



Utilitzant el mètode D'ERATÒSTENES el dia de L'EQUINOCCI DE TARDOR

Alumnat: Gemma Cugota, Ivet Güell i Paula Gómez

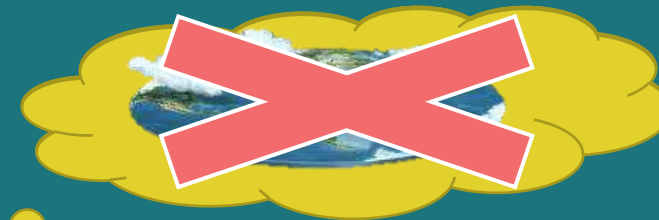
Professorat: Anicet Cosials i Rosa Borrell

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.

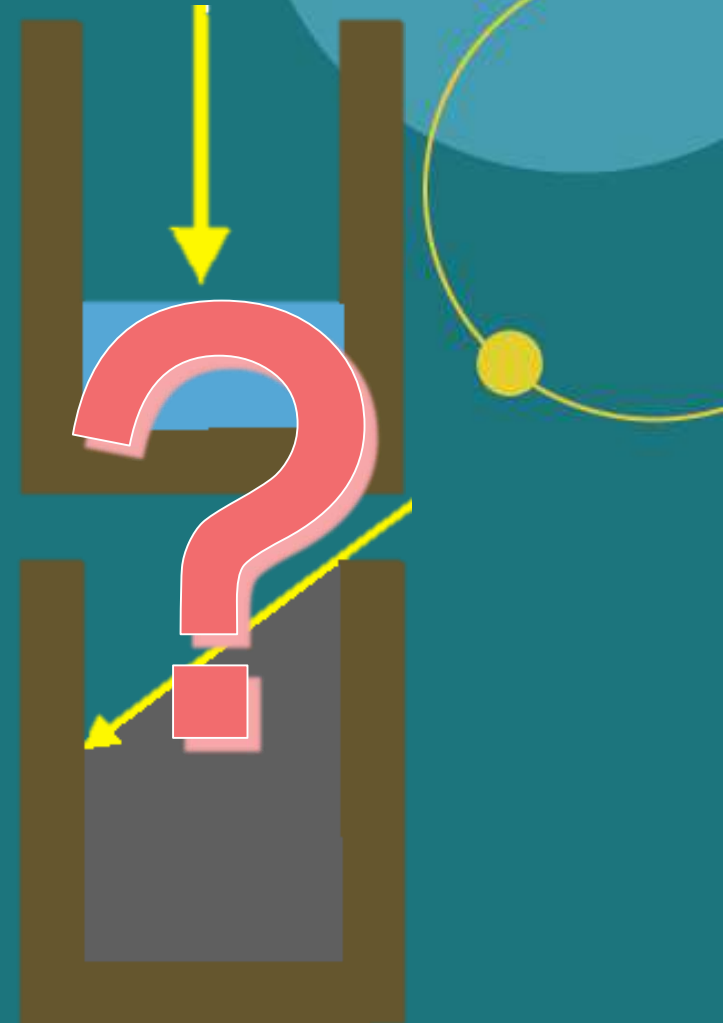
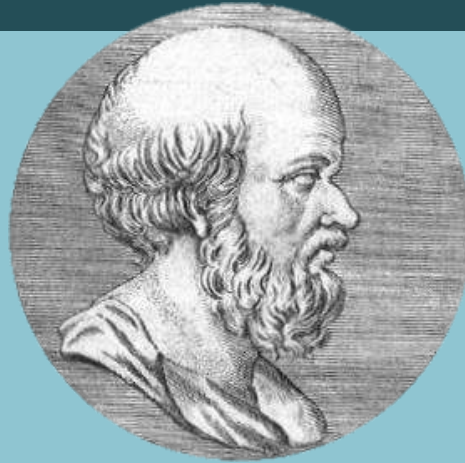


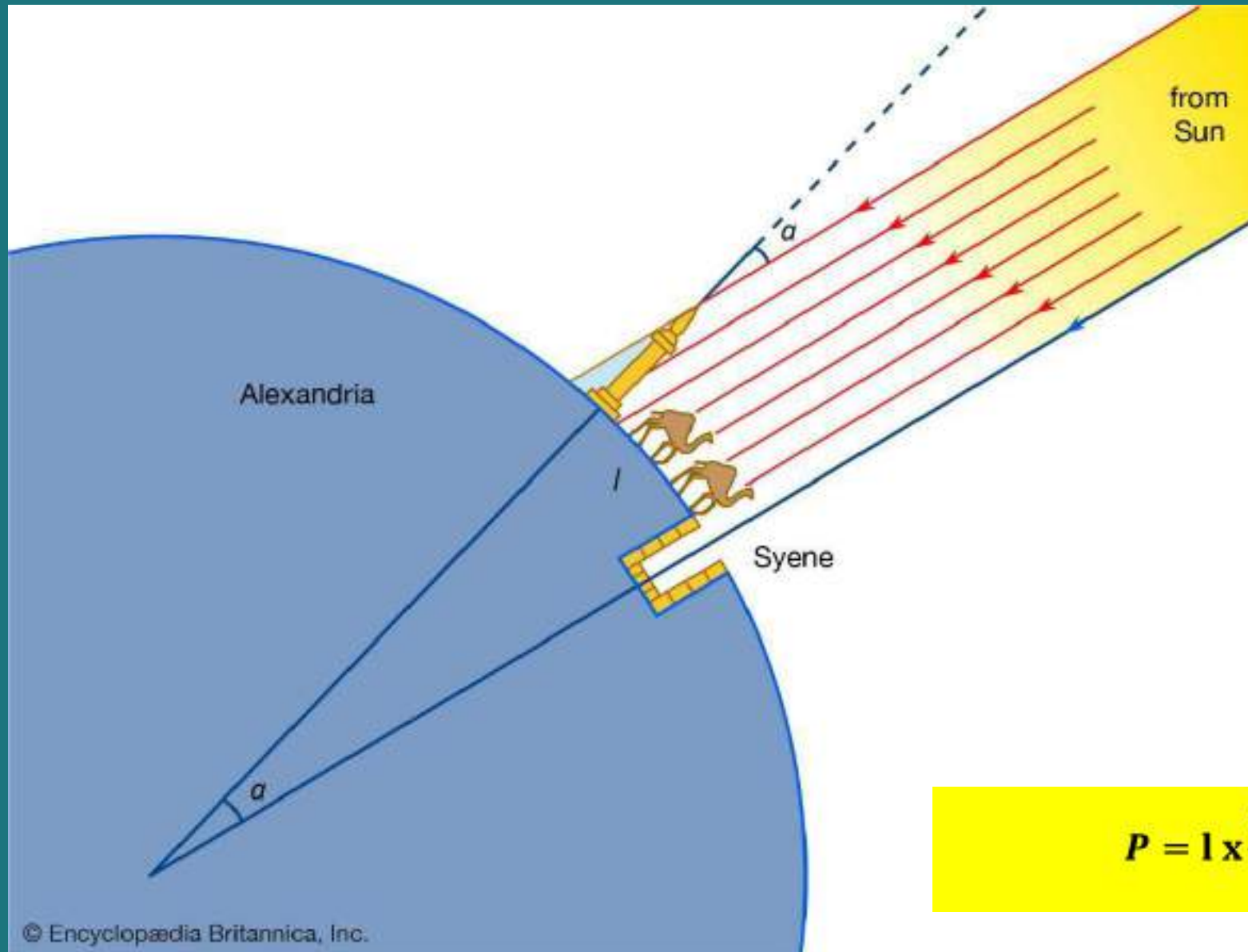
En l'època antiga, quan es creia que la Terra era plana.

PRECEDENTS

FITXA TÈCNICA DEL PERSONATJE

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

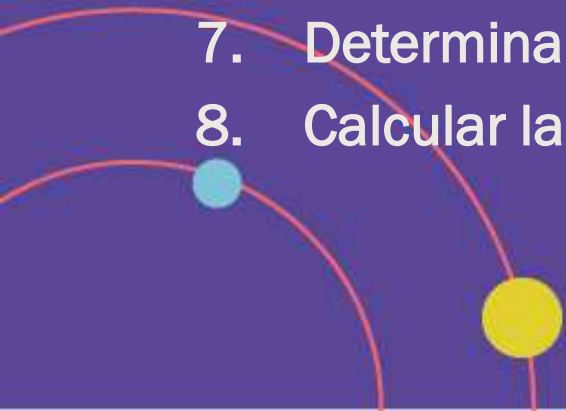




$$P = l \times \frac{360^\circ}{\alpha}$$

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 Paralela", 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

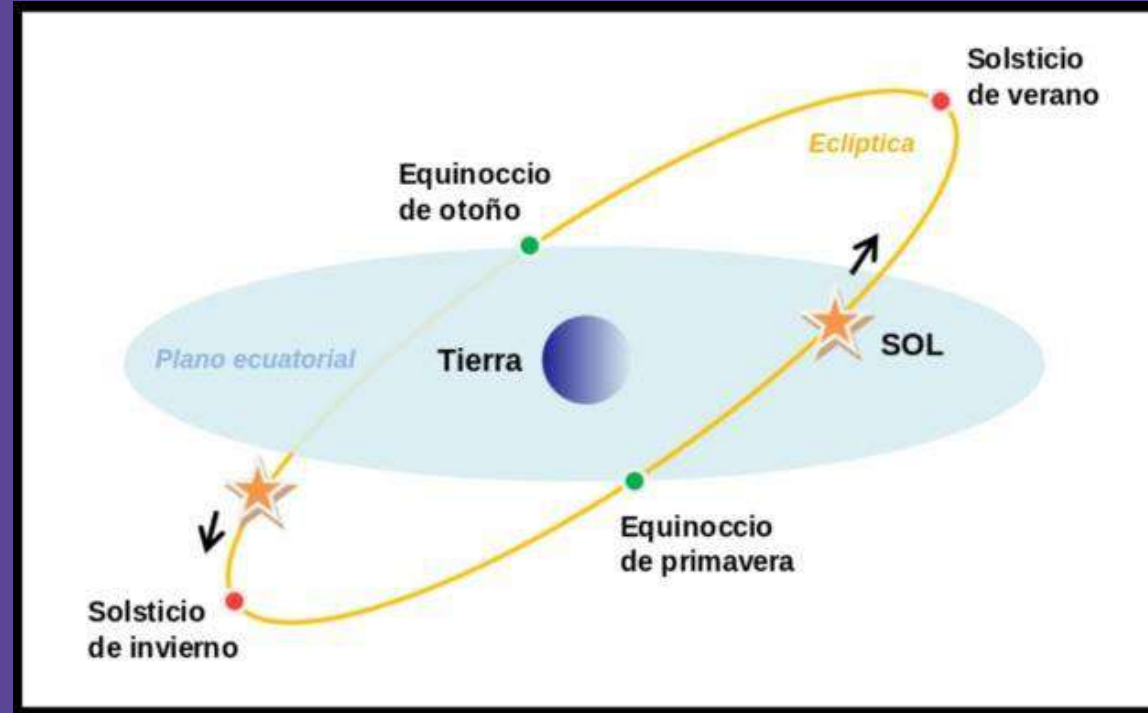


Equinocci de tardor

22/09/2021



DECLINACIÓ DEL SOL A LA TARDOR

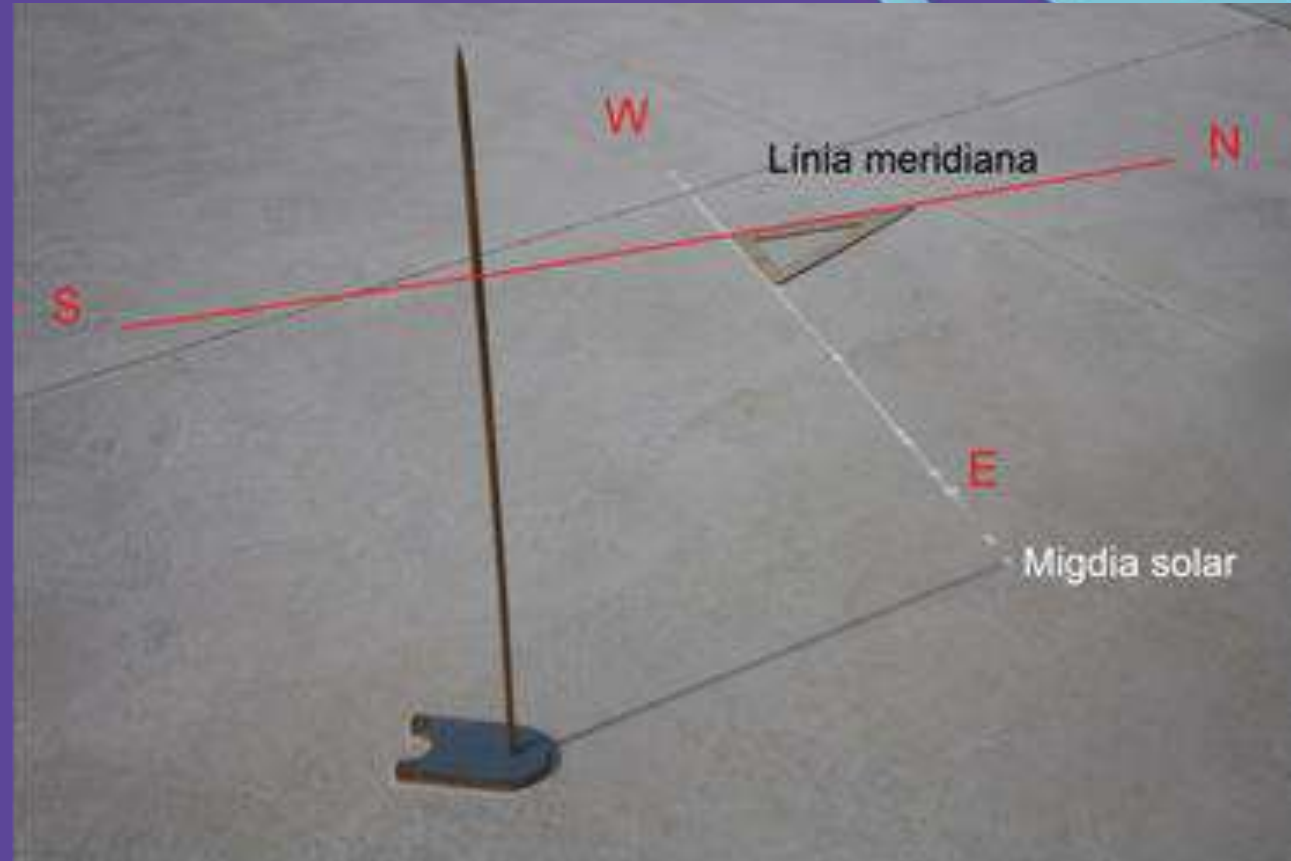


El moviment aparent del Sol sobre l'esfera celeste en un any descriu un cercle màxim que intercepta el pla de l'eclíptica (equador celeste) en dos punts, que marquen els equinoccis de primavera i de tardor.

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.

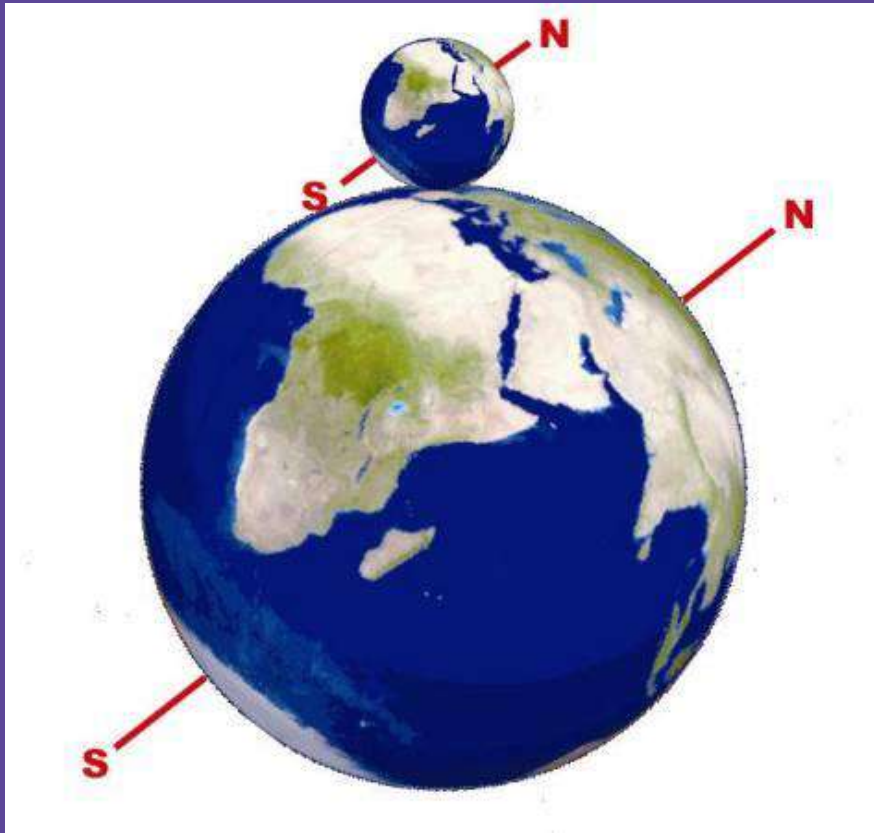
Foto de l'Avinguda Paral·lel a Barcelona en
l'equinocci de primavera.

Els raigs de Sol segueixen la direcció del carrer

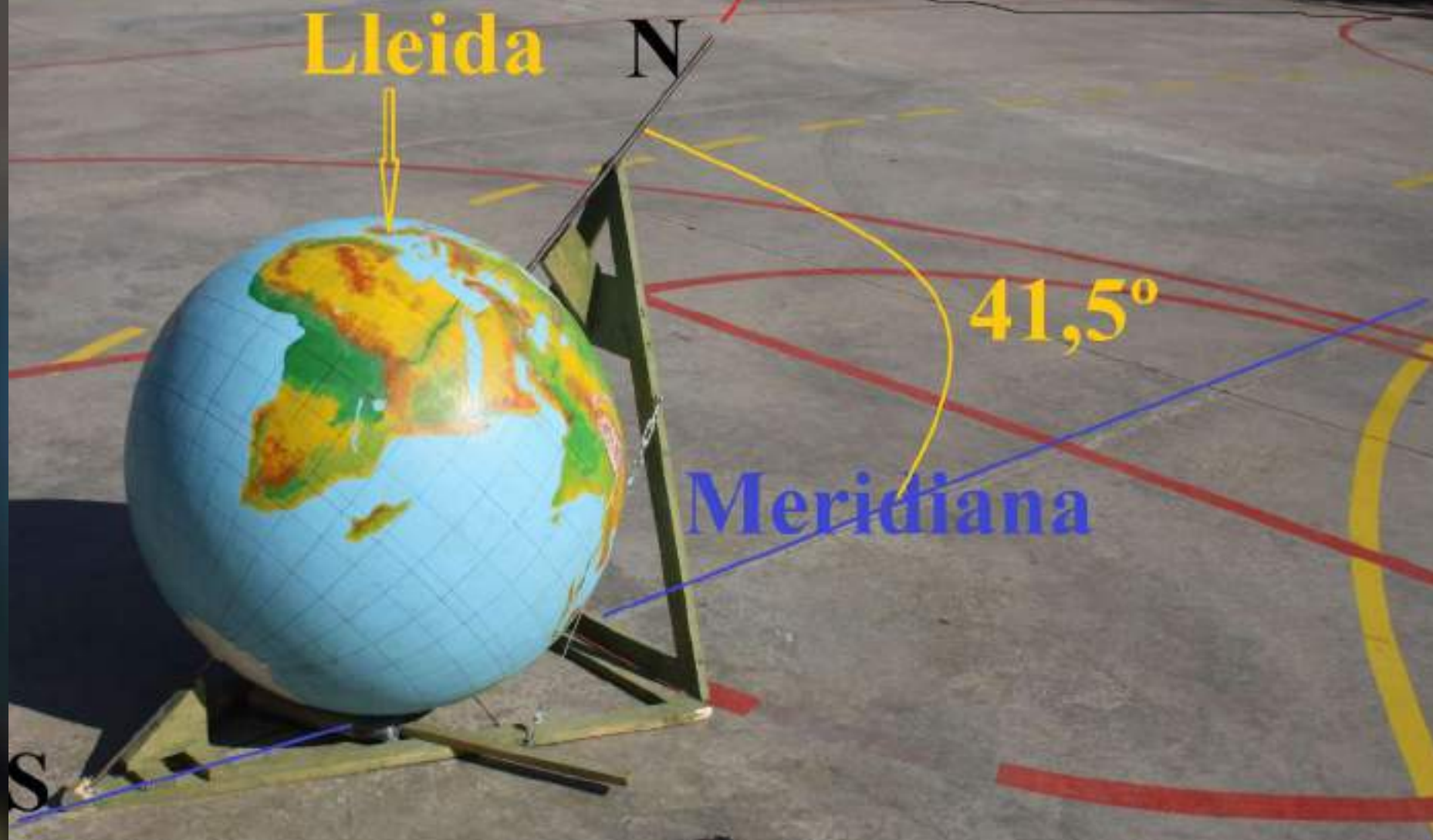


L'ombra de l'estilet arriba fins la línia zodiacal central a l'equinocci

MODEL “TERRA PARAL-LELA”



Cap a l'estrella polar

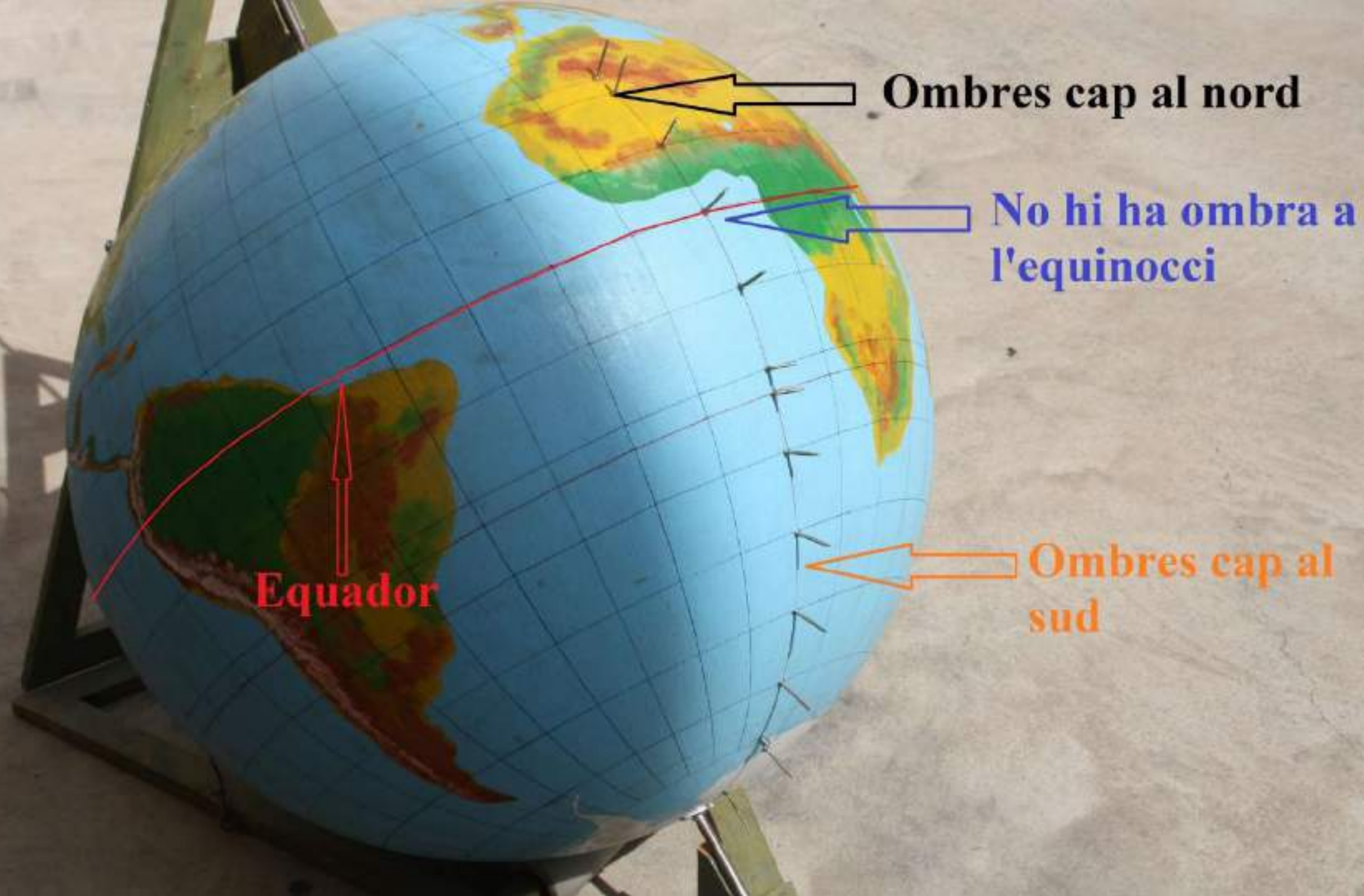


Model de la "Terra paral·lela" en estació





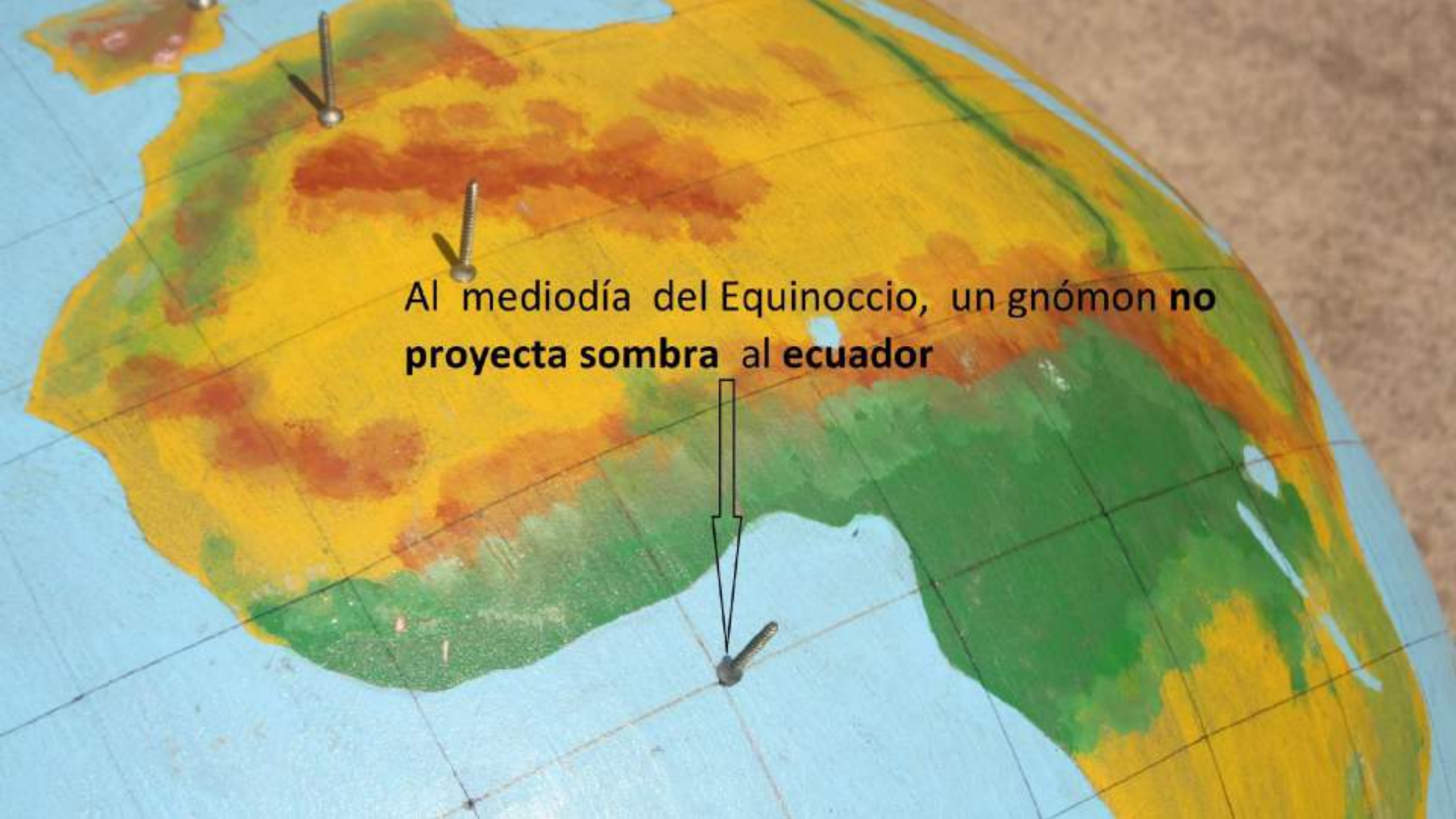
A l'equinocci, la línia que separa dia i nit coincideix amb un meridià



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



- 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 0° .
- L'alçada del Sol 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.

A hand-drawn map of the African continent is pinned to a globe. The map is colored with yellow and orange for the northern regions and green for the southern regions. Three metal pins are used to hold the map in place. A text overlay in Spanish is positioned over the central part of the map. Below the text, a diagram shows a vertical line with an arrow pointing downwards to a small object (representing a gnomon) located on the equator. The globe's grid lines are visible, and the background is a textured brown surface.

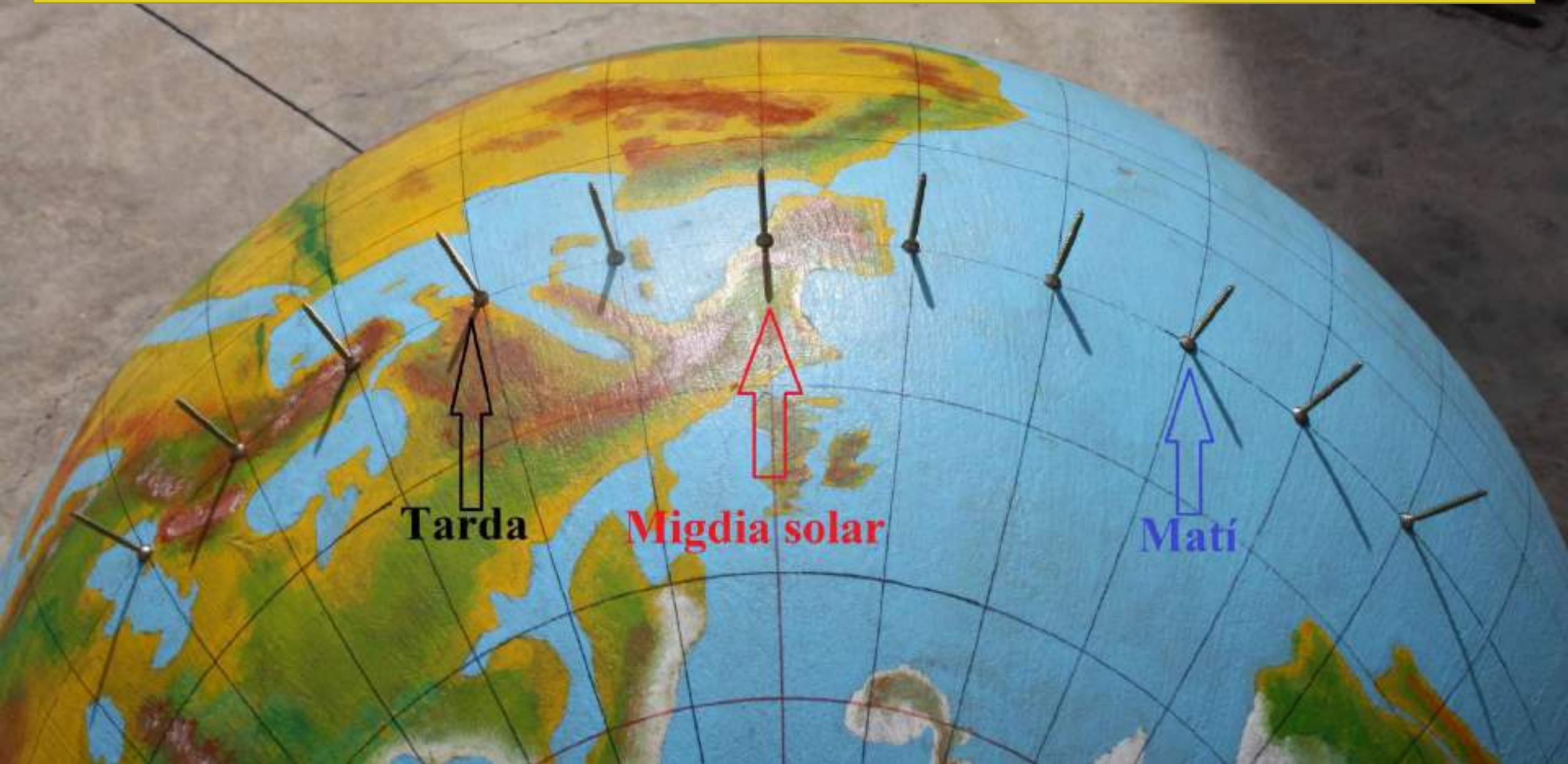
Al mediodía del Equinoccio, un gnómon **no proyecta sombra al ecuador**

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



Direcció de les ombres dels gnòmons en diferents moments del dia

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



DARRERE ERATÒSTENES EL DIA DE L'EQUINOCICI

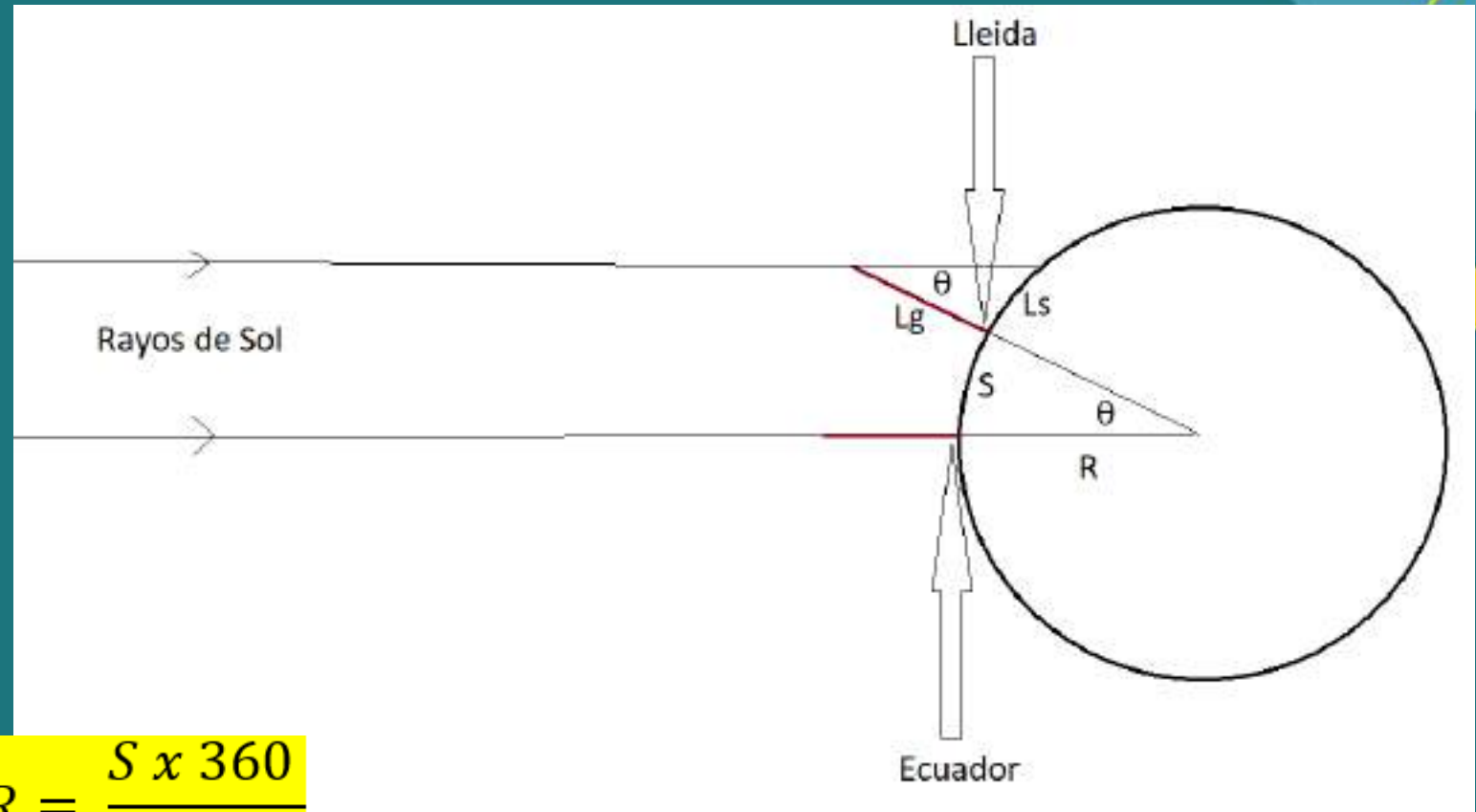
R = radi de la Terra

θ = latitud de Lleida

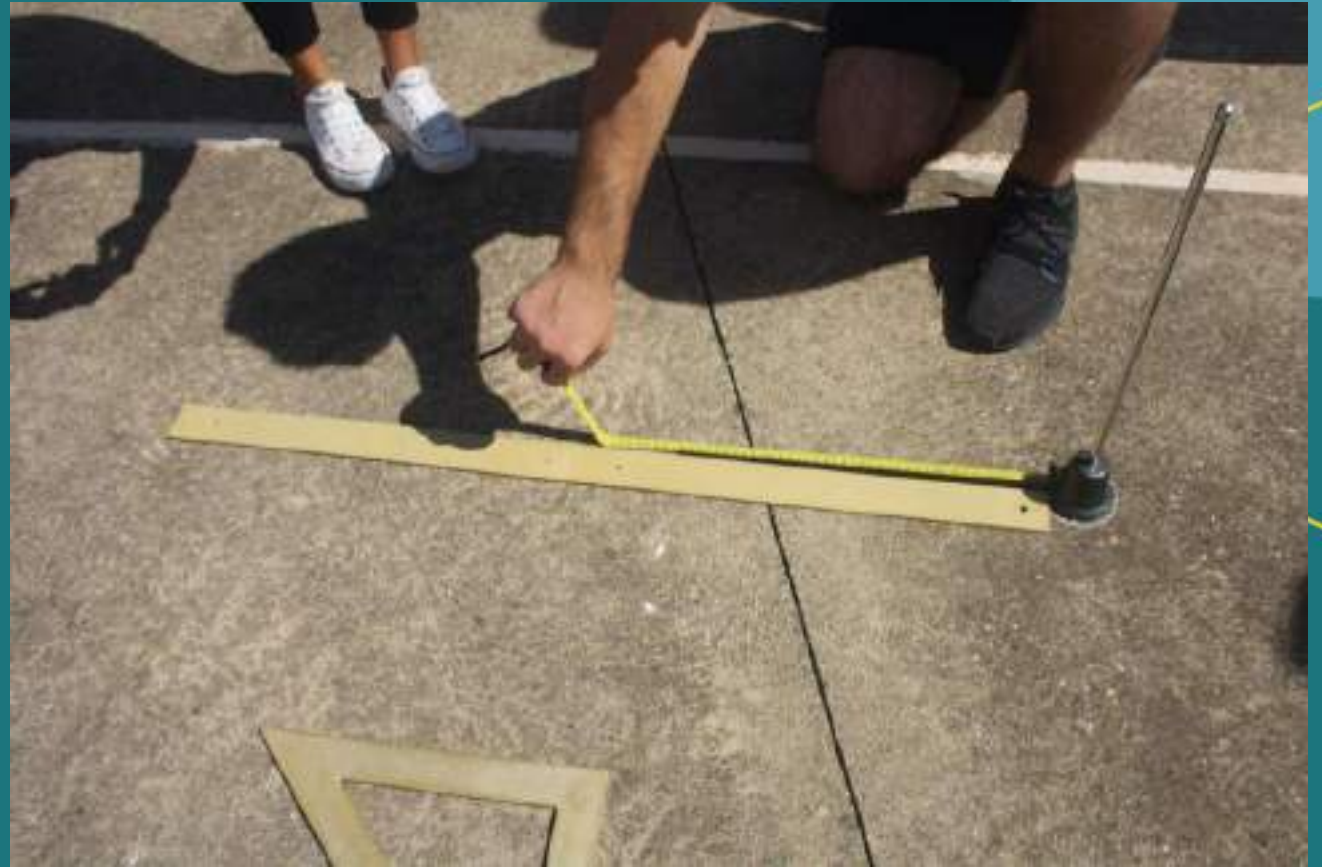
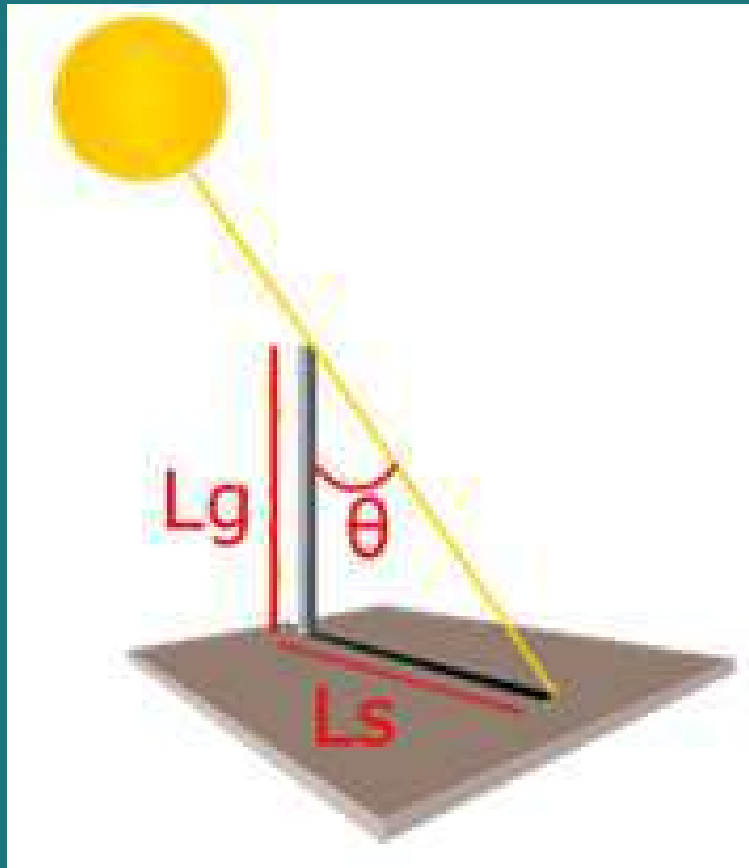
S = distància sobre el meridià de Lleida l'Equador

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

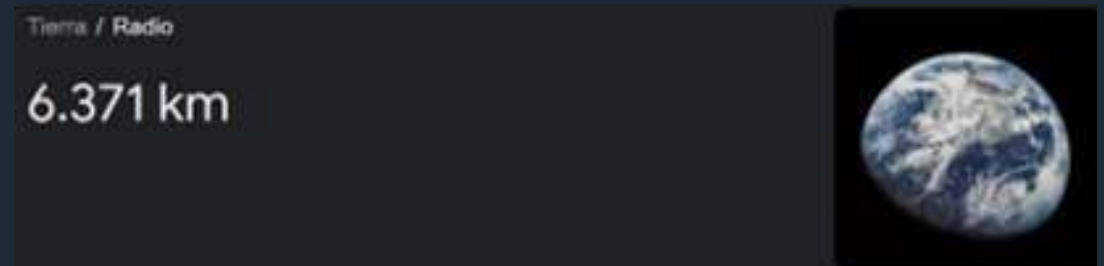
$$\tan \theta = \frac{44.0}{50.0} = 0.880 \rightarrow \theta = \arctan(0.880) = 41.3^\circ$$

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

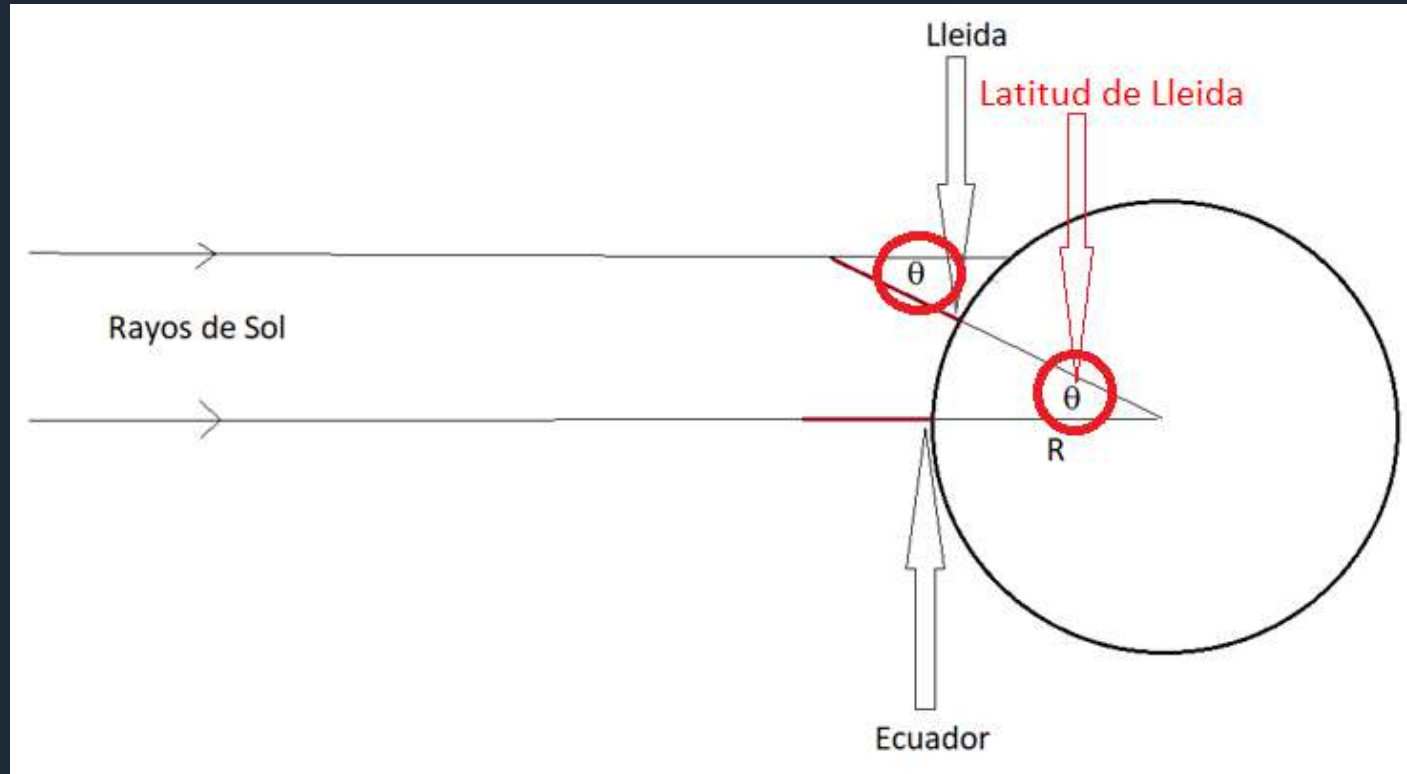
■ ERRORS

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

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



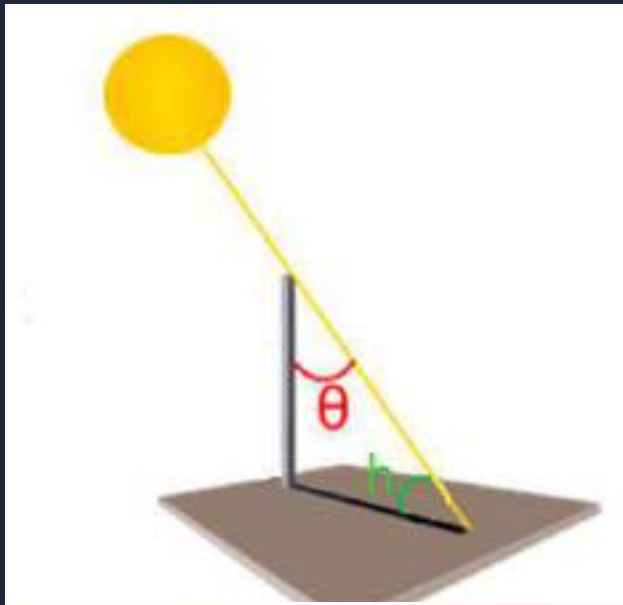
LATITUD DE LLEIDA



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 AL MIGDIA SOLAR 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)

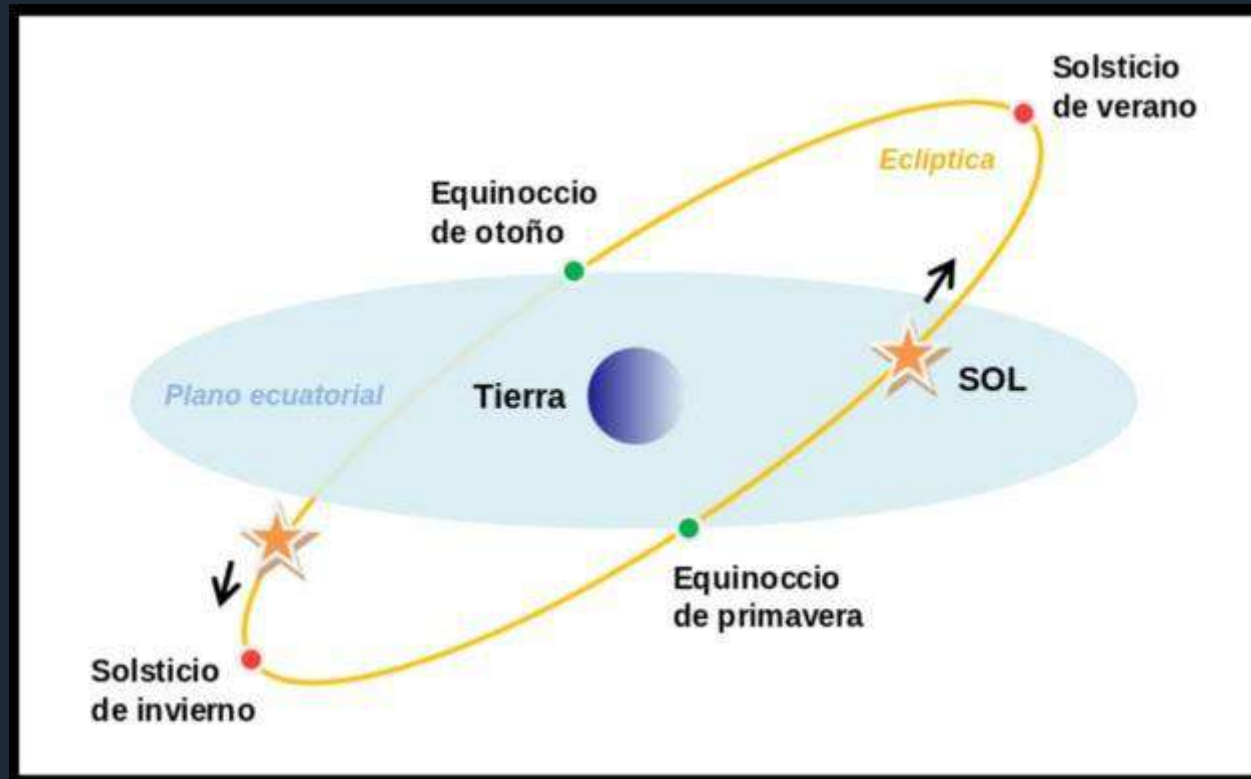
Date and Time											X
Date and Time					Julian Day						
2021	-	9	-	22	12	:	52	:	12		



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°**

A stylized illustration of the Earth in the center, showing continents in a darker teal and oceans in a lighter teal. The Earth is surrounded by three concentric, thin teal lines representing orbital paths. Several small teal circles of varying sizes are placed on these paths, representing planets or moons. The background is a dark navy blue, filled with numerous white stars of different sizes and shapes, some with long, thin trails, suggesting a cosmic or space theme.

Gràcies per la seva atenció