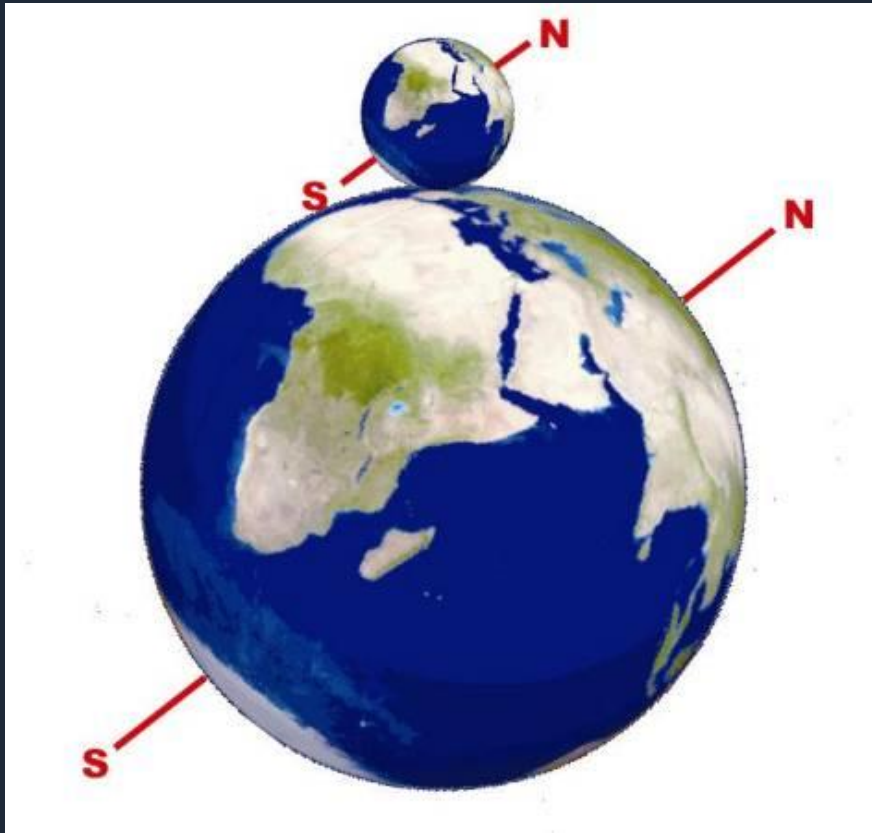
Date and Time ✕

Date and Time				Julian Day					
2021	-	9	-	22	12	:	52	:	12

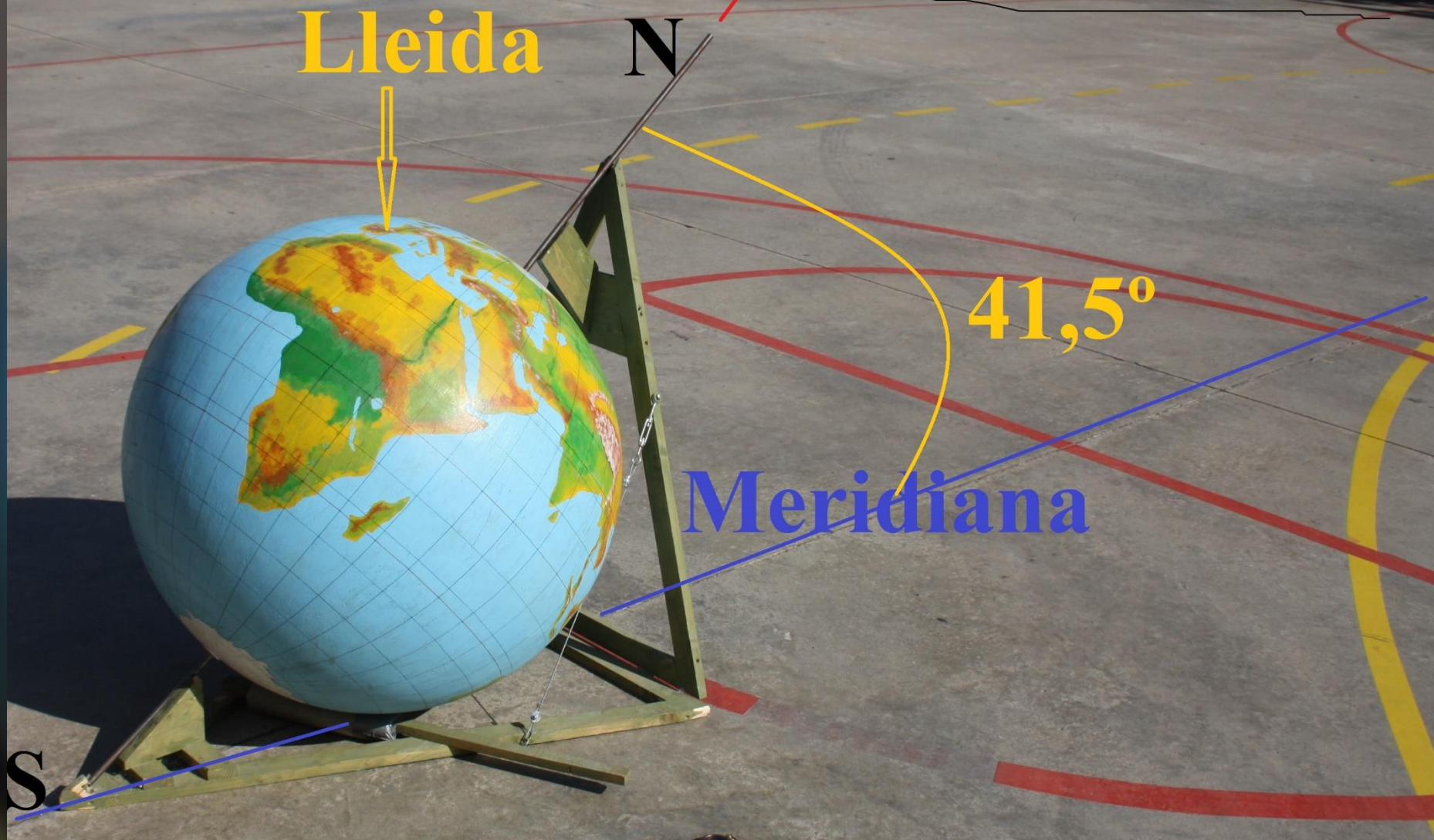


L'ombra de l'estilet arriba fins la línia zodiacal central a l'equinocci

MODEL “TERRA PARALLELA”



Cap a l'estrella polar

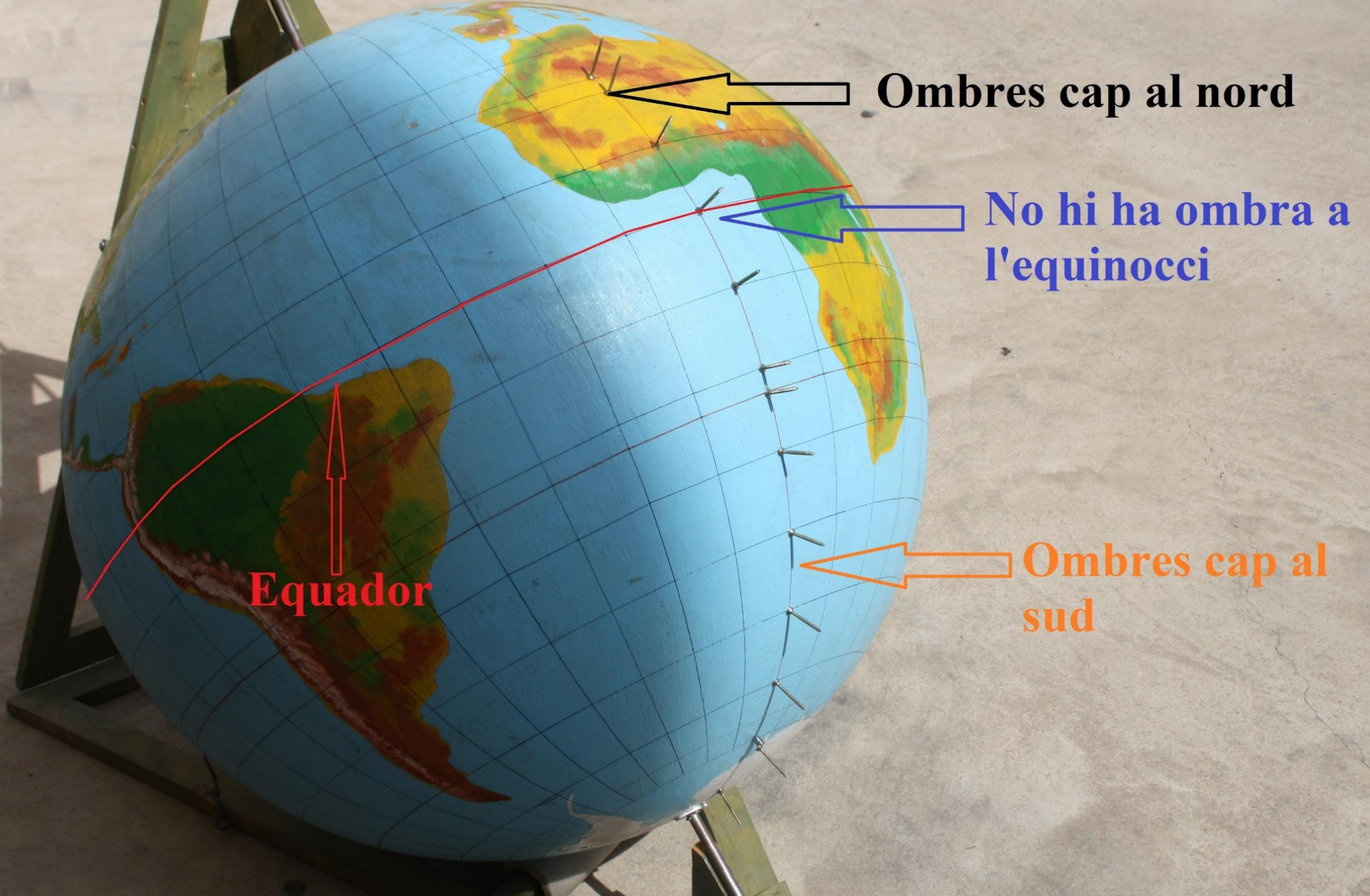


Model de la "Terra paral·lela" en estació





A l'equinocci, la línia que separa dia i nit coincideix amb un meridià



Ombres cap al nord

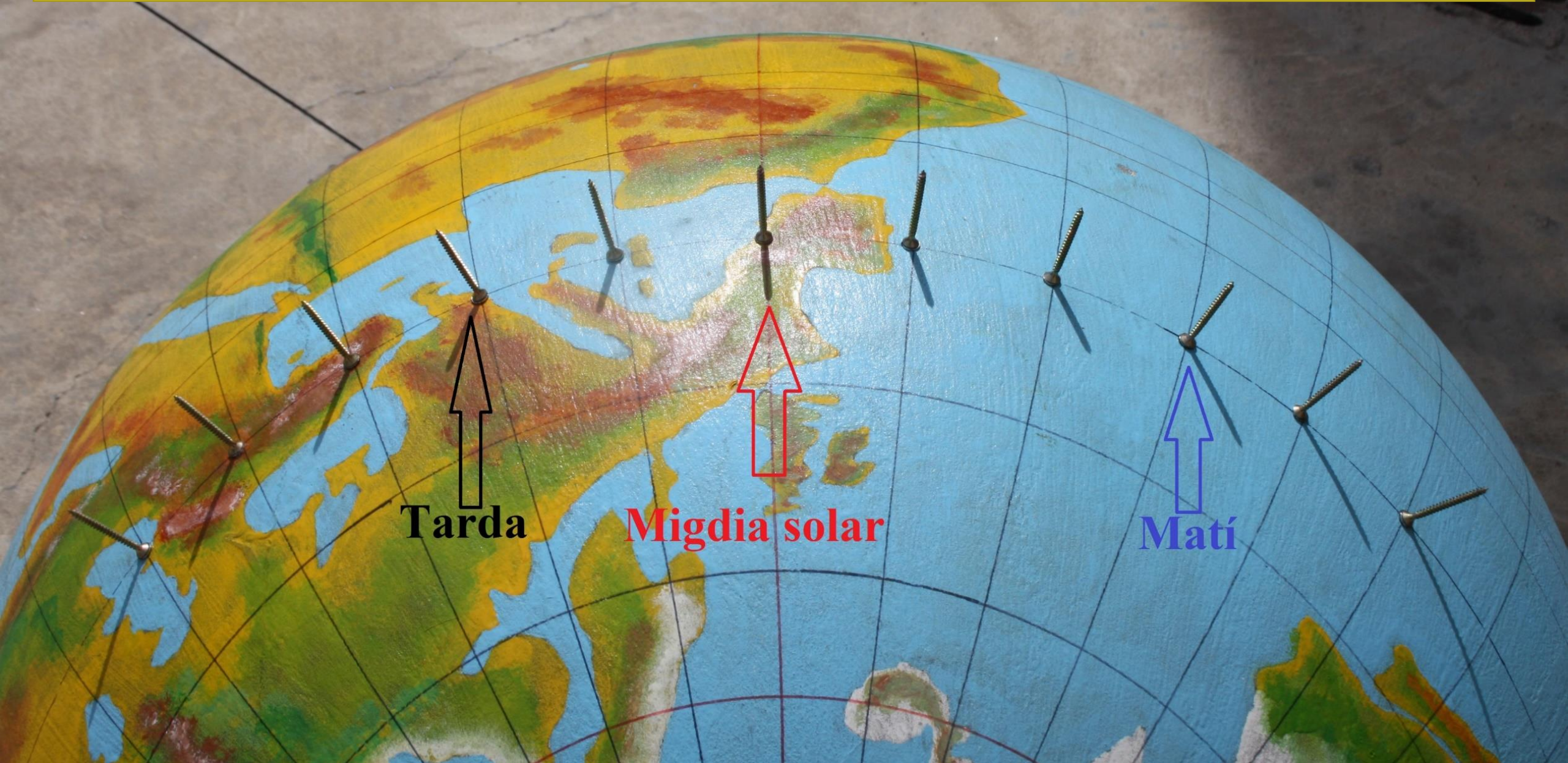
No hi ha ombra a l'equinocci

Ombres cap al sud

Equador

Direcció de les ombres dels gnòmons en diferents moments del dia

Pel matí l'ombra apunta cap a l'Oest, al migdia al Nord i per la tarde al Est



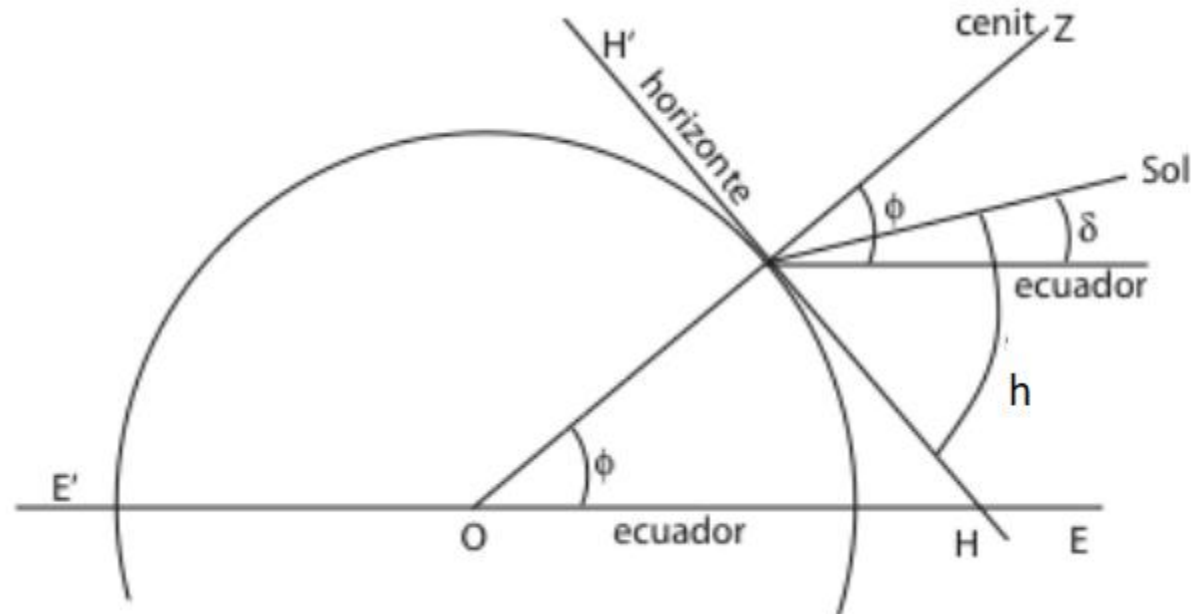


Al mediodía del Equinoccio, un gnómon **no proyecta sombra al ecuador**

A l'equinocci, les ombres dels gnòmons segueixen la direcció de l'equador al desplaçar-se el Sol per l'equador celeste.



Relació entre la **latitud** d'un lloc i la **altura màxima** del Sol sobre l'horizó en aquest lloc



Ederlinda Viñuales. Network for astronomy school education. Disponible en <<http://sac.csic.es/>>

Altura del Sol (h**) - Declinació del Sol (**δ**) + Latitud (**φ**) = 90°**

OMBRES EN UN MERIDIÀ EL MIGDIA A L'EQUINOCCI DE TARDOR



- Segueixen la direcció del meridià local.
- A l'equador el gnòmon no projecta cap ombra perquè la llum incideix sobre la Terra amb un angle de 0° .
- L'altura del Sol a l'equador és $90^\circ \rightarrow \text{Altura del Sol (h)} = 90 - \text{Latitud } (\phi) + \text{declinació del Sol } (\delta)$
- La línia que separa el dia i la nit és un meridià.

Experiment d'Erastòstenes. Equinocci de tardor

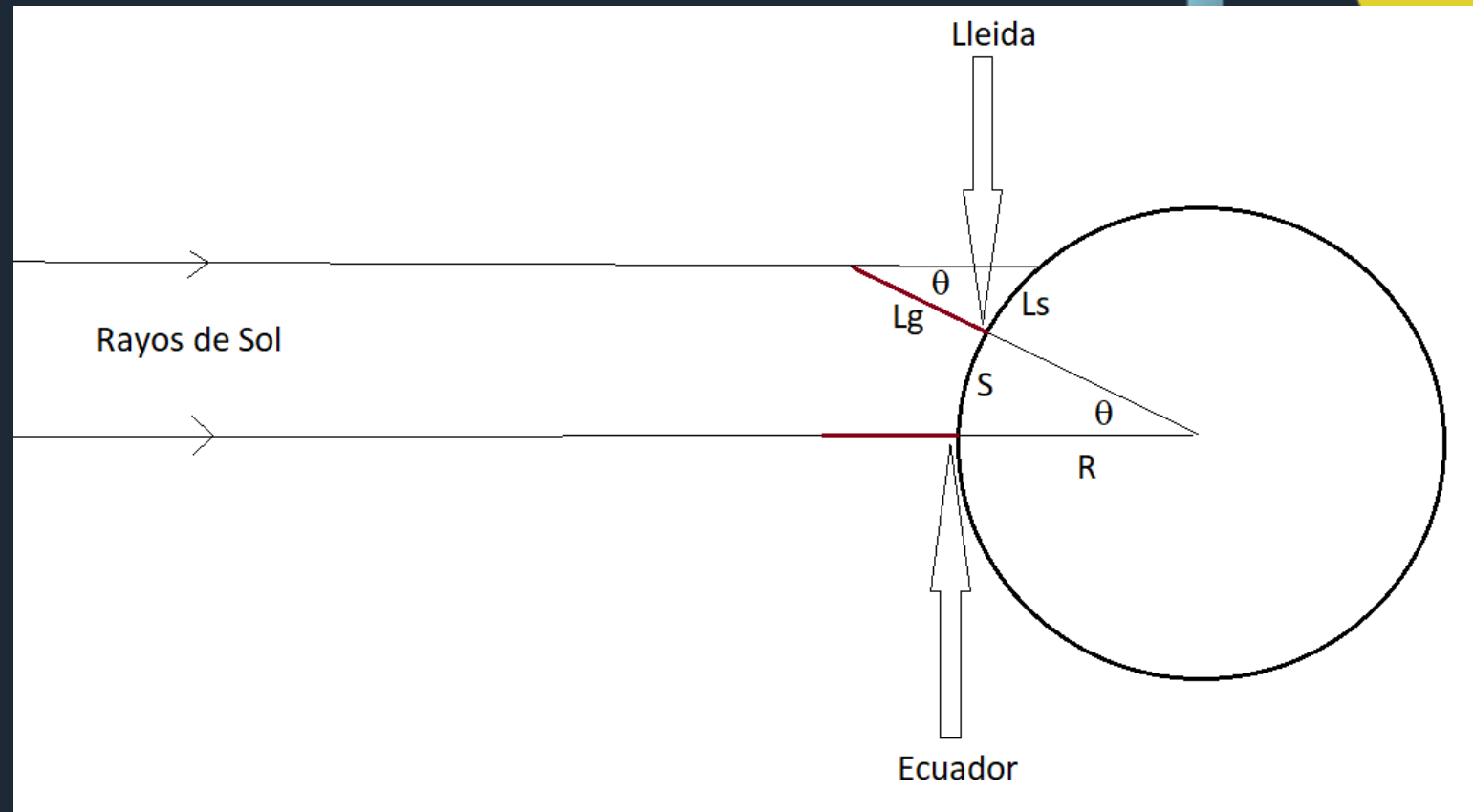
R = radi de la Terra

θ = latitud de Lleida

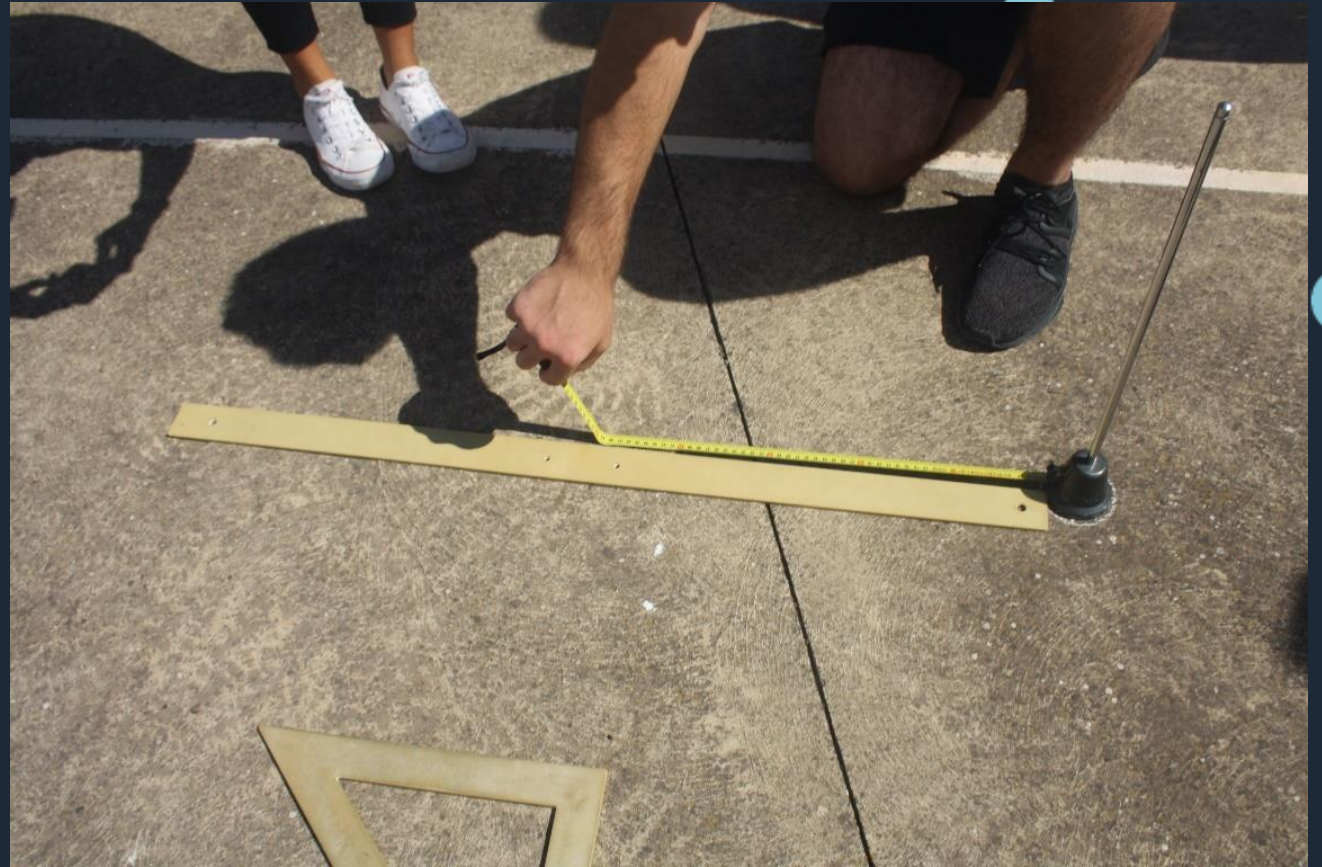
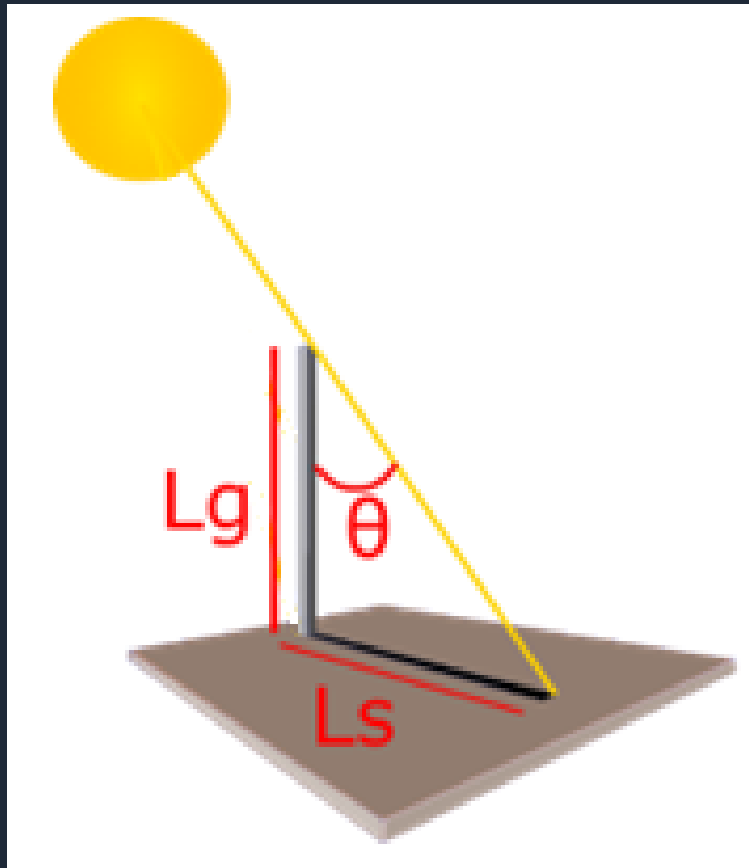
S = distància sobre el meridià de Lleida l'Equador

Lg = longitud del gnòmon

Ls = Longitud de la ombra del gnòmon



$$R = \frac{S \times 360}{2\pi\theta}$$



$$\tan \theta = \frac{Ls}{Lg} \rightarrow \theta = \arctan\left(\frac{Ls}{Lg}\right) (^{\circ})$$

Resultats



- Dades

$$L_g = 50,0 \text{ cm}$$

$$L_s = 44,0 \text{ cm}$$

$$S = 4627,29 \text{ km (distància a l'equador)}$$

- Càlculs

$$\tan \theta = \frac{44.0}{50.0} = 0.880 \rightarrow \theta = \arctan(0.880) = 41.3^\circ$$

$$R = \frac{S \times 360}{2\pi \times \theta} = \frac{4627 \times 360}{2\pi \times 41.3} = 6419 \text{ km} = 6,42 \times 10^3 \text{ km}$$

- Errors

$$E_a = |6419 - 6371| = 48 \text{ km}$$

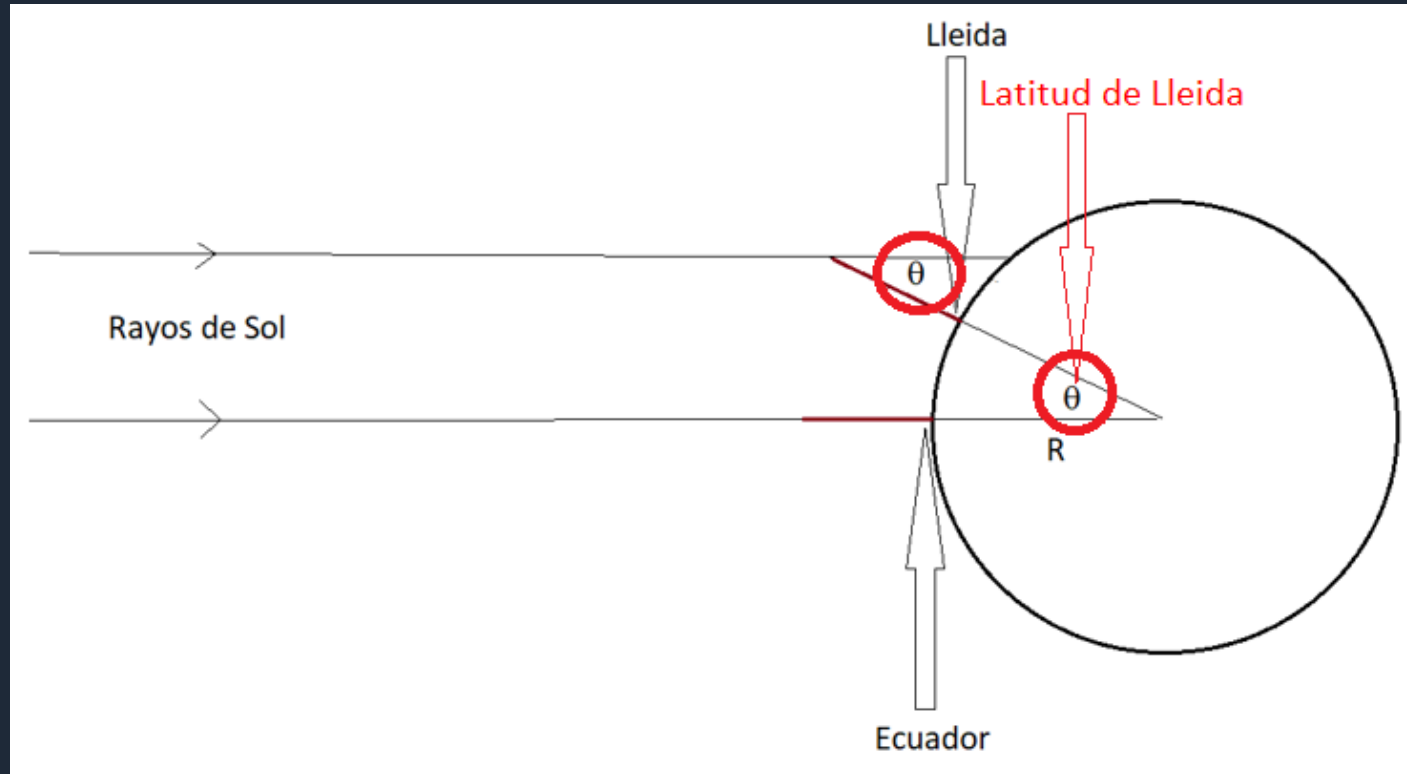
$$E_r = \frac{48}{6371} \times 100 \approx 0.75\%$$

Tierra / Radio

6.371 km



LATITUD DE LLEIDA

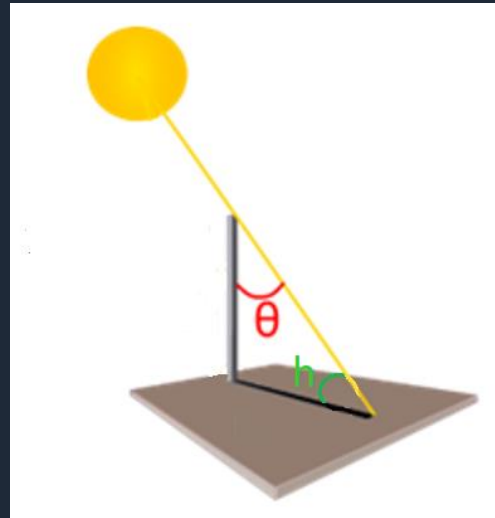


La latitud de Lleida θ coincideix amb l'angle d'incidència θ de la radiació solar al migdia de l'equinocci. $\theta = 41.3^\circ$

Latitud real = 41.6° . Error relatiu del 0.7 %



Altura del Sol el dia de l'equinocci



$$h = 90 - \theta = 90 - 41,3 = 48,7^{\circ}$$

$$Er = \frac{|48,7 - 48,5|}{48,5} \times 100 = 0,4\%$$

Sun
Az. Alt. +180.7835°, +48.5147° (apparent)

Date and Time							Julian Day		
Date and Time							Julian Day		
2021	-	9	-	22	12	:	52	:	12

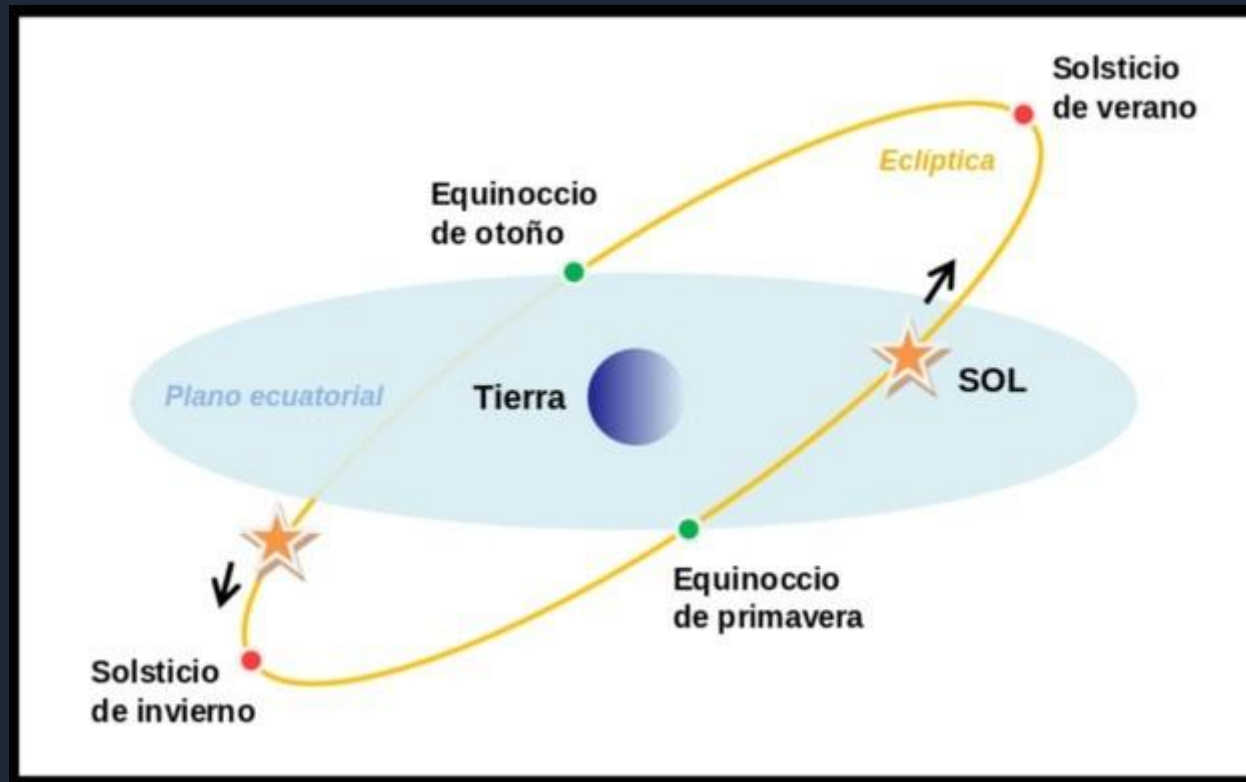
Meridia

A screenshot of a software interface. At the top, it says "Sun" and "Az. Alt. +180.7835°, +48.5147° (apparent)". Below this is a "Date and Time" selection window with a close button (X). The window has two tabs: "Date and Time" and "Julian Day". The "Date and Time" tab is active, showing the date "2021 - 9 - 22". The "Julian Day" tab shows "12 : 52 : 12". To the right of the window is a bright sun icon with rays, and a vertical line labeled "Meridia" is visible.

Declinació del Sol a l'equinocci de tardor

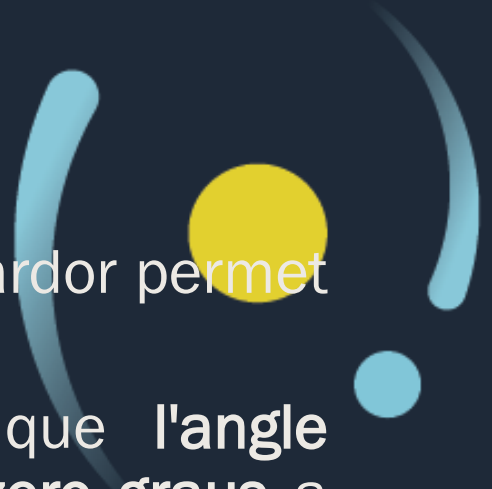
Declinació del Sol (δ) = $90 - \text{altura màx (h)} - \text{latitud } (\phi)$

$$\delta = 90 - h - \phi = 90 - 48.7 - 41.6 = -0.3^\circ$$



CONCLUSIONS

1. L'estudi de l'evolució de l'ombra d'un gnòmon a l'equinocci de tardor permet determinar el **migdia** i traçar la línia **meridiana**
2. El model de "Terra paral·lela" ens ha permès observar que l'**angle d'incidència** de la radiació solar al migdia a l'equador és de **zero graus** a l'equinocci
3. S'ha adaptat el mètode que va seguir Eratòstenes per estimar la mida de la Terra. Els mesuraments s'han realitzat a l'equinocci de tardor, en comptes del solstici d'estiu. El resultat del radi de la Terra ha estat de **$6,42 \times 10^3$ km**, amb un error de l' **1%**
4. La **latitud** de Lleida (θ) coincideix amb l'**angle de la radiació solar** al migdia de l'equinocci. **$\theta = 41,3^\circ$** . Error relatiu **1 %**
5. S'ha pogut calcular la **declinació del Sol** a l'equinocci de tardor. El seu valor és de **$-0,3^\circ$** . Valor real **0°**



Divulgant el projecte



Ciencia en Accion – Viladecans - 07/11 /22



Setmana de la Ciència
Institut Guindàvols - 23/11/22