

“Breve” storia del tempo

*Da Stonehenge all'orologio atomico,
passando per meridiane e orologi solari*

di Luca Angeretti

ore 16:00 del 09/05/2024

Conferenze alla Specola
via Zamboni 33, Bologna



SUBSCRIBE

Omino delle Stelle

Uno dei tanti possibili percorsi...

Sarà un'**introduzione** generale
sulla **misura del tempo**
con particolare attenzione all'aspetto
astronomico.

Vedremo come le **contingenze** e le **necessità**,
la **tecnica** e la **natura**, il **sacro** e il **profano**
hanno costruito e modellato il nostro concetto di
tempo.

Lo faremo: in modo **divulgativo**
con tante **immagini** e **disegni**
perlopiù fatti da me

1. Il Tempo del **Cielo** *Sole, Lune e Stelle*
2. Il Tempo della **Quotidianità** *Meridiane e Orologi Solari*
3. Il Tempo della **Società** *Calendari*
4. Il Tempo della **Meccanica** *Longitudine e Fusi Orari*
5. Il Tempo della **Fisica** *Cosmo e particelle*

The background of the entire slide is a dense, intricate pattern of interlocking gears. The gears are rendered in various shades of brown, tan, and sepia, giving them a weathered, antique appearance. They are of different sizes and are arranged in a complex, overlapping fashion, creating a sense of mechanical complexity and movement.

*Pensando al
Tempo...*

Inesorabile

Implacabile

Continuo “movimento”

Evoluzione

Cambiamento



Tutto cambia nel Tempo
*anche il **tempo** stesso!*

Cambia il modo in cui
lo **concepiamo**
e come lo **misuriamo**

*In fisica, non importa cosa
sia il **Tempo** ma come
viene misurato*

Richard Feynman

Summary Lect 26 Linear Systems

A linear system is one for which:

If x is a solution, ax is also a solution.

If x and y are each solutions, $x+y$ is also a solution.

If x_1 is one solution, then x_2 is also a solution.

If x_1 is a response to f_1 , then x_2 is a response to f_2 .

Wave length

Radio broadcast	100-1000 m	100-1000 m
Short wave	1-100 m	1-100 m
Radio	100 m	100 m
Infra red	1000 m	1000 m
Visible	400-700 nm	400-700 nm
U.V.	100-400 nm	100-400 nm
X-ray	0.1-100 nm	0.1-100 nm
Gamma rays	< 0.1 nm	< 0.1 nm

Cosa vuol dire “Misurare” il Tempo



Scegliere lo **strumento**

Scegliere il “**metro**”

Scegliere come **dividere**
e **moltiplicare** il “metro”

Scegliere da dove
iniziare a misurare

Come Misuriamo il Tempo?

Movimenti Astronomici

Acqua e Sabbia

Movimenti rotatori

Oscillazioni

Vibrazioni

Rotazioni pilotate

Carica e Scarica

Con uno **strumento**
che permette il **confronto** tra
ciò che **vogliamo misurare** e
un **fenomeno campione**

Possiamo usare **fenomeni campione**:

ciclici (Sole e Luna)

continui (Candele, Clessidre)

Ciclicità

Fenomeni che si ripetono

Il tempo del Cielo

Di Sole, di Luna e di Stelle



Capitolo 1

L'umanità e il cielo

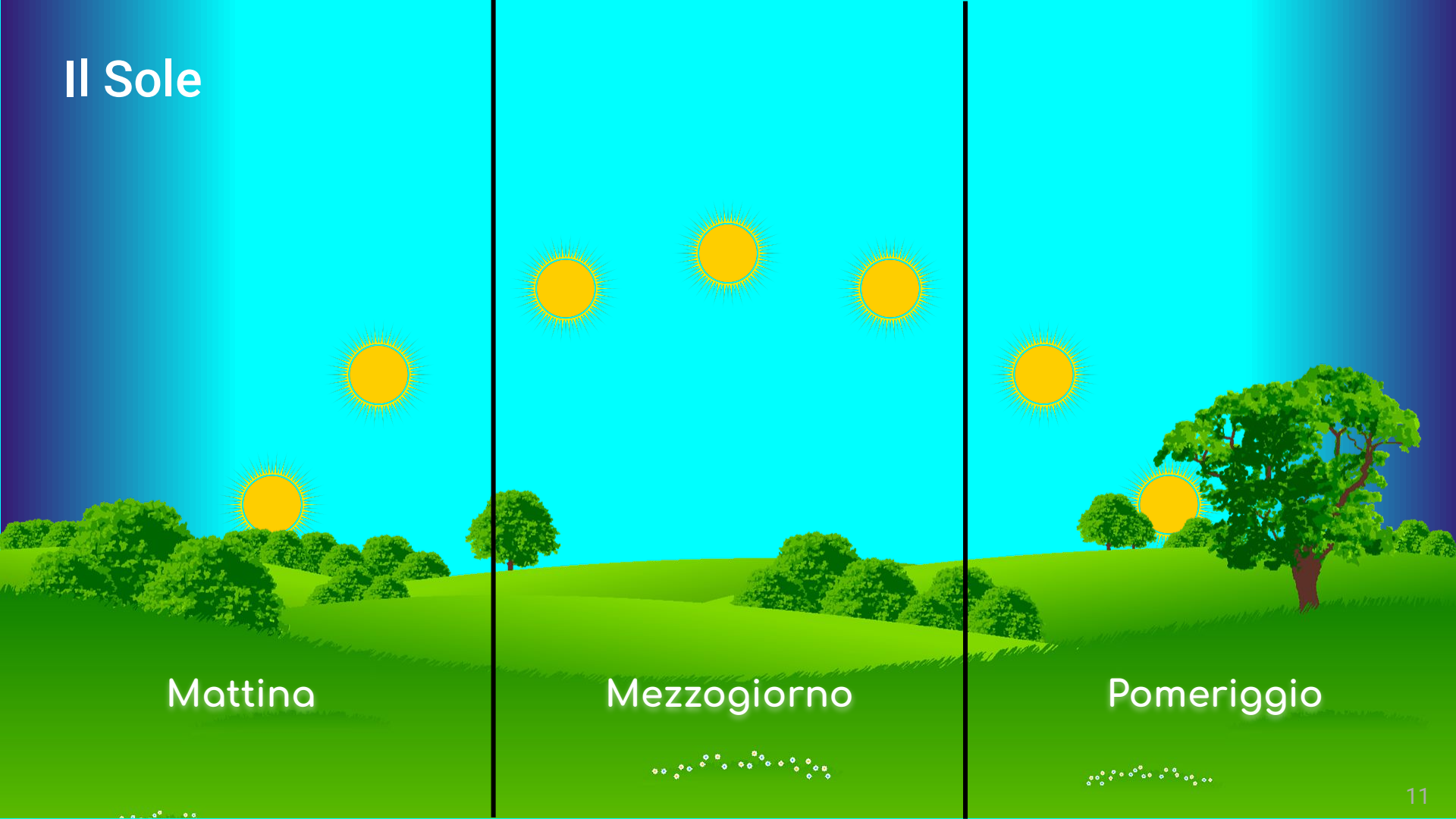
Toro

Pleiodi



Lascaux - Sala dei Tori - 17.500 anni fa

Il Sole



Mattina

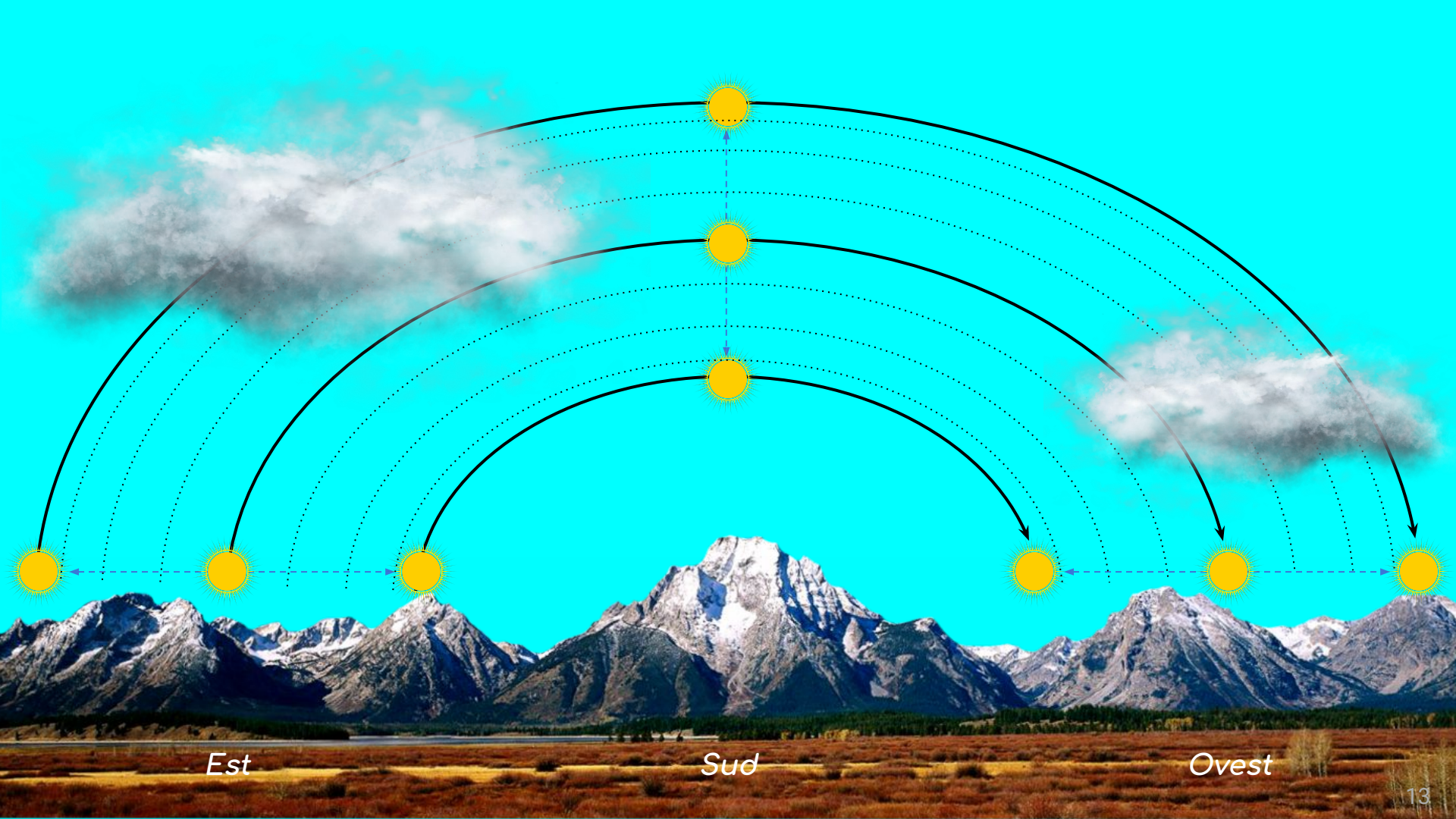
Mezzogiorno

Pomeriggio



Le Stelle

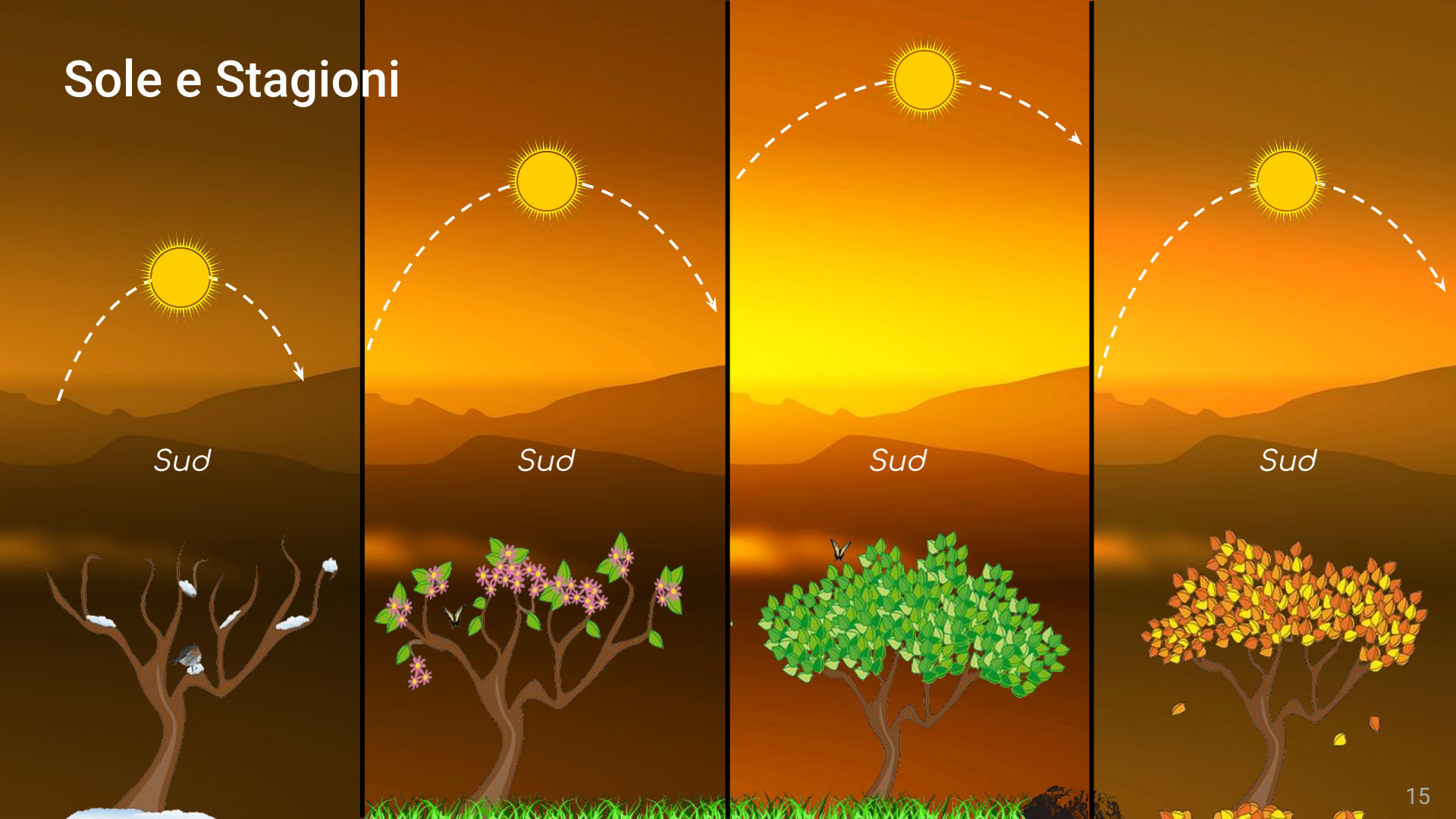




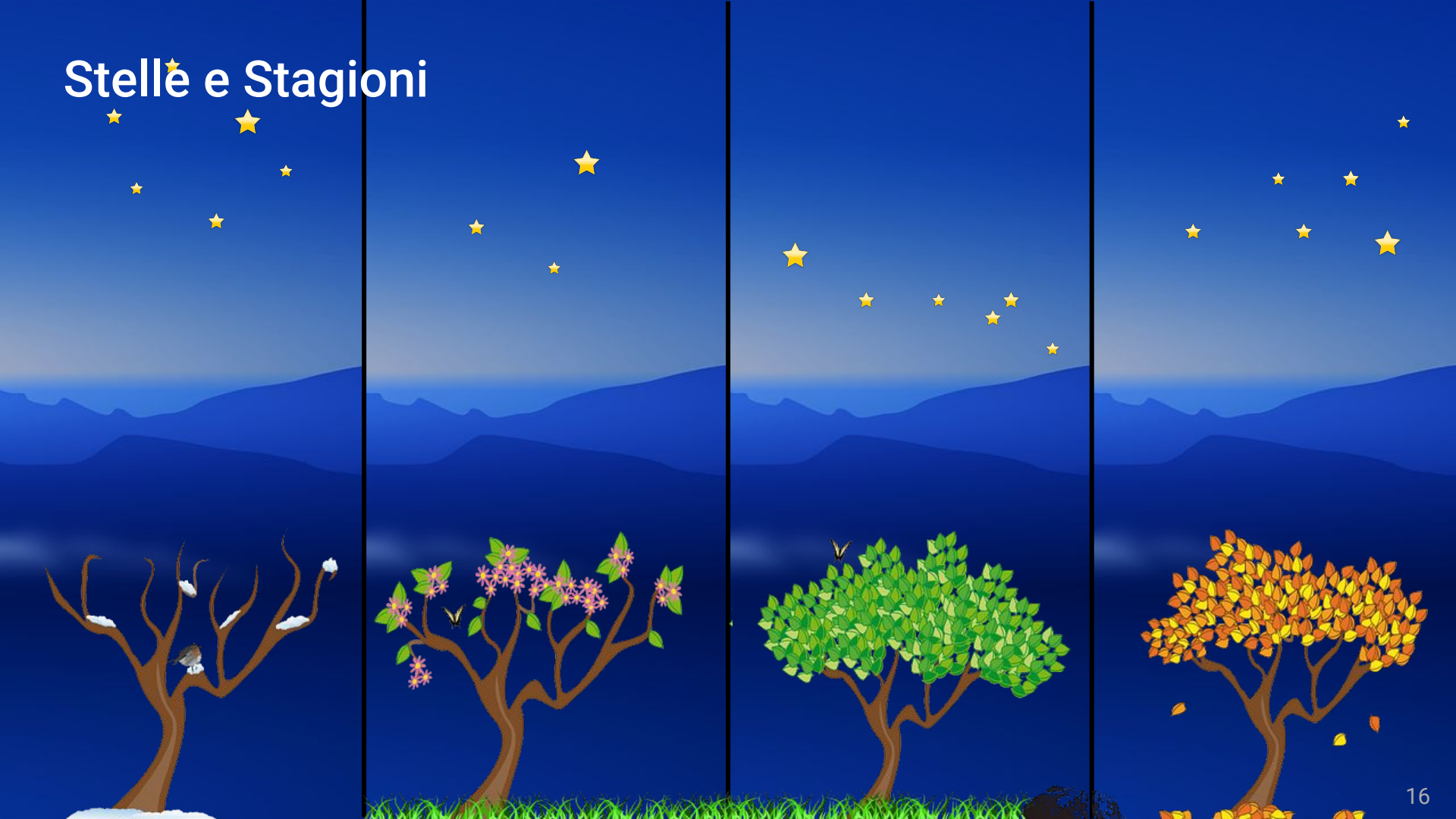
Segnaposti



Sole e Stagioni



Stelle e Stagioni



C'è un legame tra Sole, Stelle e Stagioni



Ofiuco





il Sole, le Stelle e le stagioni



19 Giugno 2000 a.C.

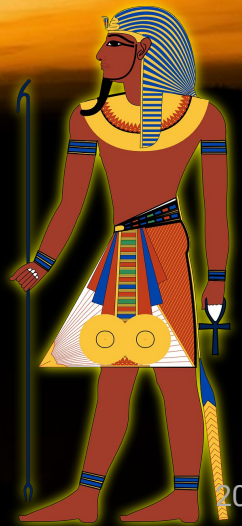


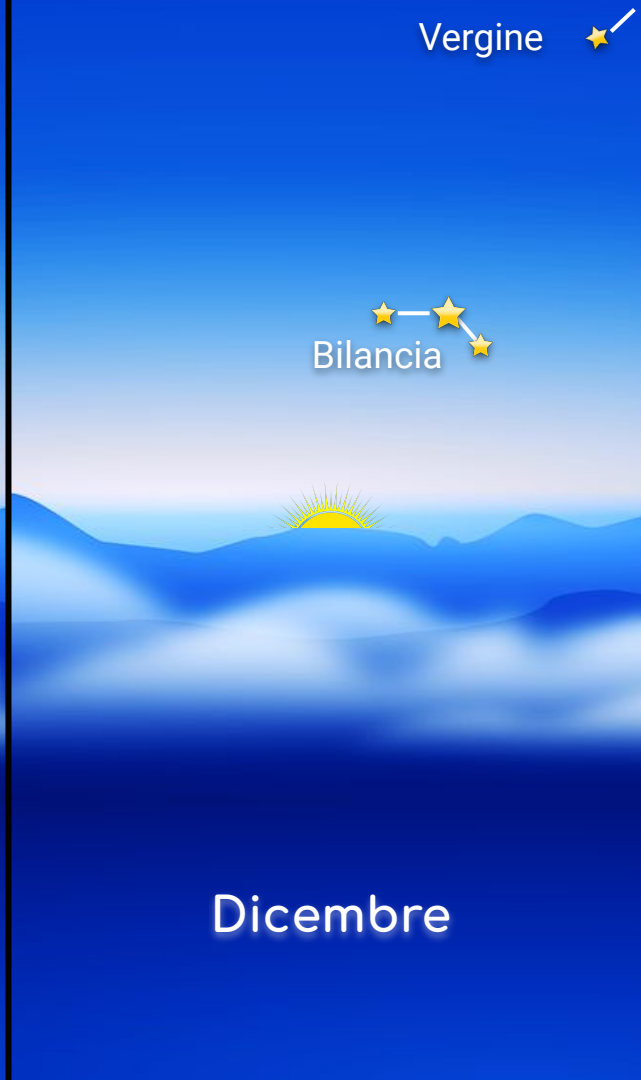
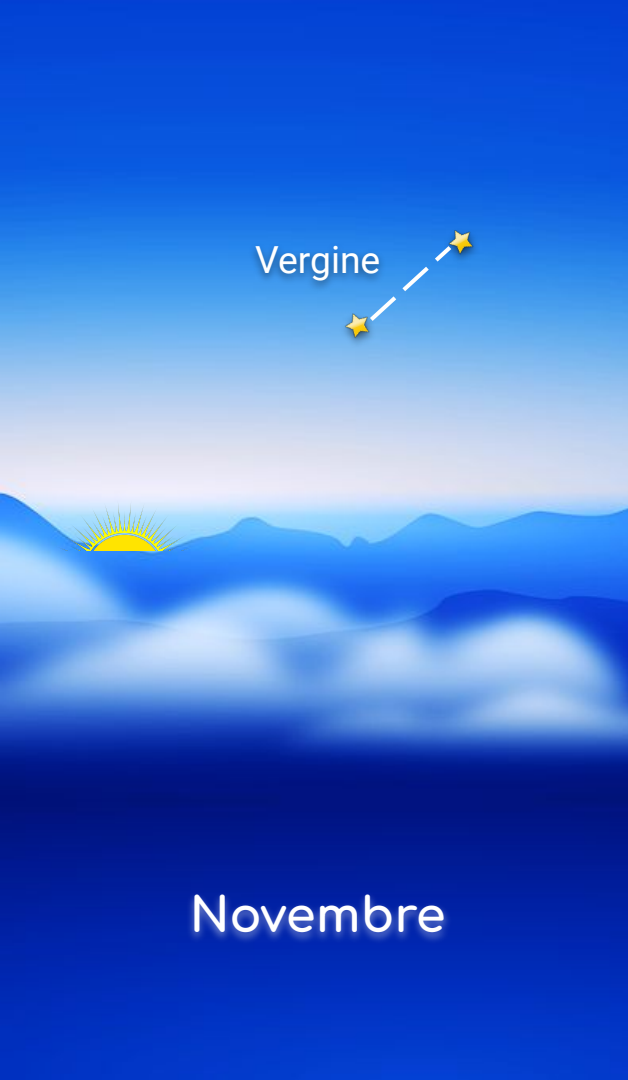
20 Giugno 2000 a.C.

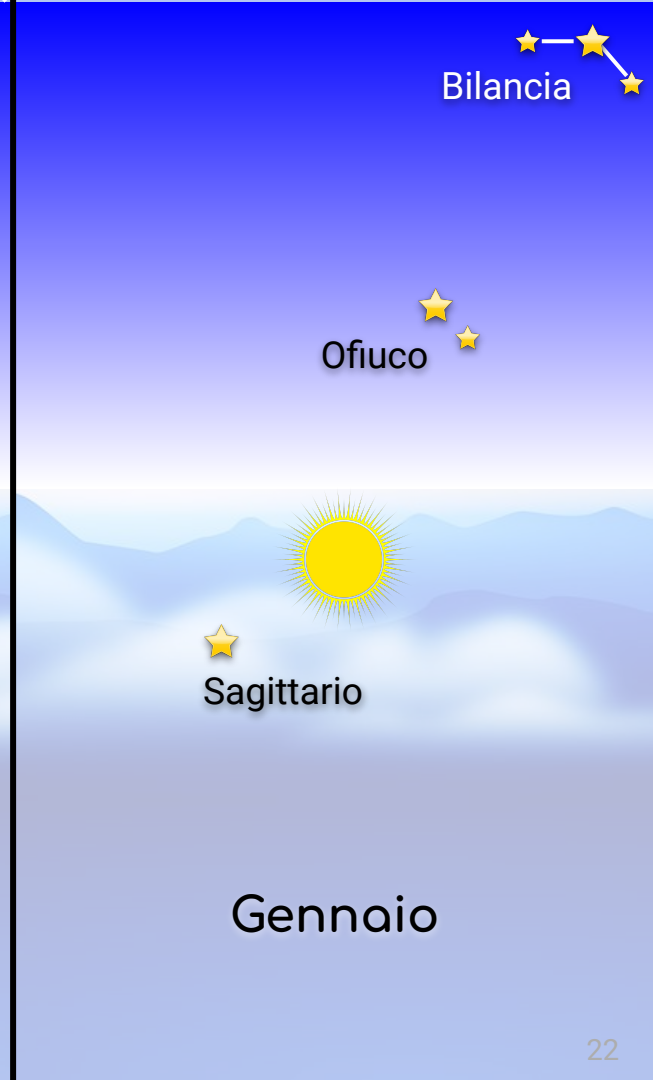
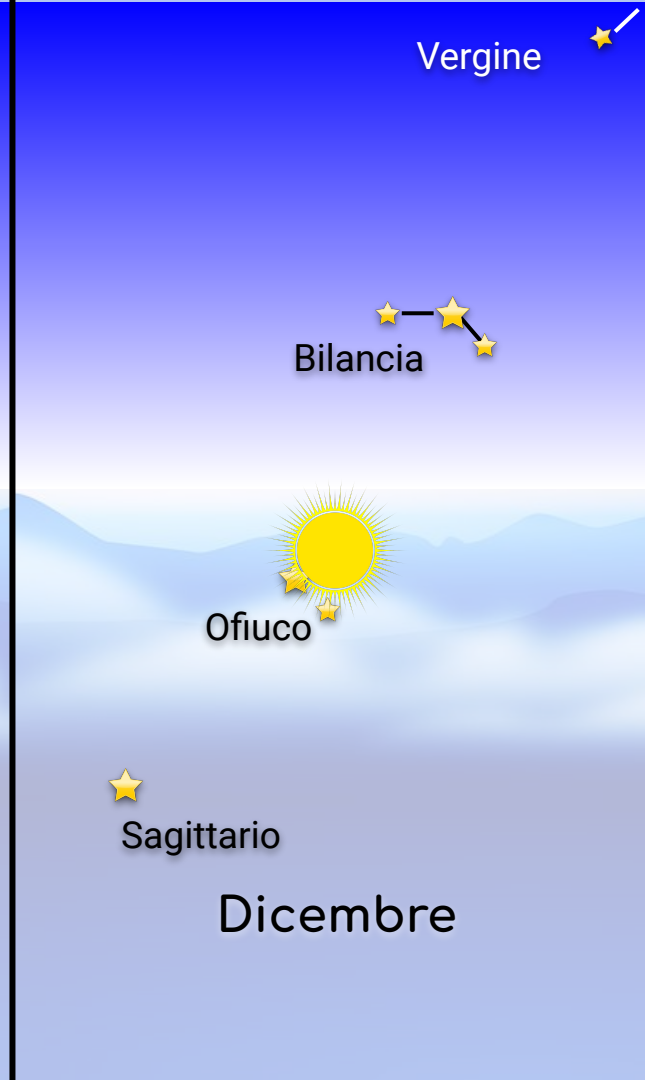
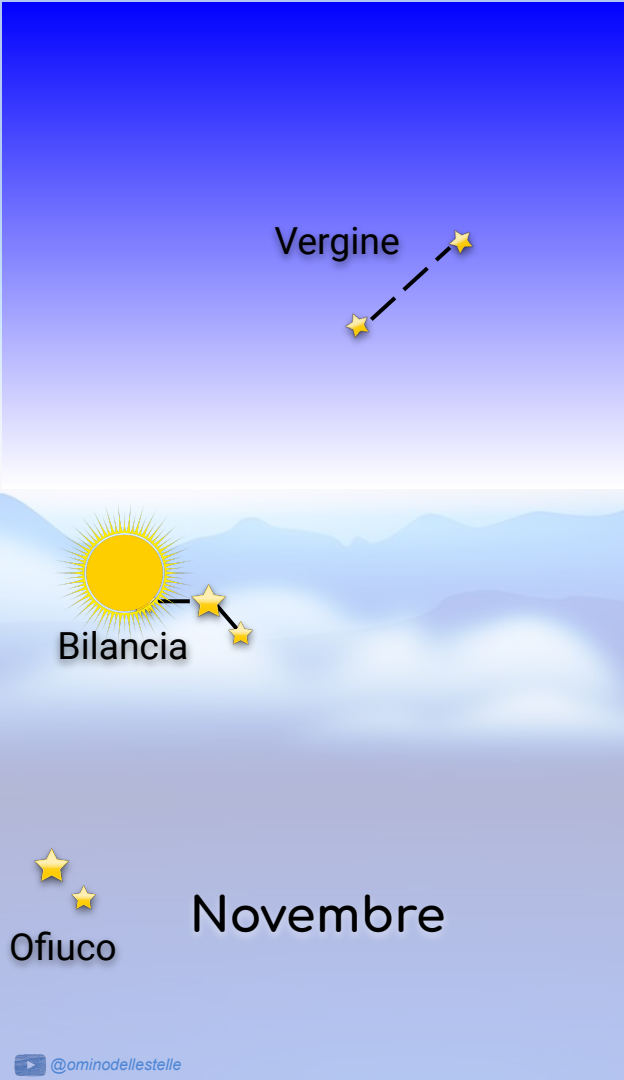


21 Giugno 2000 a.C.

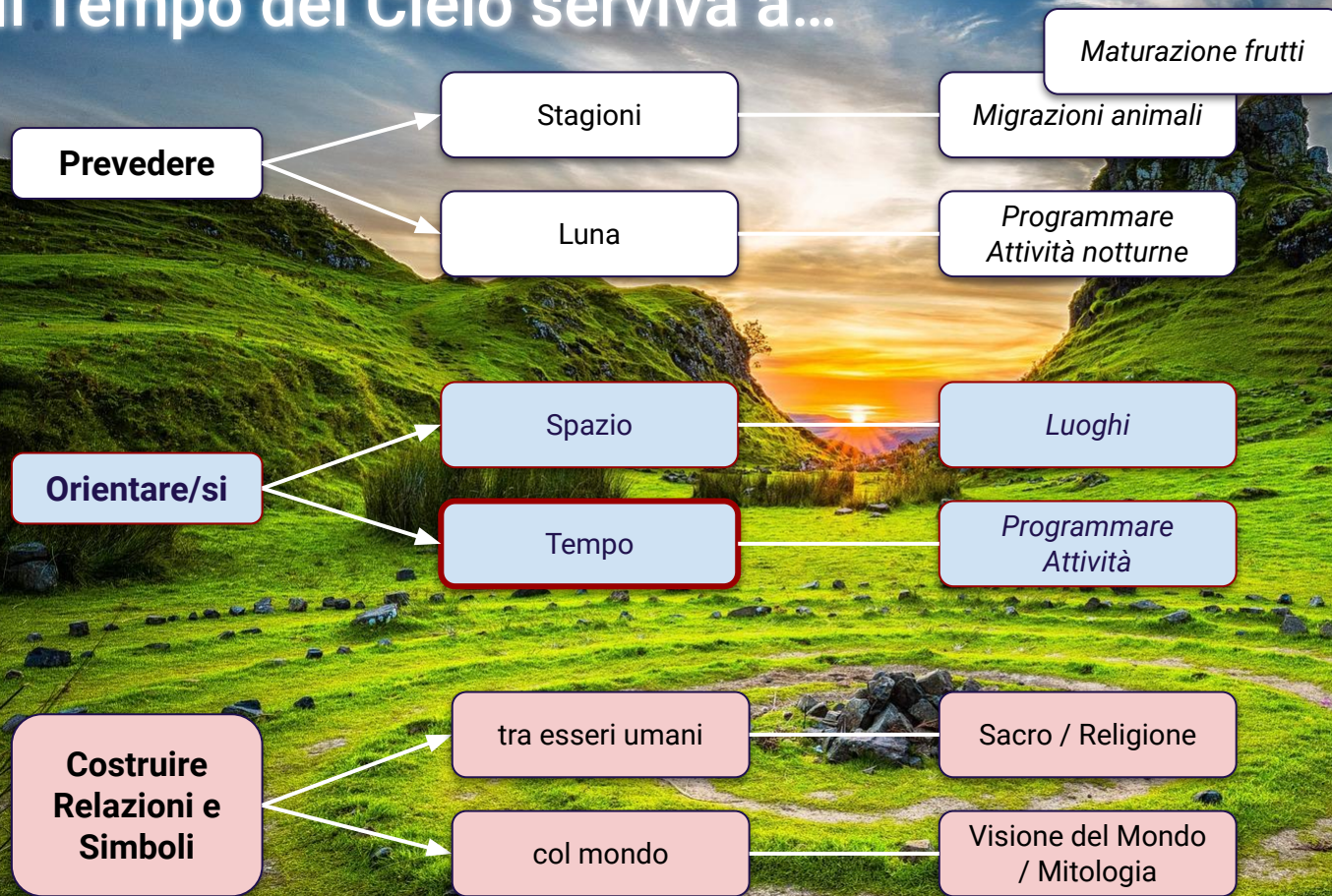
Levata Eliaca di Sirio







Il Tempo del Cielo serviva a...

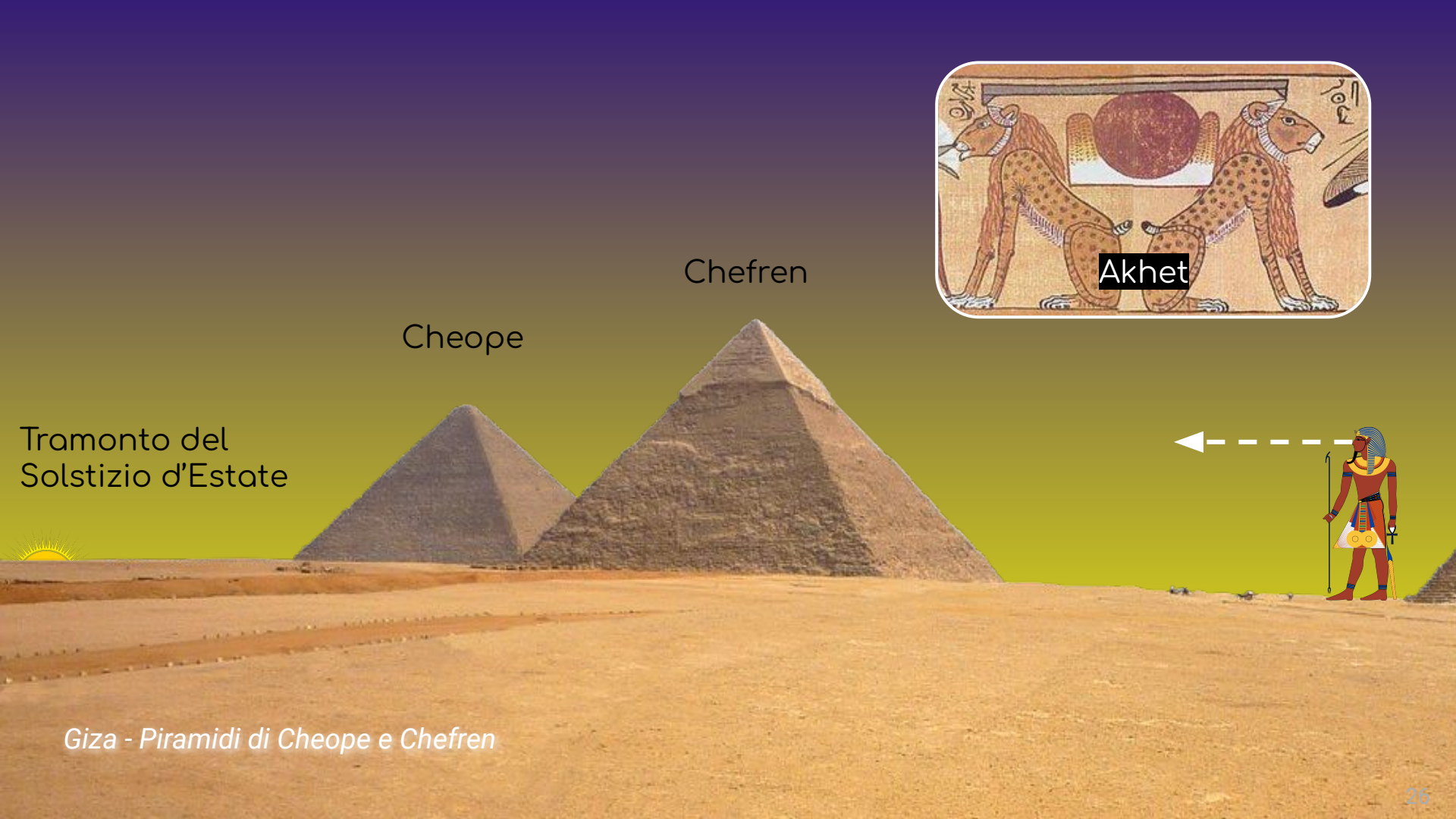




Il Sole Ritrovato



Roma - Pantheon, 21 Aprile a mezzogiorno



Chefren

Cheope



Akhet

Tramonto del
Solstizio d'Estate

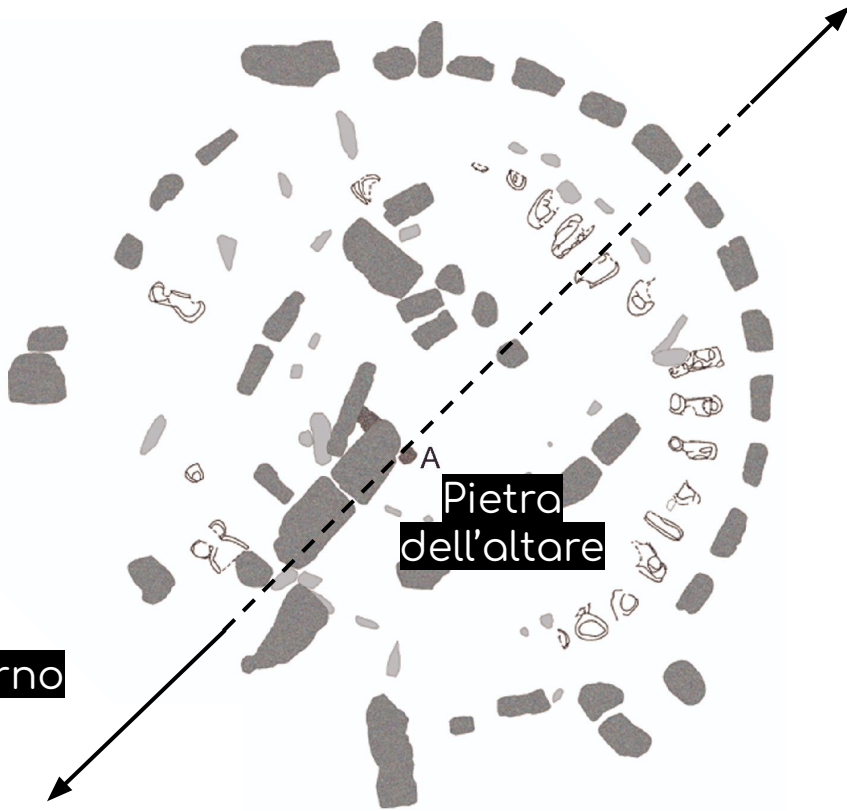
Giza - Piramidi di Cheope e Chefren



N

Solstizio d'Estate
Alba

Pietra
del tallone



Solstizio d'Inverno
Tramonto

Amesbury - Stonehenge

Correlazione

“Legare” per anticipare

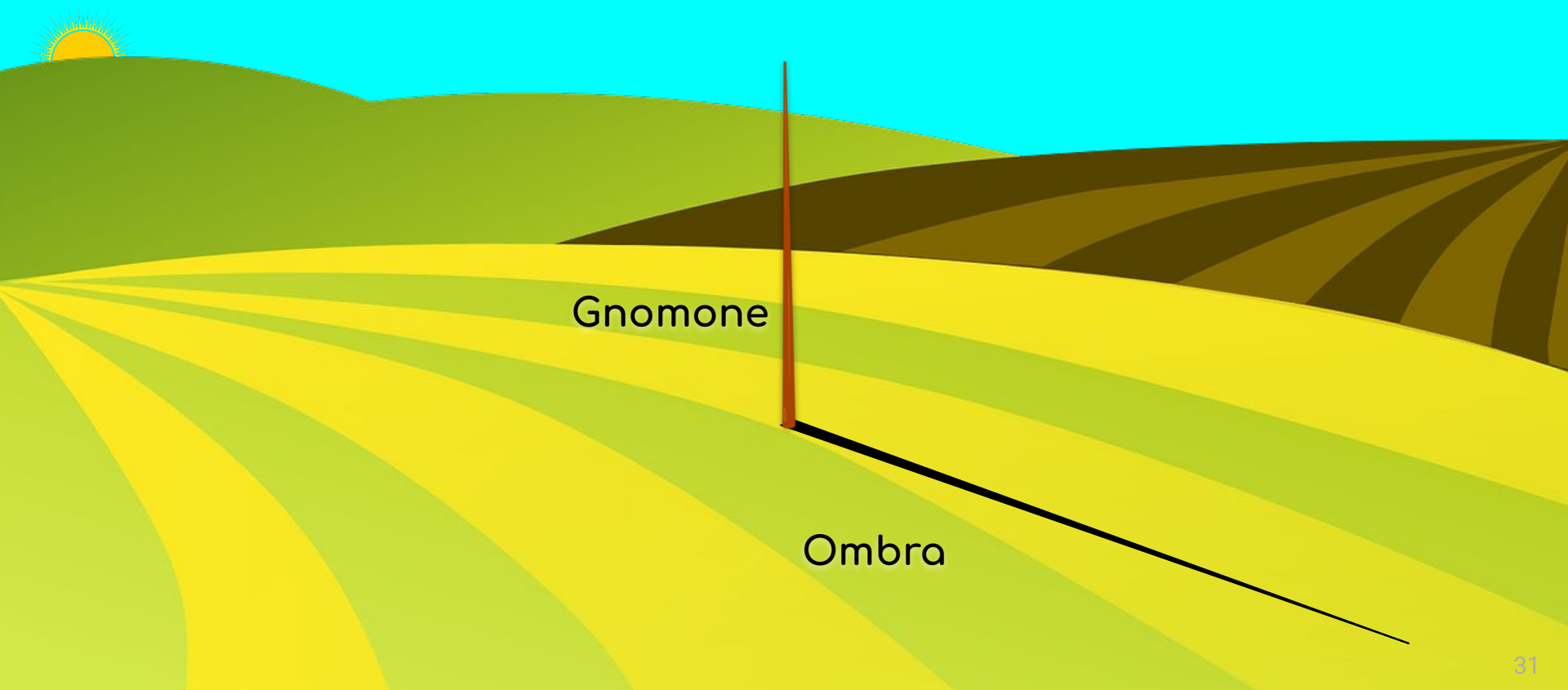
Il tempo della Quotidianità

Meridiane e Orologi Solari



Capitolo 2

Alba

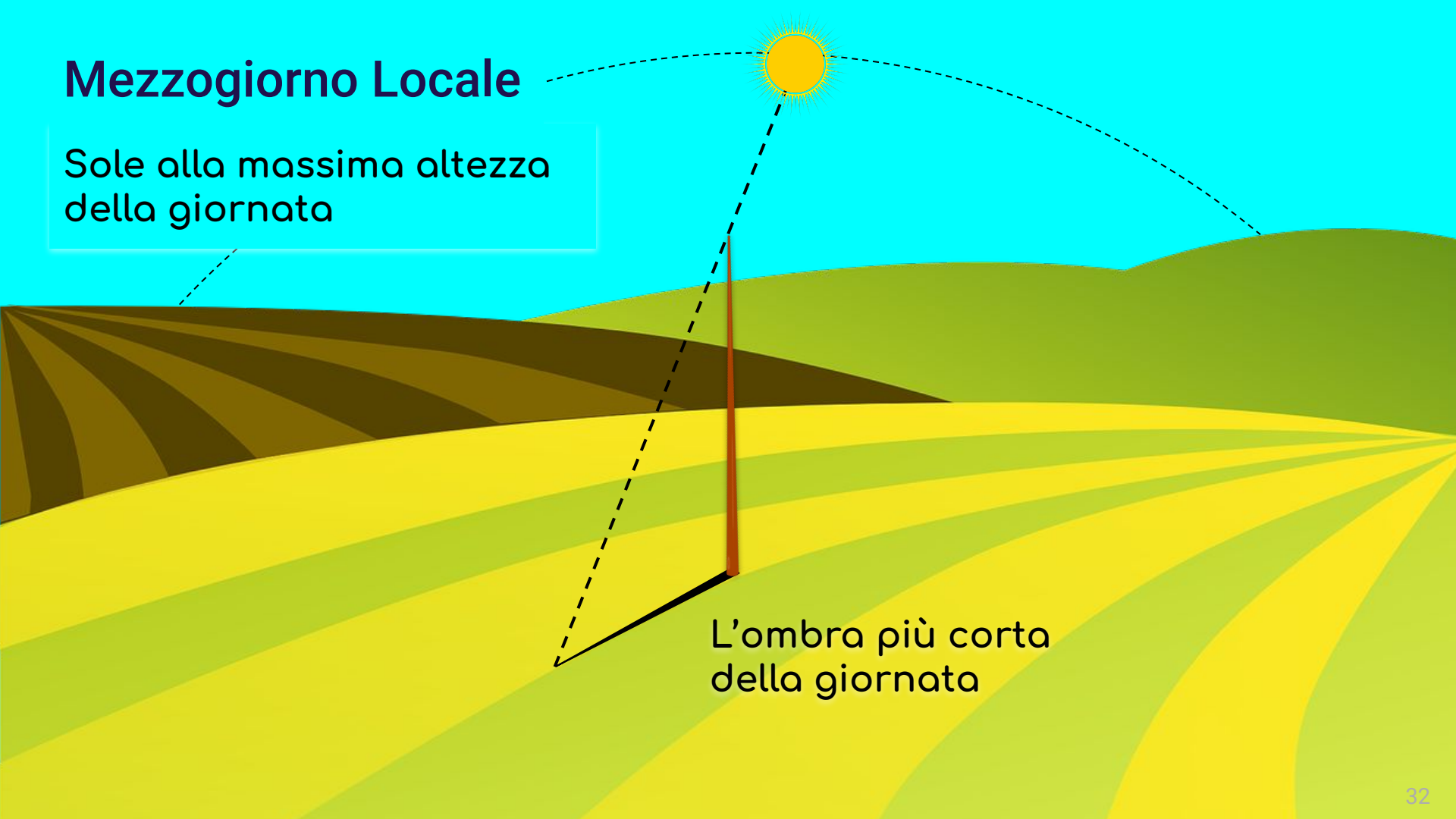


Gnomone

Ombra

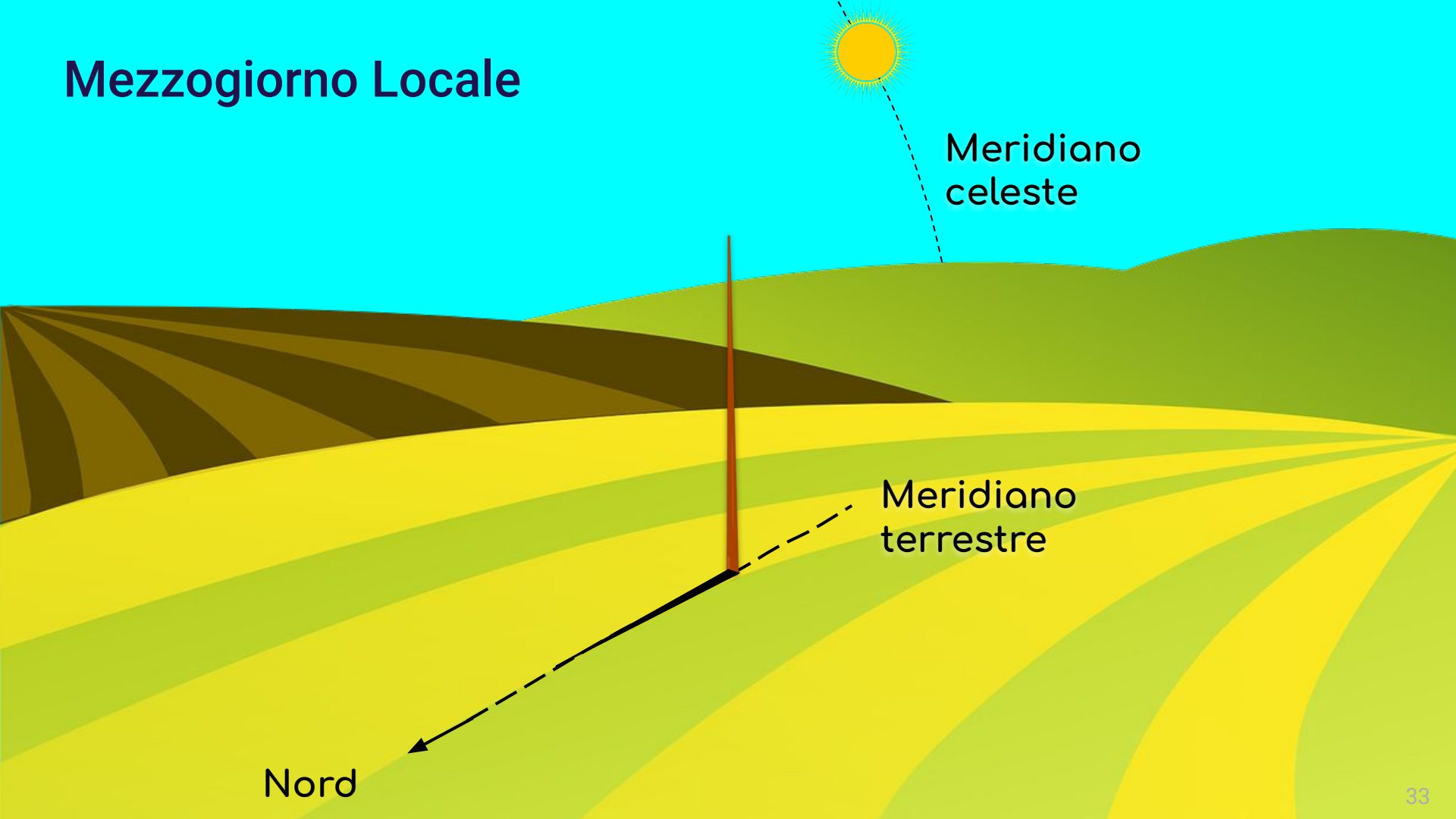
Mezzogiorno Locale

Sole alla massima altezza
della giornata

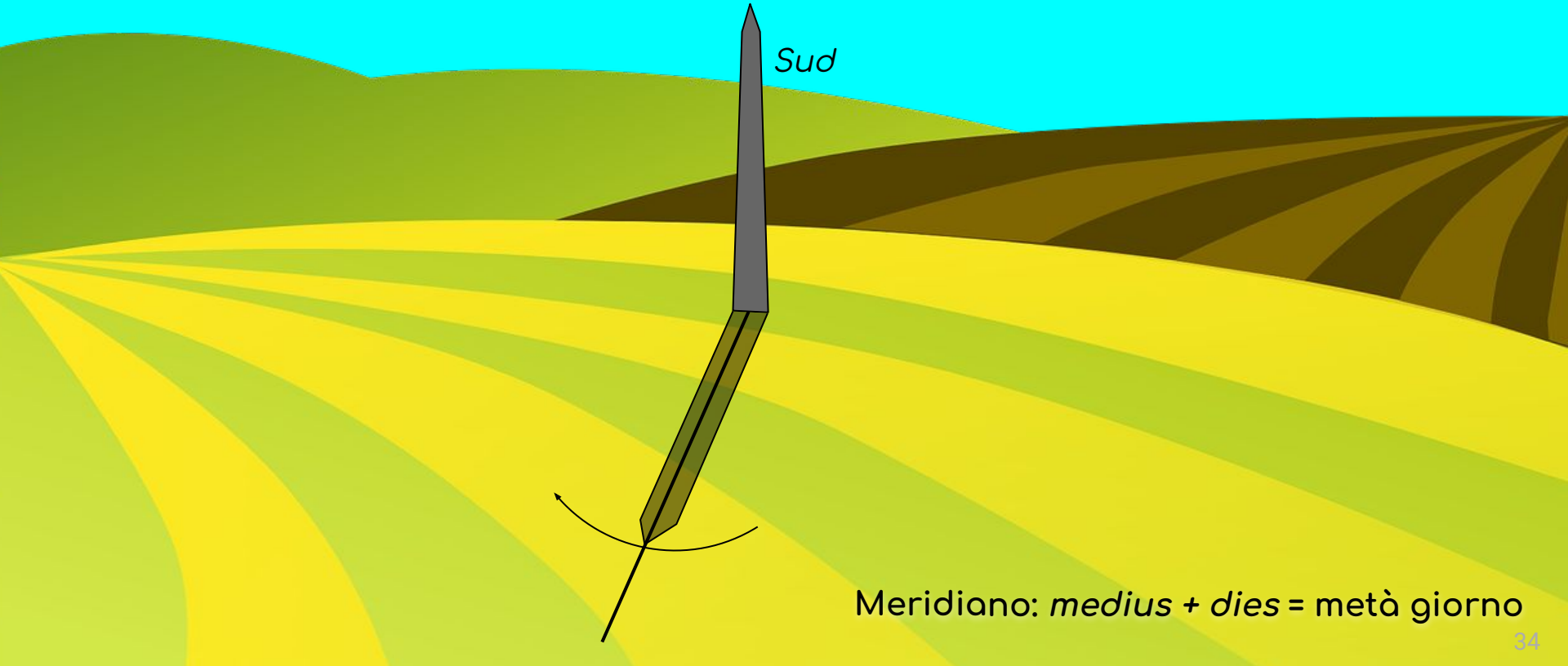
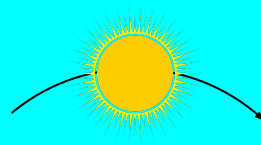


L'ombra più corta
della giornata

Mezzogiorno Locale

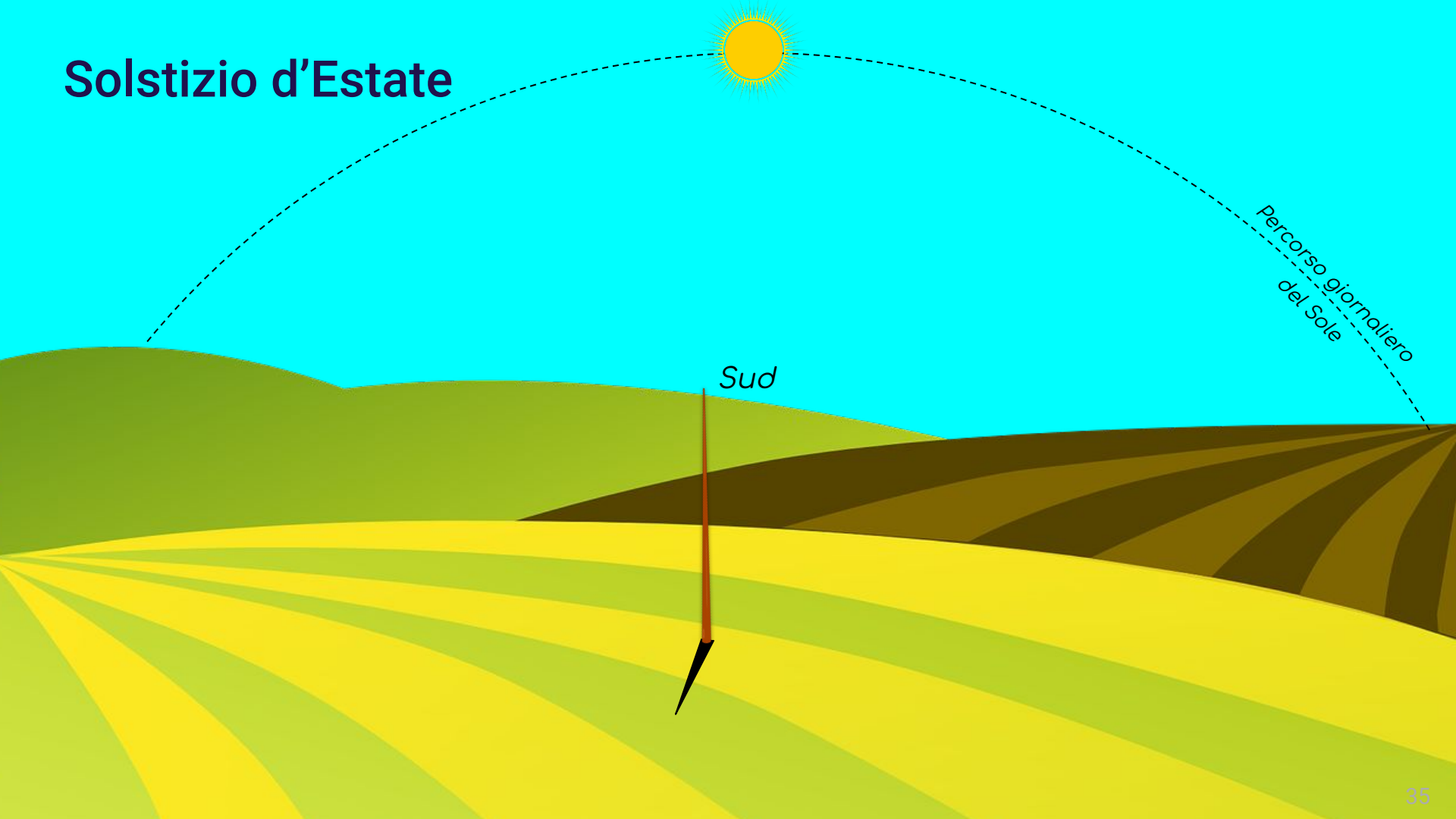


Meridiana e Mezzodì

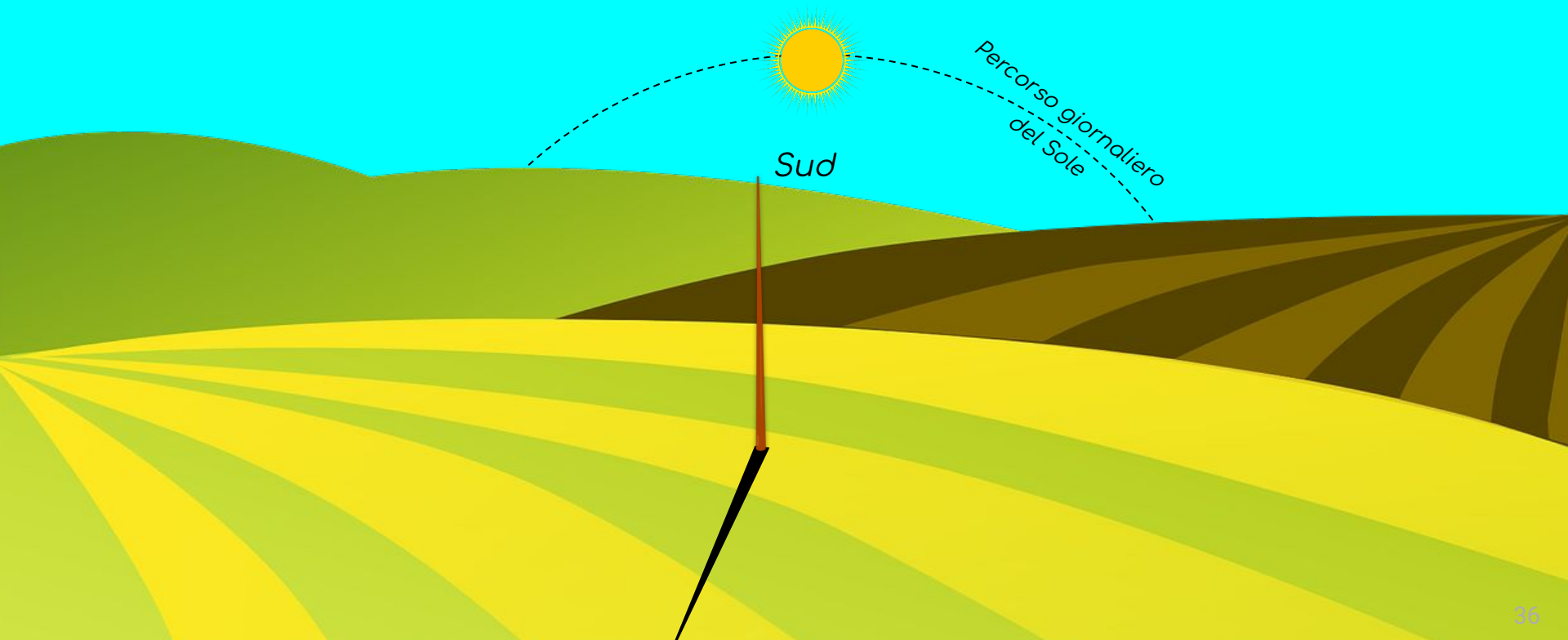


Meridiano: *medius + dies* = metà giorno

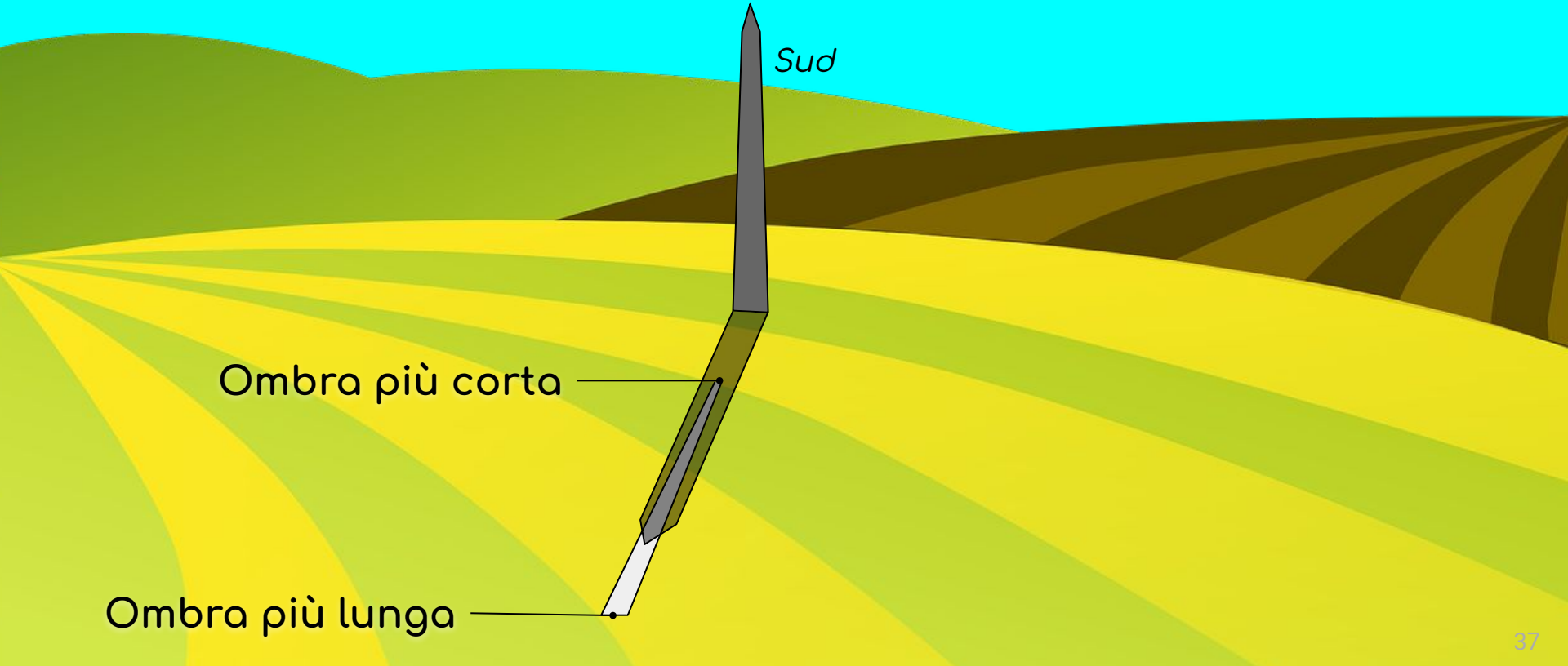
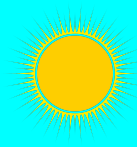
Solstizio d'Estate

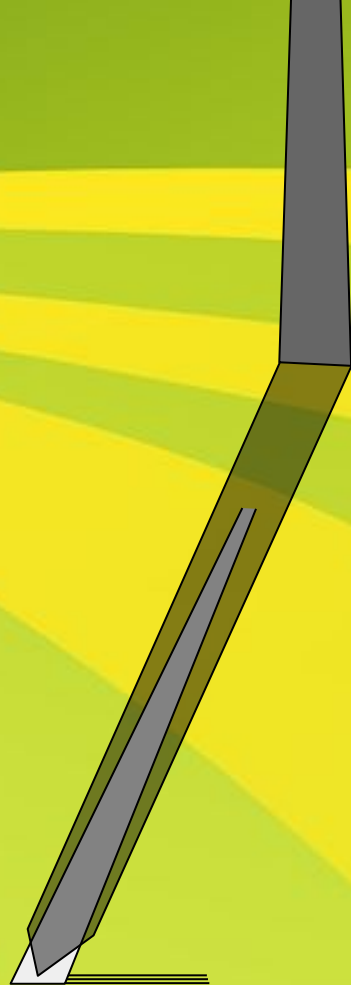


Solstizio d'Inverno

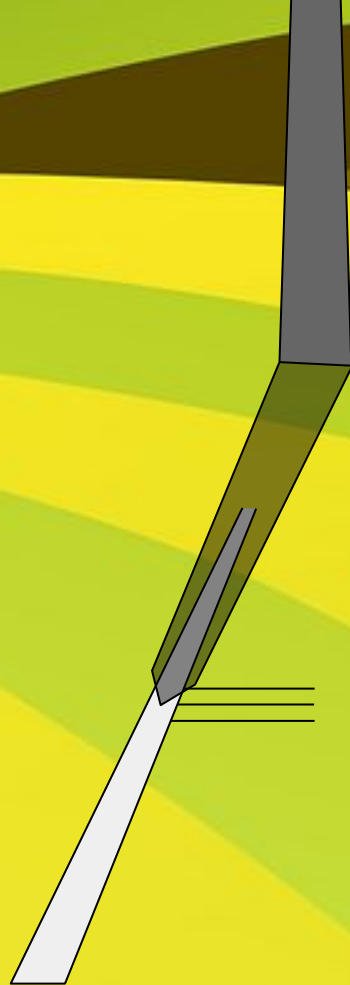


Meridiane e Stagioni

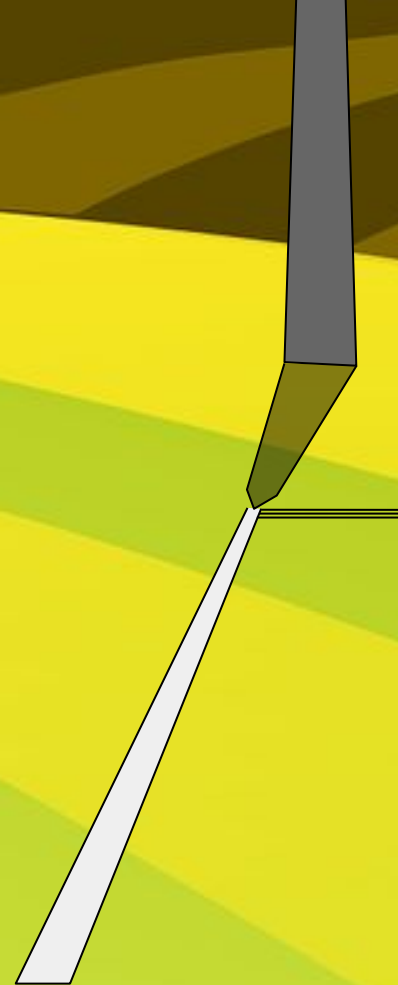




Solstizio invernale



Equinozio



Solstizio estivo

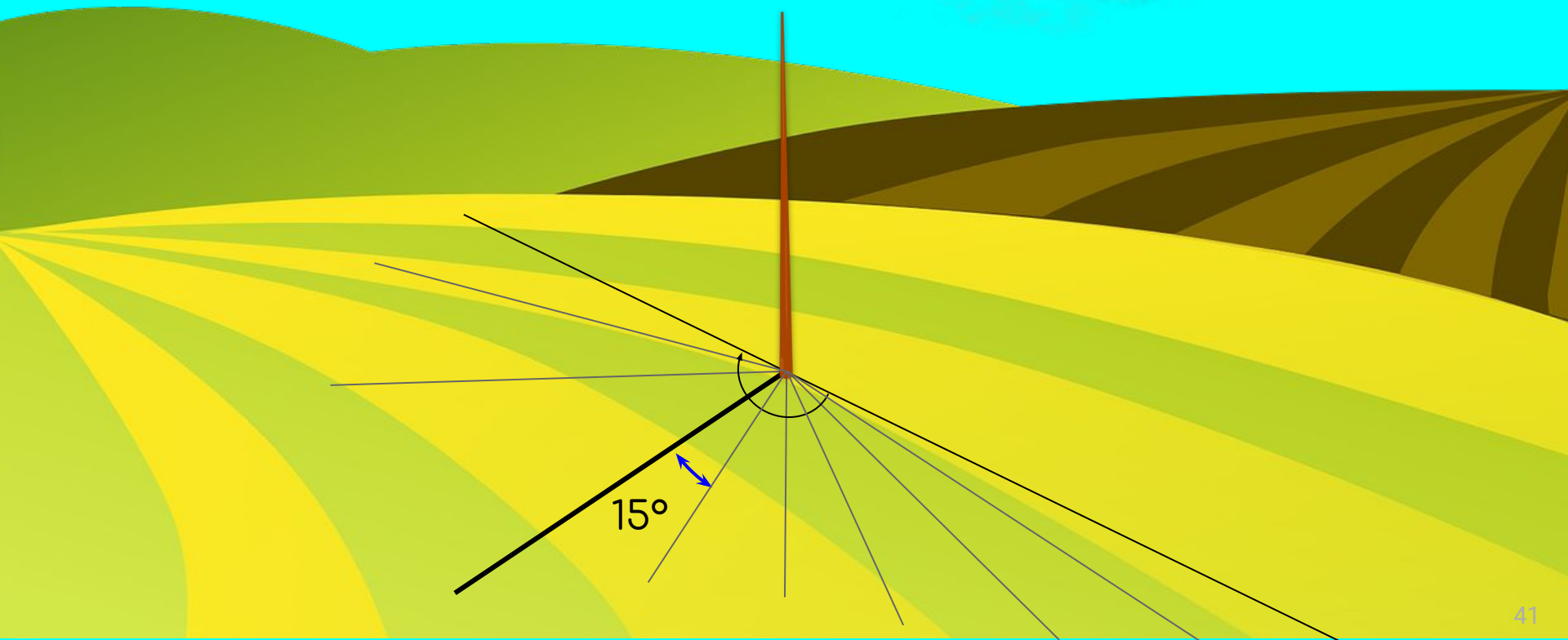


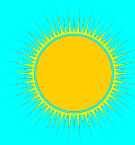


Gli Orologi Solari

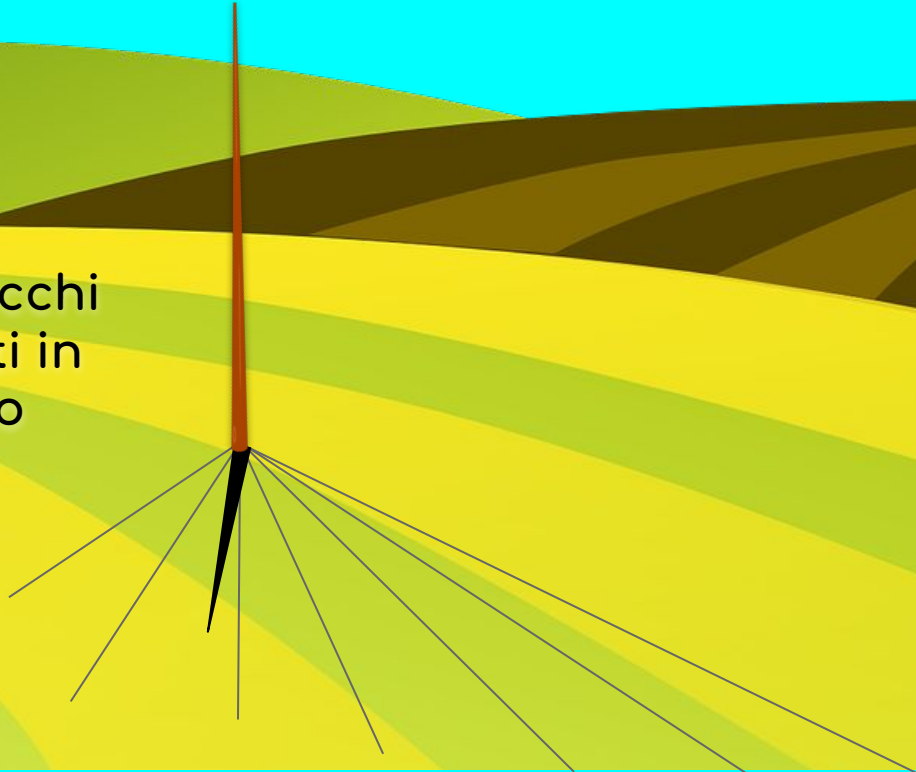
Indicatori dell'ora solare

Orologio Solare





L'ombra attraversa gli spicchi
(di 15°) con tempi differenti in
periodi differenti dell'anno

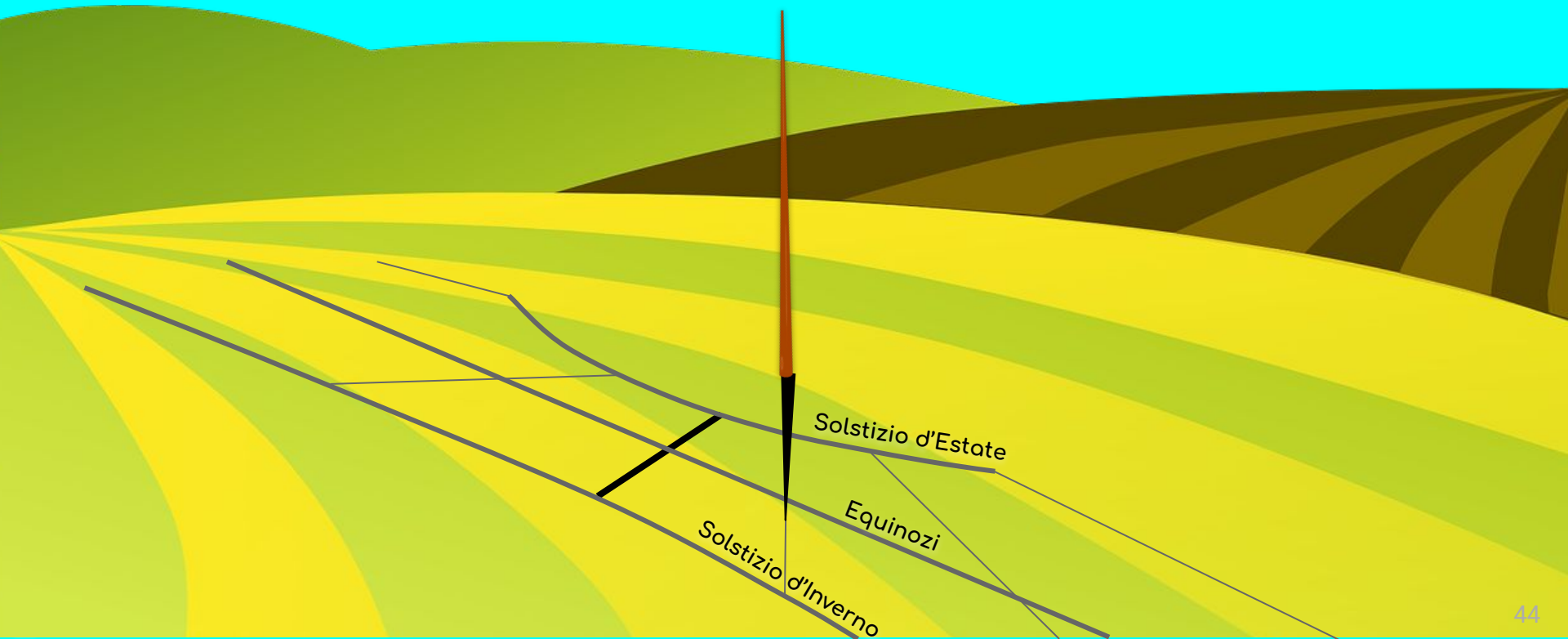
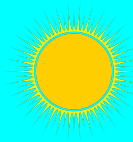




Orologi Solari e Datari

Ore e giorni misurati da un unico strumento

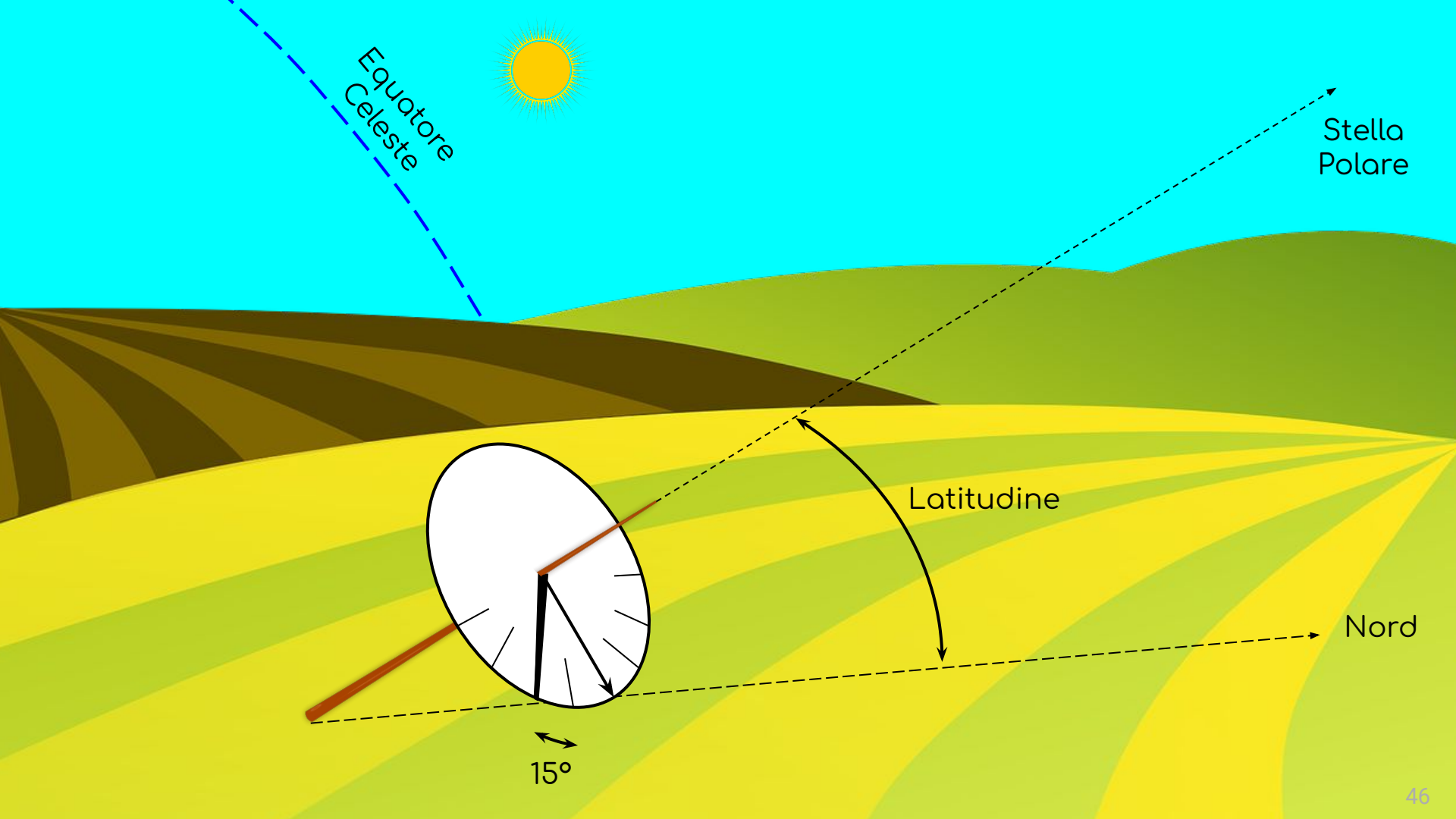
Orologio Solare e Datario

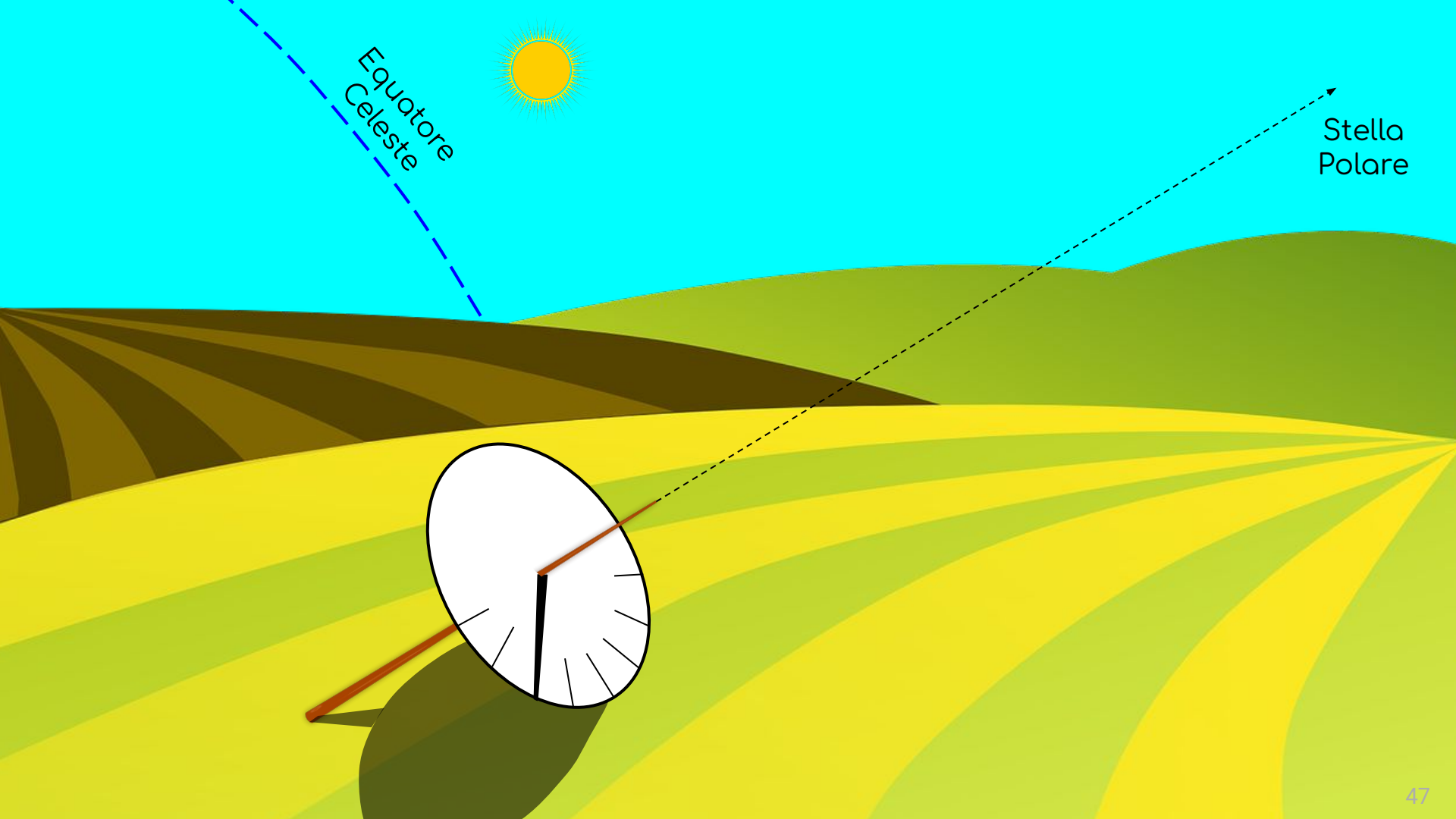


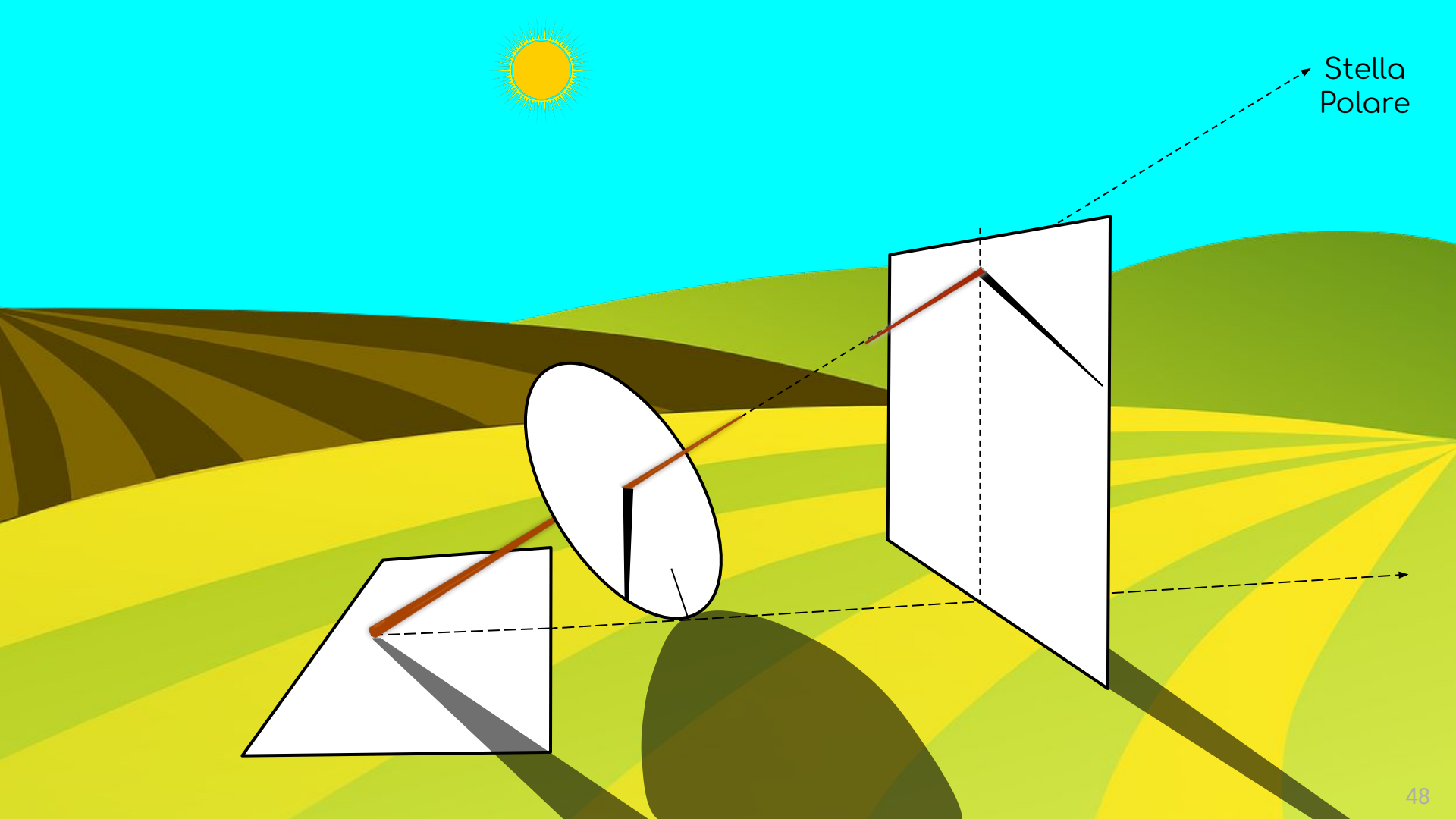


Orologio Solare Equatoriale

Lo strumento base

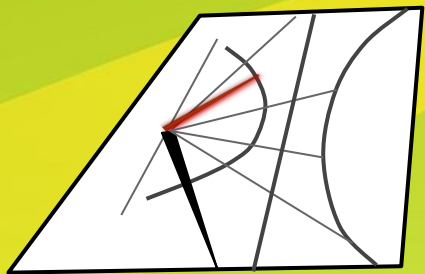
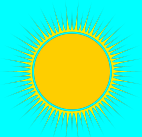






Stella
Polare

Orologio Solare e Datario



I limiti di

Meridiane e Orologi Solari

Non funzionano

- se c'è **maltempo**
- negli **interni**

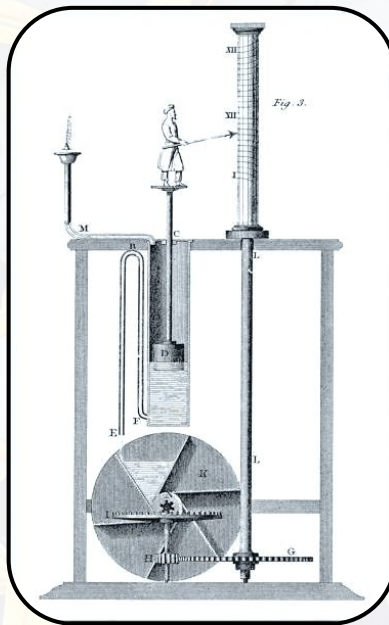
Misurano il **tempo** del **Sole Vero** che è:

- un tempo **locale** (*la Terra ruota*)
- un tempo **disuniforme**
(*l'orbita è ellittica e l'asse inclinato*)

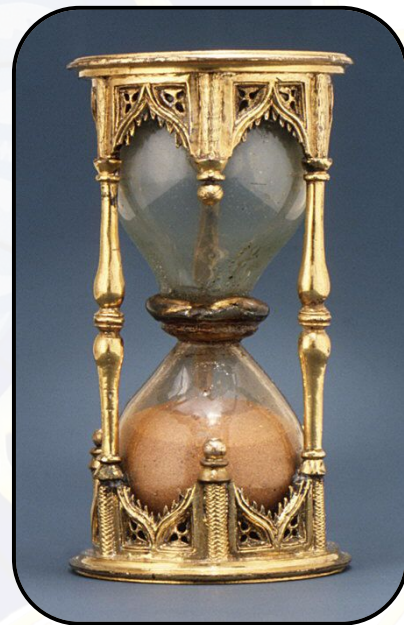
Altri strumenti



Clessidra. Faraone Amenofi III (1390 - 1350 a.C.)
Ritrovata a Karnak



Clessidra ad acqua di Ctesibio
(300 a.C.), Alessandria, Egitto



Clepsamnia. Germania (1500 - 1530 d.C.)
Prima apparizioni delle clessidre a sabbia
- Italia 1300 d.C.

Ciclicità

Correlazione

Misura

Misurare per dare ordine alla vita

Il tempo della Società

L'Anno e il Calendario



Capitolo 3

Calendario

E' un sistema convenzionale di **divisione del tempo in periodi costanti**

Solare

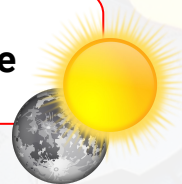


Calendario
Egizio

Calendario
Giuliano

Calendario
Gregoriano

Lunisolare



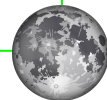
Calendario
Cinese

Calendario
Ecclesiastico

Calendario
Ebraico

Calendario di
Noma

Lunare



Calendario
Greco

Calendario
Islamico

Calendario

~365

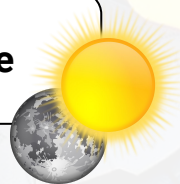
Solare



Le **stagioni**
iniziano negli
stessi giorni
dell'anno

~354
mesi
intercalari

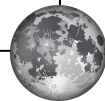
Lunisolare



Le **stagioni**
iniziano **11 giorni**
in anticipo ogni
anno ma
periodicamente si
aggiusta con un
mese intercalare

~354

Lunare



Le **stagioni**
iniziano **11 giorni**
in anticipo ogni
anno.



Anno Tropico
365g 5h 48m 47s

-10g 5h 48m 47s

Calendario di Numa
355g

+ mesi intercalari

Il Calendario Giuliano

Giulio Cesare nel **46 a.C.** riforma il calendario prendendo spunto da quello Egizio.

Aggiunge 10 giorni al Calendario di Numa, l'anno dura **365 g** ed **elimina il mese intercalare**

Aggiunge un **giorno** ogni **4 anni** verso fine **Febbraio**.

Il caos dei calendari precedenti aveva anticipato l'inizio del 46 a.C. rispetto all'anno solare, quindi vennero **aggiunte decine di giorni durante l'anno**.

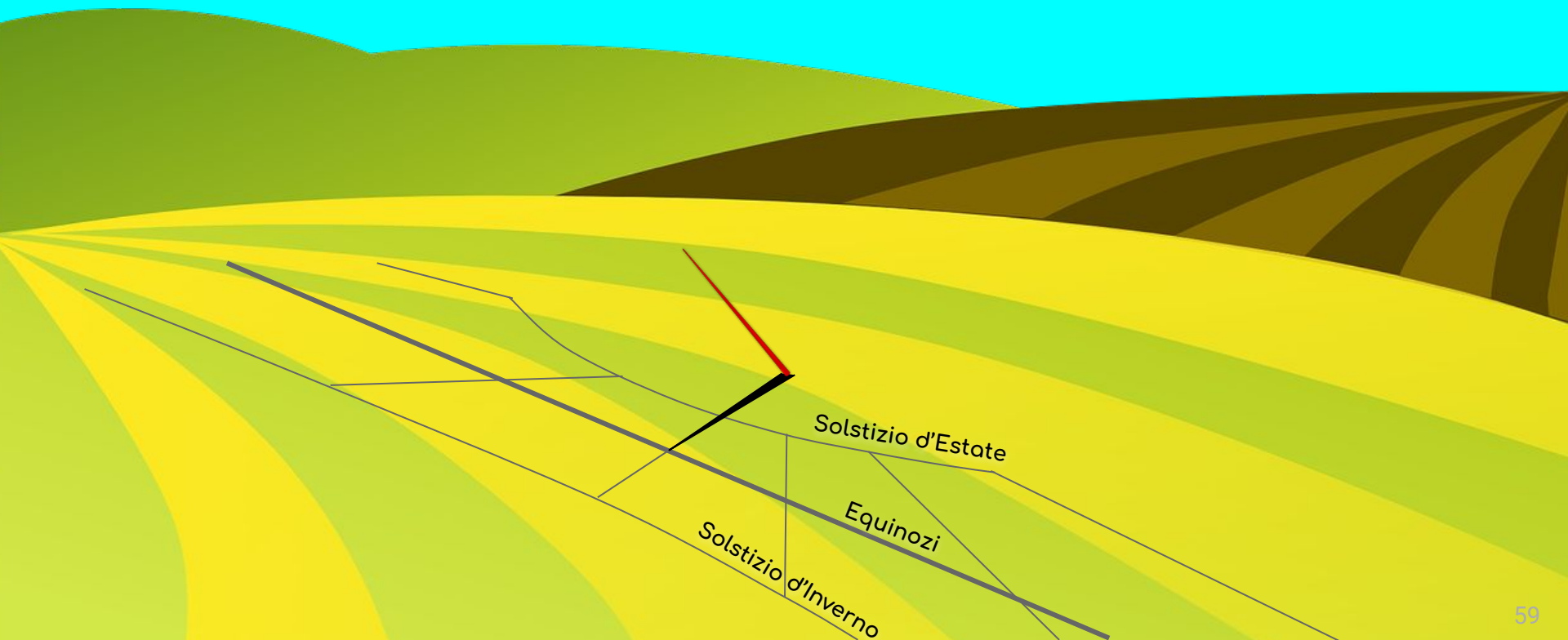
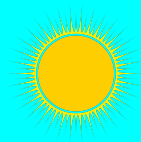


Anno Tropico
365g 5h 48m 47s

+11m 13s

Anno Giuliano
365g 6h 0m 0s

Italia, 11 Marzo 1582



Il Calendario Gregoriano

Sommando **11m 13s** ogni **anno**,
nell'arco di **128 anni** si arriva a
un'eccedenza di **un giorno**,
Che corrisponde a una
eccedenza di **3 giorni ogni 400 anni**.

1582 - Papa Gregorio XIII riformò il calendario. Il
Danti gli aveva indicato uno **scarto di 10
giorni** che **vennero tolti ad Ottobre**.
Dopo il 4 ci fu il 15 Ottobre.

Introduce un meccanismo per
togliere 3 giorni
ogni **400 anni**.



Anno Tropico
365g 5h 48m 47s

+25s

Anno Civile
365g 5h 49m 12s

Ciclicità

Correlazione

Misura

Organizzazione

Le società organizzano il tempo
perché il tempo organizza le società

Il tempo della Meccanica

La Globalizzazione del Tempo



Capitolo 4



Le ore Ineguali

Variazioni sull'ora

Le Ore Ineguali o Temporarie

Usate dai *Greci* e dai *Romani*

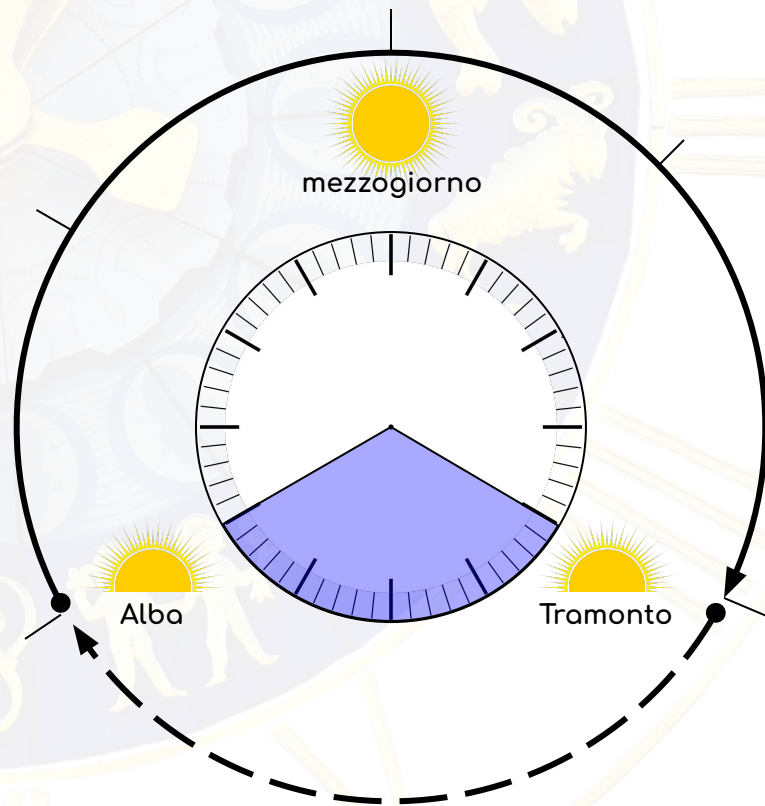
Il **di** e la **notte** duravano sempre **12 ore**.

Un'ora era pari a $1/12$ del tempo che passava tra l'alba e il tramonto e dal tramonto all'alba.

Il giorno inizia dall'alba.

In **Estate**: le ore del di duravano anche **80'** mentre le ore della notte duravano solo 40'

In **Inverno**: le ore del di duravano solo **40'** mentre le ore della notte duravano fino a 80'



Le Ore Ineguali o Temporarie

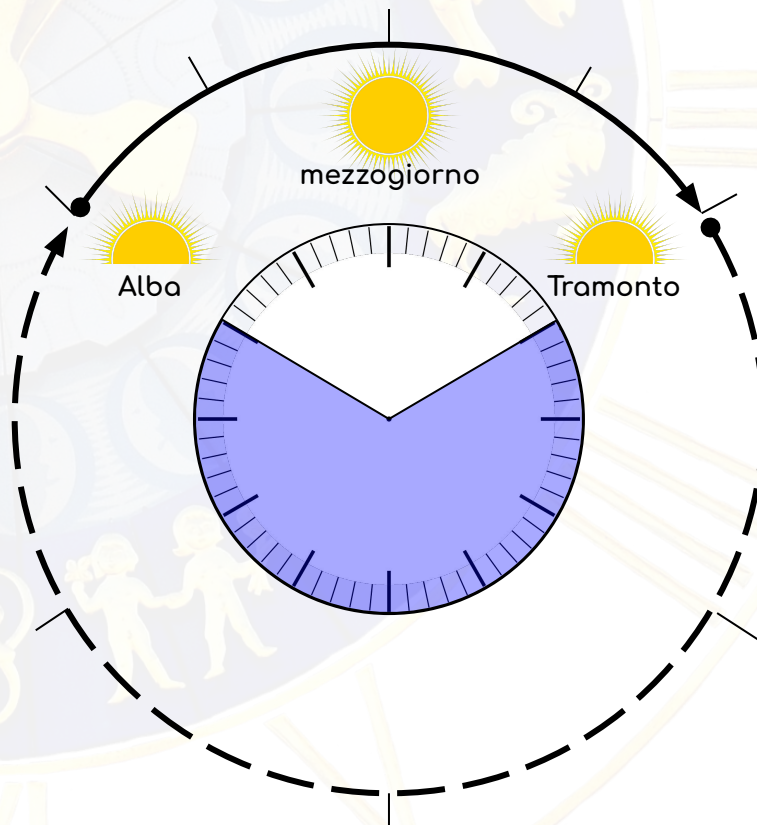
La Chiesa adotta la pratica romana.

Il **di** e la **notte** venivano divisi in **4 parti** ognuna da 3 ore.

Giorno: la Terza, la Sesta, la Nona e la Dodicesima contate dall'alba.

Notte: la Prima, la Seconda, la Terza e la Quarta erano le veglie.

Riforma Benedettina (500 d.C.)



- orologi **solari**
- circa 1400 a.C.: orologio ad **acqua**
- 300-200 a.C.: orologio ad acqua con **meccanismi** (scappamento)
- 1300 circa: primi orologi **meccanici** (svegliarini monastici e orologi da torre)





Le ore Italiche

Variazioni sull'ora

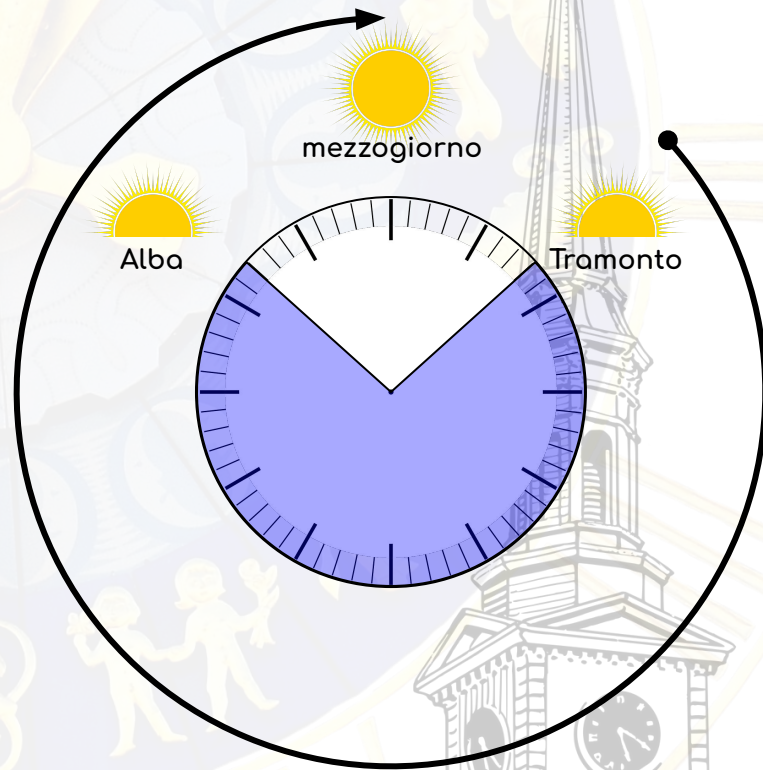
L'Ora Italica

Il **giorno** è diviso in **24 ore** e
inizia dal tramonto.

Le **ore** sono **“uguali”**
e hanno la stessa durata durante l'anno

In uso in Italia dal 1300

Con questo sistema è facile calcolare **le ore che
mancano al tramonto:**
24 - i rintocchi del campanile



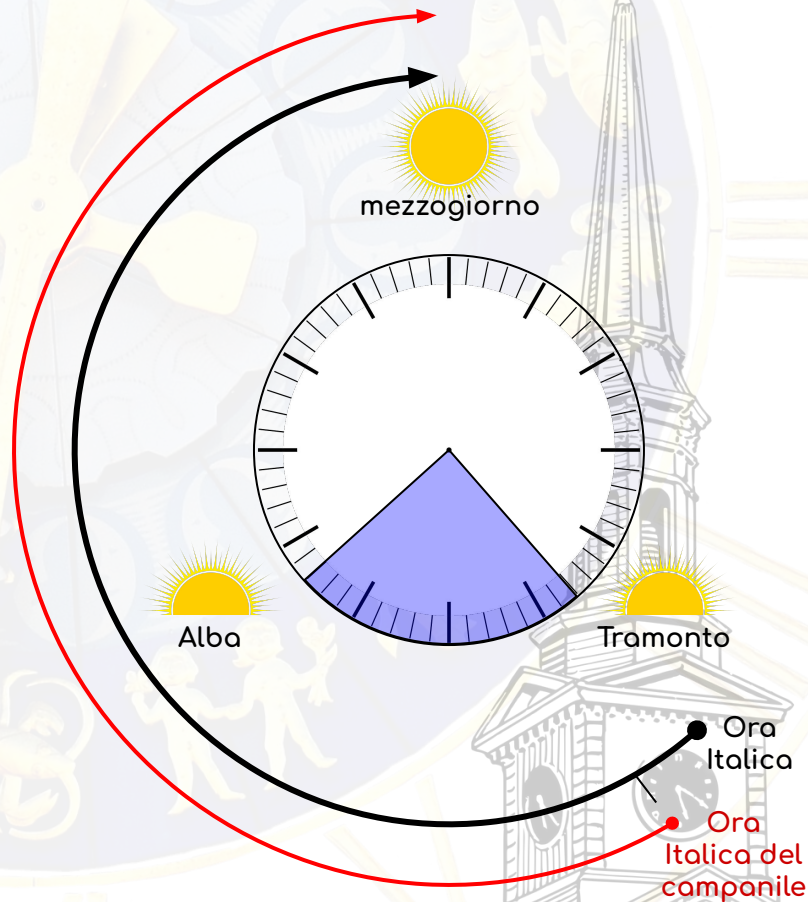
L'Ora Italica

Il **mezzogiorno**, l'alba e il tramonto cambiano orario ogni giorno.

Con questo sistema gli

orologi meccanici andavano
regolati quotidianamente con l'ora
degli orologi solari

1700 - L'inizio del giorno viene spostato a
mezz'ora dopo il tramonto.





Le ore alla Francese

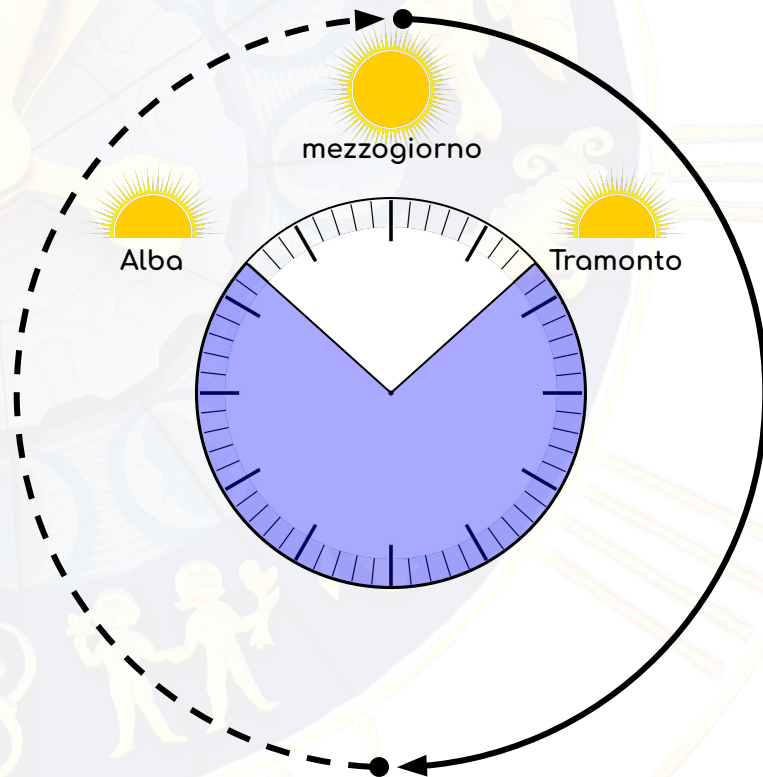
La razionalizzazione del tempo

L'Ora alla Francese o all'Oltremontana

Il giorno è diviso in **due periodi**
da **12 ore** che **iniziano**
a **mezzogiorno** e a **mezzanotte**.

Introdotte in **Italia**, in modo graduale, dal 1700. A
Bologna arrivò nel **1786**. Ma molte persone
usarono le ore all'italiana fino all'Unità d'Italia.

E' il sistema tutt'oggi vigente.



L'Ora alla Francese o all'Oltremontana

L'alba e il tramonto cadono ad orari diversi durante l'anno,

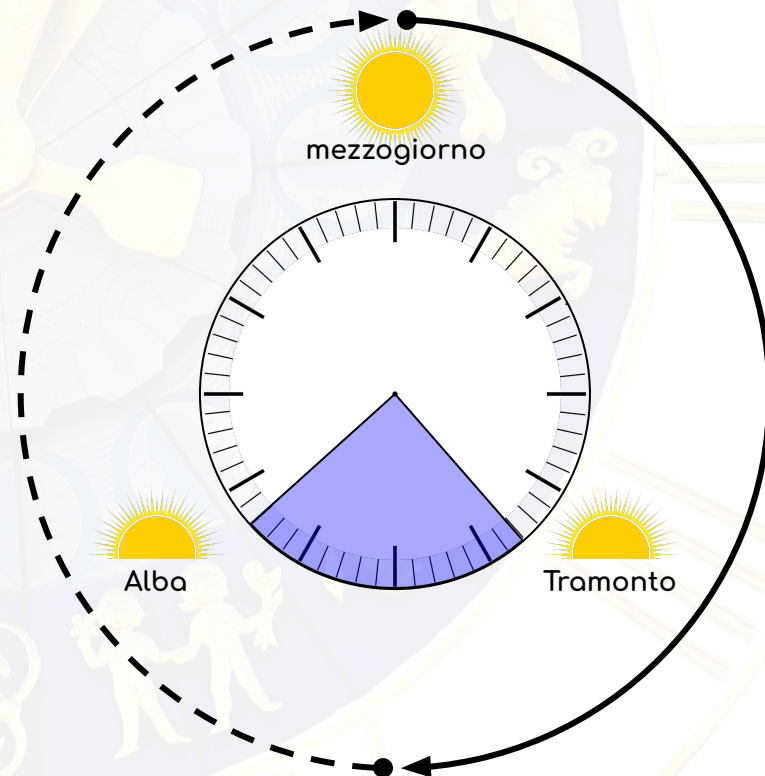
mentre il **mezzogiorno locale** cade

sempre alla stessa ora

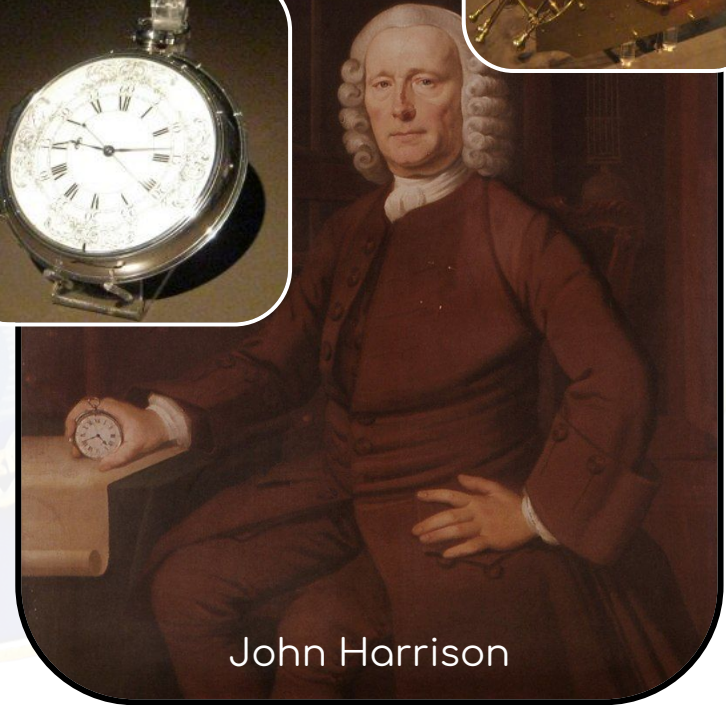
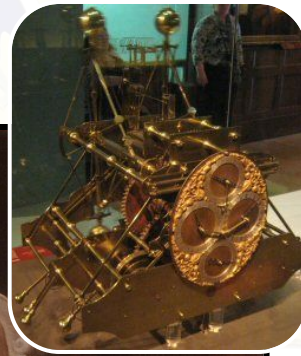
(è il "perno" del sistema).

Gli **orologi meccanici** erano

regolati sull'ora della **meridiana** e non erano necessarie regolazioni giornaliere come per l'ora italiana.



- 1400: primi orologi a **molla**
 - compaiono i **minuti** nei quadranti
- 1656: Huygens brevetta l'orologio a **pendolo**, inizia l'era della **precisione**
- fine '600: primi orologi con **bilanciere**
 - compaiono i **secondi** nei quadranti
- 1786: John Harrison costruisce il primo **orologio portatile** che anche in *nave* non perdeva di precisione.



John Harrison



Il Tempo è la Posizione

Orologi e Navigazione

Misurare la Longitudine

Sincronizzo

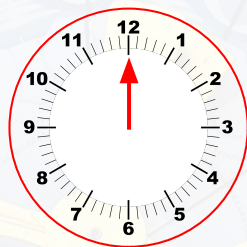
l'**orologio meccanico**

con la **Meridiana** di Bologna.

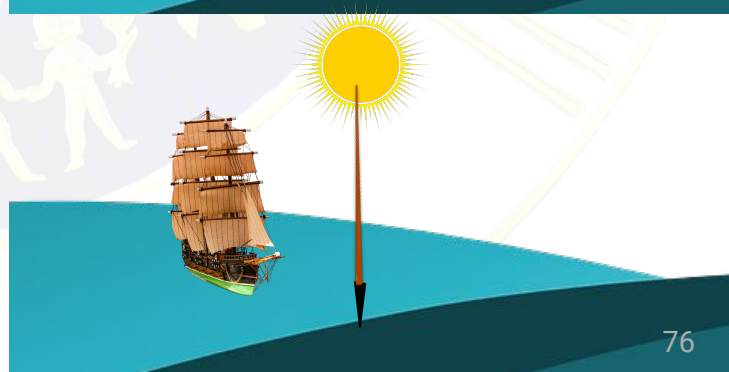
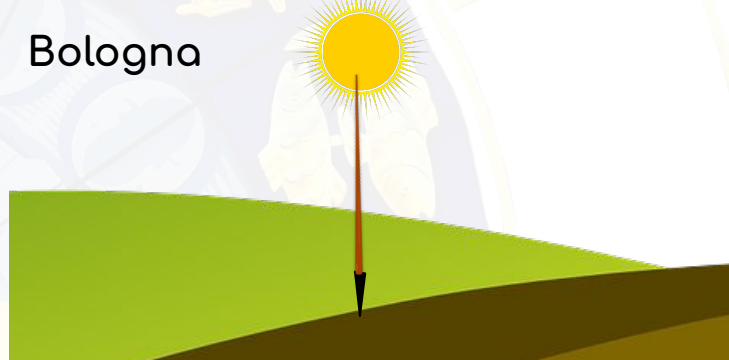
Mi metto in viaggio...

Arrivato a destinazione, quando la **Meridiana** del luogo **segna il mezzogiorno** guardo l'ora del mio **orologio meccanico** (sincronizzato con Bologna).

Le cose sono più complicate!



Bologna



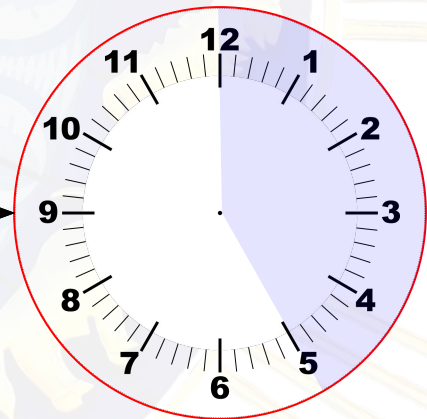
La **differenza di ore** tra

l'ora della meridiana del luogo (*mezzogiorno locale*)

e **l'ora dell'orologio meccanico** sincronizzato
con Bologna

è legata alla **Longitudine**
rispetto a Bologna

- **Ogni ora** di differenza sono **15°** in
Longitudine (W o E)
- Moltiplicando le ore di differenza per 15
ottengo la Longitudine del luogo, rispetto a
Bologna



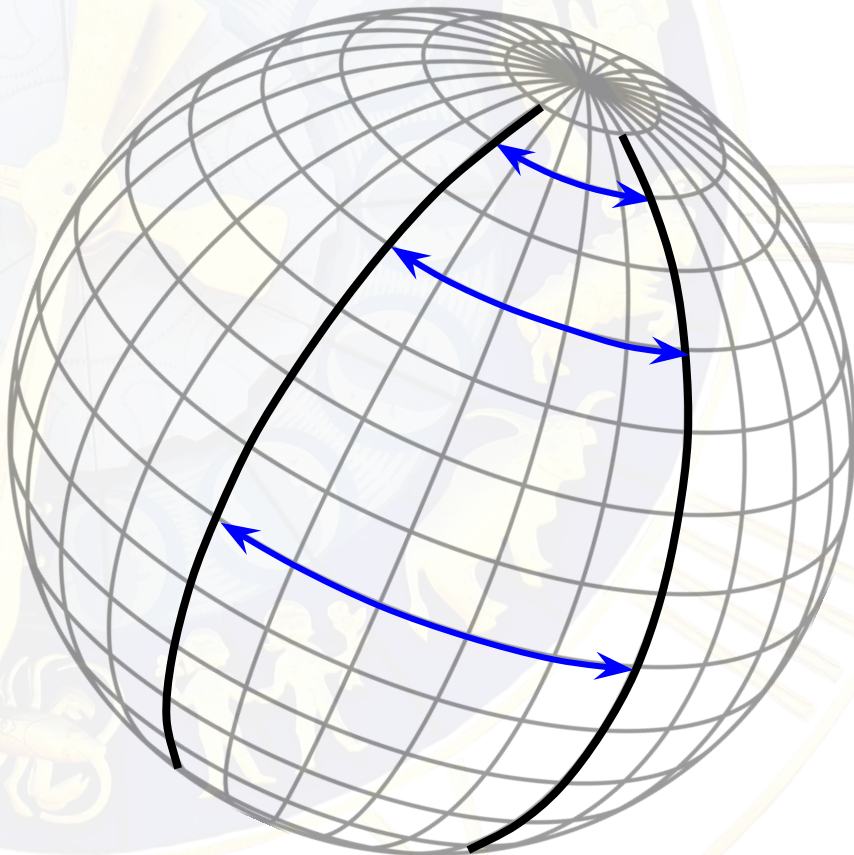
$$5 \times 15 = 75$$

Ma attenzione che...

La **distanza** coperta da 1° in **Longitudine**
dipende anche dalla **Latitudine**

Un errore di **4 minuti** nella misura del tempo
equivale ad un errore di 1° in *Longitudine* che
equivale in km a (in funzione della *Latitudine*):

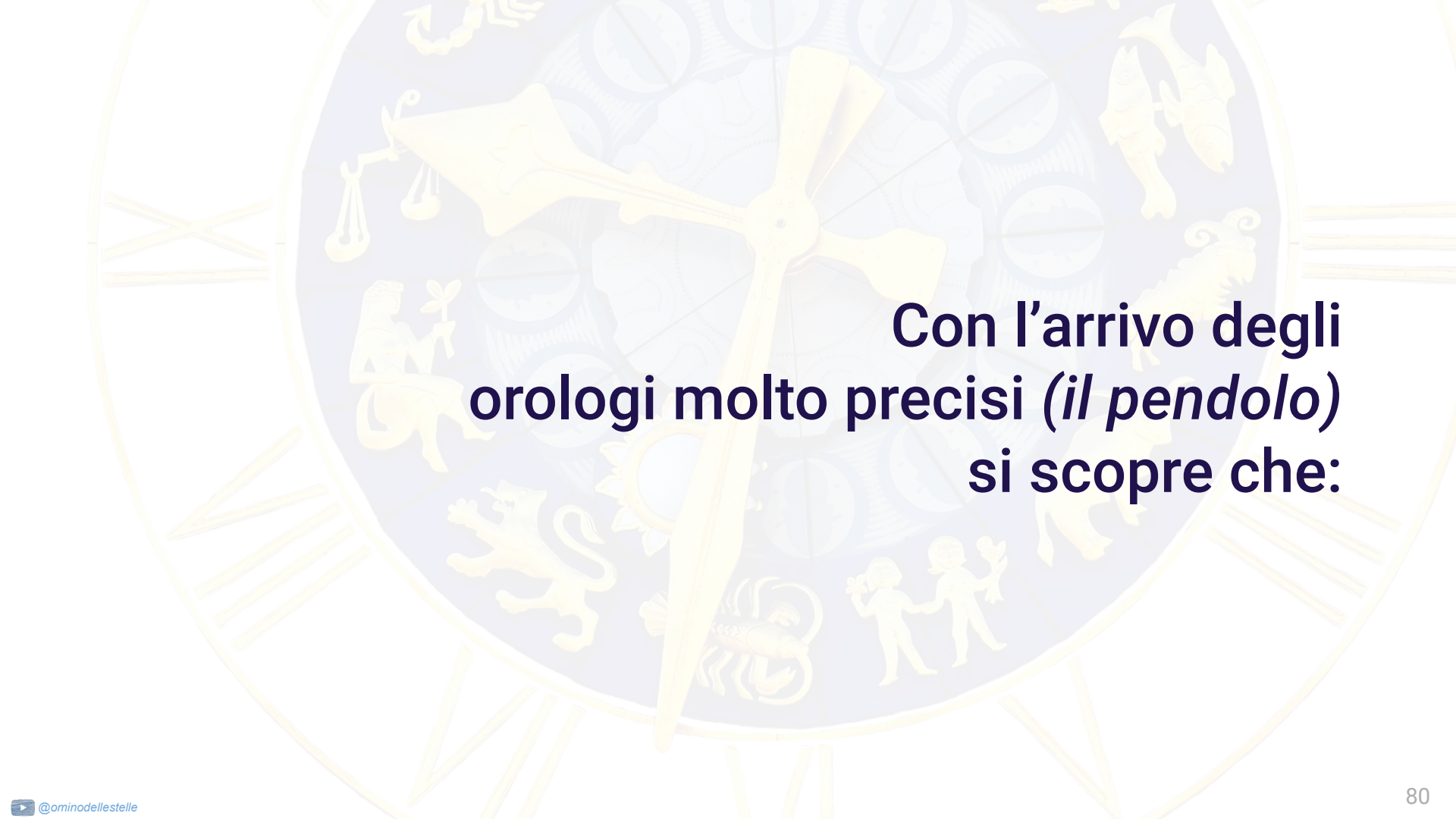
- 111 km - a 0° (Equatore)
- **80 km** - a 45° (Nord Italia)
- 0 km - a 90° (Poli)





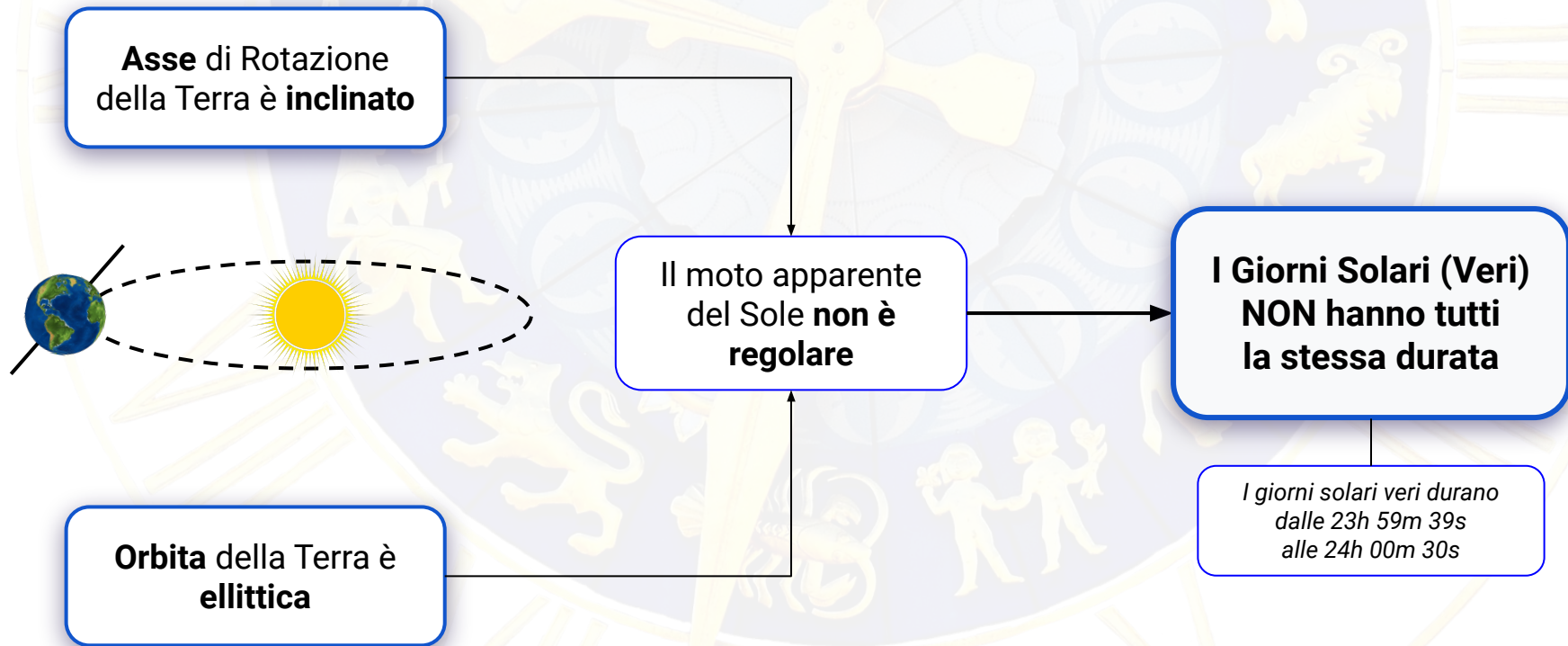
Dal Tempo Locale al Tempo Universale

Verso i Fusi Orari

The background of the slide is a large, faint, light-yellow illustration of a clock face. The clock face is circular with Roman numerals around the perimeter. Inside the circle, there are twelve zodiac signs, each represented by a stylized icon. A large, golden pendulum is shown swinging across the center of the clock face, with its bob positioned near the 12 o'clock position. The pendulum has a long, thin rod and a large, ornate bob. The overall style is that of a vintage or antique clock.

**Con l'arrivo degli
orologi molto precisi (*il pendolo*)
si scopre che:**

I Giorni Solari (Veri) non sono tutti uguali



Due possibilità!

Vincolo l'ora del
mezzogiorno dell'orologio a
quella della meridiana



Cambia
la **durata del Giorno**



*Dobbiamo regolare
gli orologi meccanici quasi ogni
giorno con le meridiane*

Fisso
la **durata del Giorno Solare**



Cambia l'ora a cui cade il
mezzogiorno locale
sul mio orologio

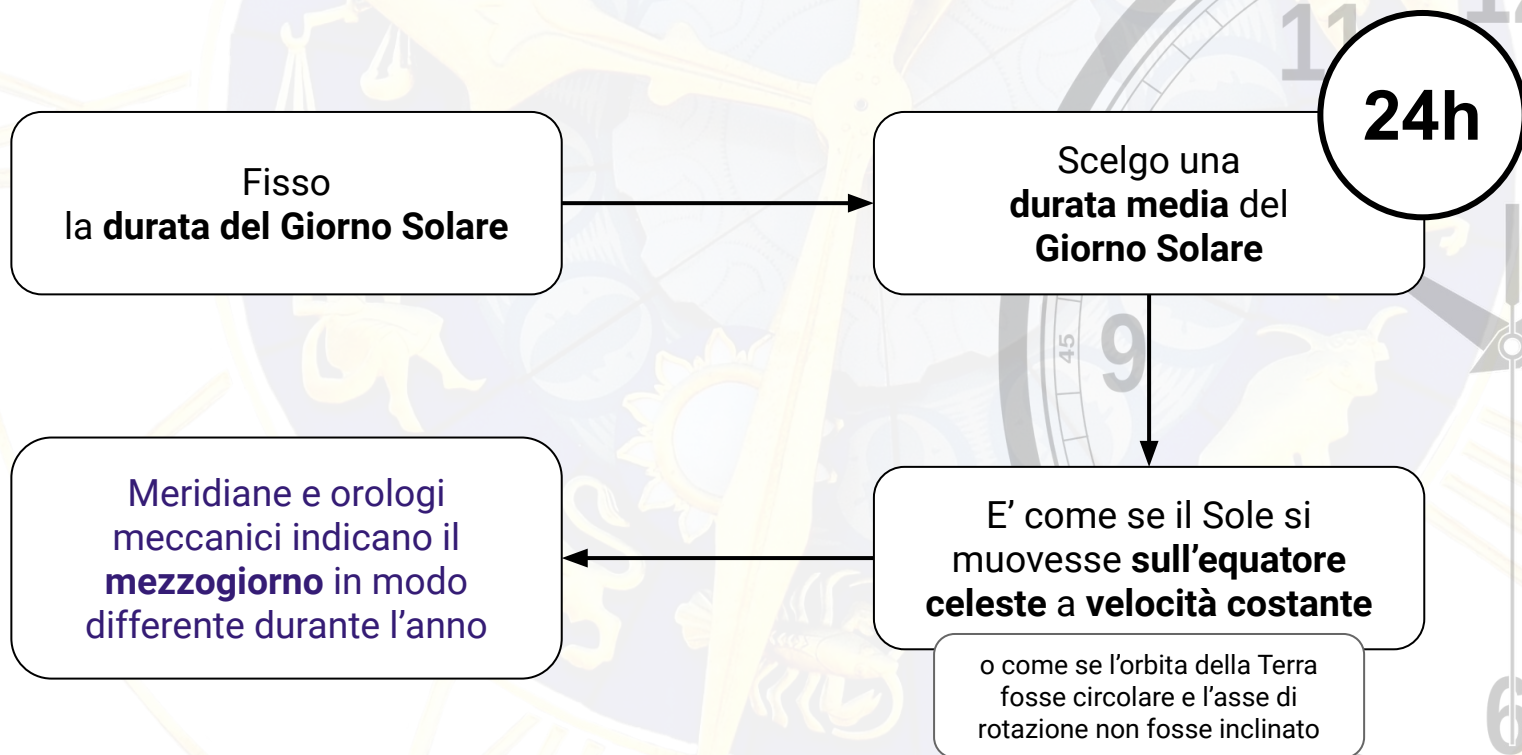


*Non dobbiamo regolare
gli orologi meccanici*

Un giorno dura in media

24 ore

Il Tempo Medio



Il Tempo Medio

1670 - Huygens stila le prime tabelle con

l'equazione del tempo (differenze tra ora

dell'orologio meccanico e ora delle meridiane)

Il tempo medio è usato da astronomi e orologiai

1780 - per la prima volta viene introdotto il
tempo medio, a Ginevra per l'**uso pubblico**

Il tempo medio viene introdotto: a Londra nel
1792, a Berlino nel 1810 e a Parigi nel 1816.

In Italia: a Roma nel 1847, a Torino nel 1849, a

Bologna nel **1860** come a Firenze e Milano.

Con l'introduzione del Tempo Medio, il mezzogiorno dell'orologio meccanico a volte è in anticipo, a volte in ritardo, su quello della meridiana.



L'orologio meccanico spodesta
l'orologio solare

Si “accorciano” le distanze

Con l'arrivo dei **treni** e dei **telegrafi**, i viaggi e le comunicazioni diventano più **rapidi**.

Avere lo **stesso orario** in tutto il Paese diventa importante.

22 settembre 1847 - la *Railway Clearing House* raccomanda a tutte le compagnie ferroviarie di adottare l'orario dell'Osservatorio di Greenwich.

Il Tempo Medio di Greenwich verrà adottato in tutta la Gran Bretagna (non solo negli orari ferroviari) verso la **fine del 1860**



12 Dicembre 1866

Nel Regno d'Italia entra in vigore

l'Ora di Roma (GMT+0:50).

E' stato scelto come giorno di inizio quello in cui entrava in vigore l'orario delle strade ferrate per l'inverno 1866-67

Le **ore italiane** vengono
definitivamente **soppiantate**
da quelle francesi

1866
Ordiniamo che il presente Decreto, munito del Sigillo dello Stato, sia inserito nella raccolta ufficiale delle leggi e dei decreti del Regno d'Italia, mandando a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.
Dato a Firenze addì 22 settembre 1866.

EUGENIO DI SAVOIA

Registrazione alla Corte dei conti addì 5 ottobre 1866
Reg. 57 Atti del Governo a n. 137. Ayres.
Luogo del Sigillo. F. Il Guardasigilli ROCCATTA.

DECRETI.

N.° 3224.

REGIO DECRETO col quale il servizio dei convogli nelle ferrovie, quello dei telegrafi, delle poste, delle messaggerie e dei piroscafi postali nelle Provincie continentali del Regno verrà regolato col tempo medio di Roma e quello nelle isole di Sicilia e di Sardegna ad un meridiano preso nella città di Palermo e di Cagliari.

22 settembre 1866

EUGENIO

PRINCIPE DI SAVOIA-CARIGNANO

LUOGOTENENTE GENERALE DI S. M.

VITTORIO EMANUELE II

PER GRAZIA DI DIO E PER VOLONTÀ DELLA NAZIONE

RE D'ITALIA

In virtù dell'autorità a Noi delegata;

1866

Sulla proposta del Nostro Ministro Segretario di Stato per i Lavori pubblici;

Abbiamo decretato e decretiamo:

Art. 1.

Il servizio dei convogli nelle ferrovie, quello dei telegrafi, delle poste, delle messaggerie e dei piroscafi postali nelle Provincie continentali del Regno d'Italia, verrà regolato col tempo medio di Roma a datare dal giorno in cui sarà attivato l'orario delle strade ferrate per la prossima stagione invernale 1866-67.

Art. 2.

Nelle isole di Sicilia e Sardegna, i servizi predetti saranno regolati ad un meridiano preso sul luogo nelle rispettive città di Palermo e di Cagliari.

Ordiniamo che il presente Decreto, munito del Sigillo dello Stato, sia inserito nella raccolta ufficiale delle leggi e dei decreti del Regno d'Italia, mandando a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.

Dato a Firenze addì 22 settembre 1866.

EUGENIO DI SAVOIA

Registrazione alla Corte dei conti addì 5 ottobre 1866
Reg. 57 Atti del Governo a n. 136. Ayres.
Luogo del Sigillo. F. Il Guardasigilli ROCCATTA.

S. JACINI.

Il mondo "diventa piccolo"

Tempo Medio Nazionale

*Paese che vai,
Ora che trovi!*

Chi viaggiava doveva regolare
in continuazione l'orologio,
anche di frazioni di ora

Tempo Universale

*Tutto il mondo alla
stessa ora*

Utile ma l'impatto sulle vite
delle persone sarebbe stato
enorme

?

Quirico Filopanti

*“**Dividere** la superficie del globo, lungo i meridiani, in **24** regioni longitudinali o **fusi**, che differiscono l’uno dall’altro di un’ora”*

Cap. 77, Miranda, 1858

*“Al **nobile** ed **elevato intento** di ricordare agli uomini, che, malgrado la necessaria distinzione da città a città, da nazione a nazione, essi non debbono **considerarsi** come attendati in campo rivali od ostili, ma quali **membri** di **una sola** grande **famiglia**”*

L'Universo



I Fusi in Italia

L'Italia è una delle ultime, in Europa, ad adottare il Tempo Medio dell'Europa Centrale.

Maggio 1890 - Inizia un dibattito accademico tra sostenitori dei fusi e sostenitori dell'ora universale.

Il Ministro dei Lavori Pubblici si convince.

10 Agosto 1893 - Promulgazione del Regio Decreto

31 Agosto 1893 - Pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale

Entra in vigore...

REGIO DECRETO che regola il servizio delle strade ferrate in tutto il Regno d'Italia secondo il tempo solare medio del meridiano situato a 15 gradi all'Est di Greenwich, che si denominerà tempo dell'Europa centrale.

10 agosto 1893.

(Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del Regno il 31 agosto 1893, n. 205)

UMBERTO I

PER GRAZIA DI DIO E PER VOLONTÀ DELLA NAZIONE
RE D'ITALIA

Visto il regio decreto 22 settembre 1866, n. 3224;
Udito il consiglio dei ministri;
Sulla proposta del Nostro ministro segretario di Stato dei lavori pubblici;
Abbiamo decretato e decretiamo:

Art. 1.

Il servizio delle strade ferrate in tutto il Regno d'Italia verrà regolato secondo il tempo solare medio del meridiano situato a 15 gradi all'Est di Greenwich, che si denominerà tempo dell'Europa centrale.

Art. 3.

Le disposizioni precedenti entreranno in vigore nell'istante in cui, secondo il tempo specificato all'art. 1 in-

2661
mincerà il 1° novembre 1893, e da quell'istante cesserà di aver vigore qualunque altra disposizione contraria.

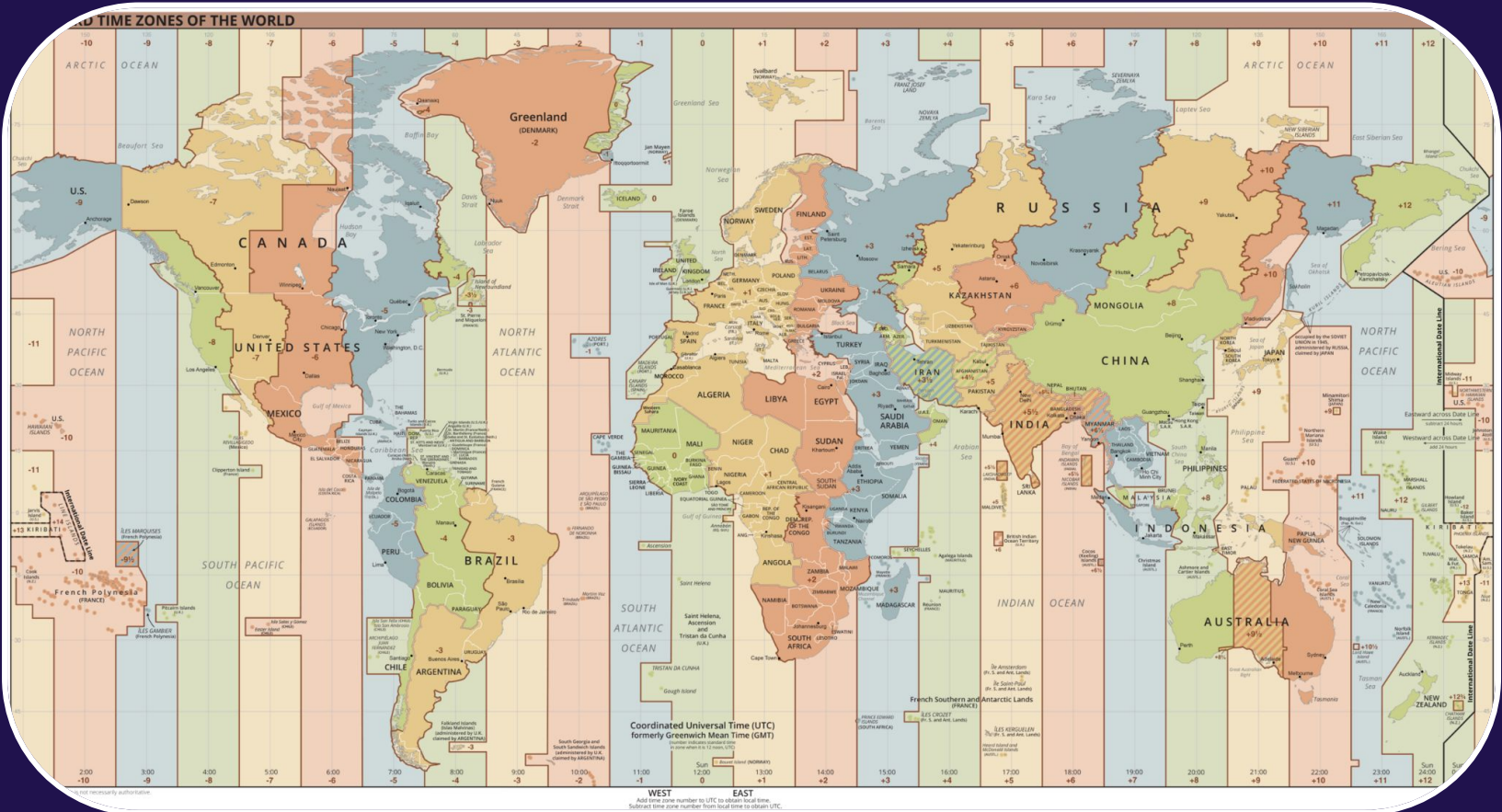
Ordiniamo che il presente decreto, munito del sigillo dello Stato, sia inserito nella raccolta ufficiale delle leggi e dei decreti del Regno d'Italia, mandando a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.

Dato a Roma, addì 10 agosto 1893.

UMBERTO

alla Corte dei conti addì 23 agosto 1893.
P. Atti del Governo a f. 137. PETRECCA.
V. Il Guardasigilli F. SANTAMARIA-NICOLINI.

F. GENALA.



I fusi orari Oggi

Ciclicità

Correlazione

Misura

Organizzazione

Globalizzazione

un tempo “uguale” per tutti

Il tempo della Fisica

Hic sunt leones



Capitolo 5

Verso l'ultra-Precisione

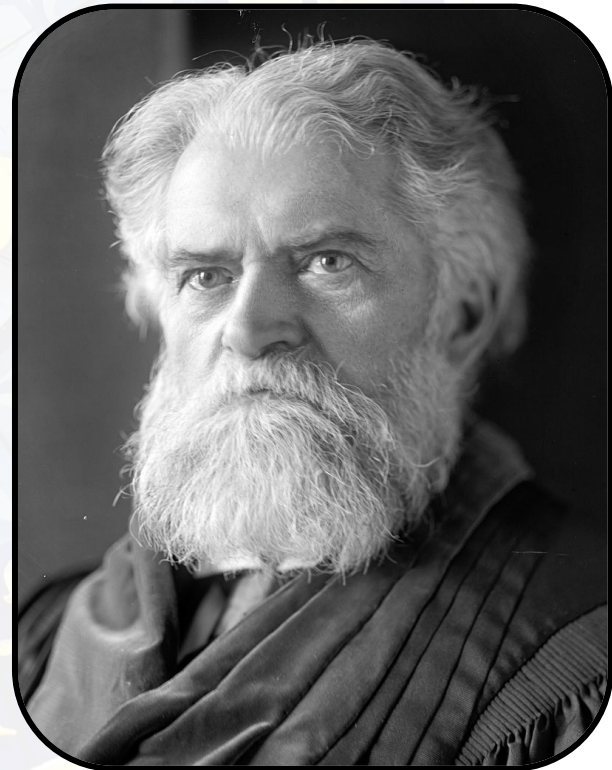
1670 - Huygens e l'equazione del tempo:
il giorno solare non ha la stessa durata.

Il **Tempo Medio in astronomia**.

1780 - Ginevra adotta il **Tempo Medio**: il giorno ha
una durata fissa di **24h**

1832 - Gauss usa il **Secondo** come
unità di misura del tempo

1700-1900 - Si inizia a capire che la durata media del
giorno non è costante nei secoli.



Simon Newcomb

e l'universalità

1874 - Sistema CGS definisce il **Secondo** come la
86.400 parte del giorno solare medio.

1880 - Nasce il **GMT**: per legge nel Regno Unito si usa
un solo orario, quello di Greenwich.

1884 - Si divide il mondo in **fusi** e si individua
il Fuso 0h: quello di **Greenwich**

1940 - Sistema MKS mantiene la definizione di
secondo.



Gli Orologi al Quarzo

fine '800 - Pierre Curie studia la

piezoelettricità

*Alcuni cristalli (ad esempio quelli di quarzo) se sottoposti a **tensione elettrica** alternata entrano in **vibrazione**.*

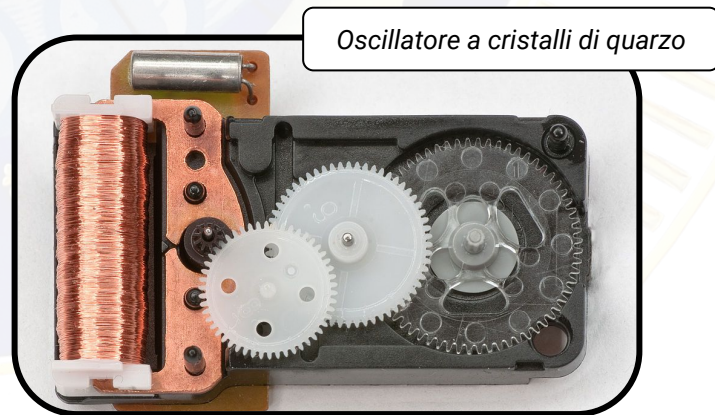
Le **proprietà** dei **cristalli di quarzo**:

- frequenza di **100.000 cicli al secondo**.
- frequenza non cambia
 - con la temperatura
 - con pressione atmosferica
- ha vibrazioni isocrone per qualsiasi ampiezza.

1927 - **Primo orologio al quarzo** costruito dagli ingegneri della Bell Telephone Laboratories.

1939 - Primo orologio al quarzo installato a **Greenwich**

1962 - Primo orologio al quarzo **da polso** (fatto in Svizzera)



Dal Secondo del giorno al Secondo dell'anno

1874 - Un secondo è la **86.400** parte del **giorno solare medio**.

1940... - Gli orologi al quarzo permettono di misurare la durata del giorno con una precisione di 1 su 10^8

- ★ La rotazione terrestre (che non è uniforme) è meno stabile degli orologi al quarzo
- ★ La rivoluzione terrestre permette una maggiore stabilità

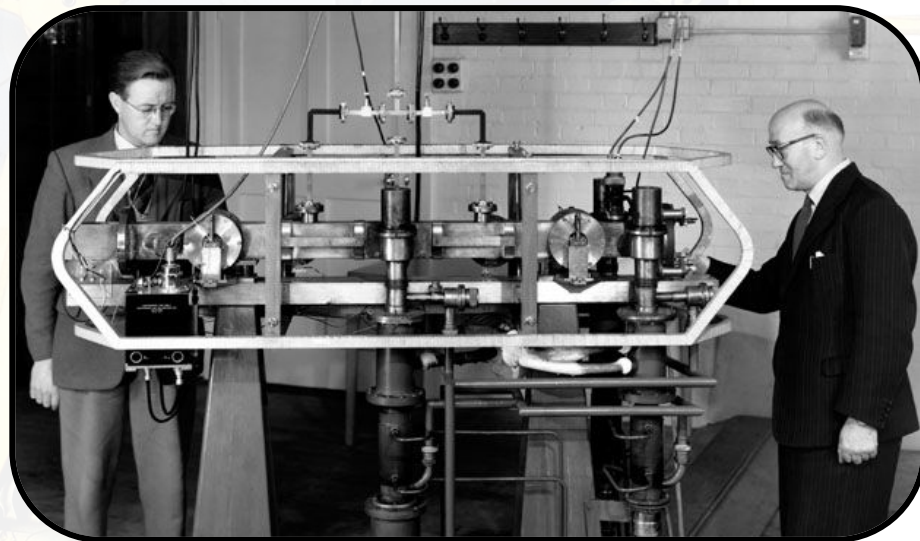
1956 - Un secondo è la frazione **$1/31.556.925,9747$** dell'**Anno Tropic** dello 0 Gennaio 1970 alle ore 12 del Tempo delle Effemeridi.

Gli Orologi Atomici

1949 - **primo orologio atomico** installato presso il National Bureau of Standards, Maryland (USA)

1955 - Il **primo orologio atomico al cesio** sufficientemente accurato. Costruito da Louis Essen al National Physical Laboratory in Gran Bretagna.

Fu poi installato presso l'osservatorio di Greenwich a Londra.



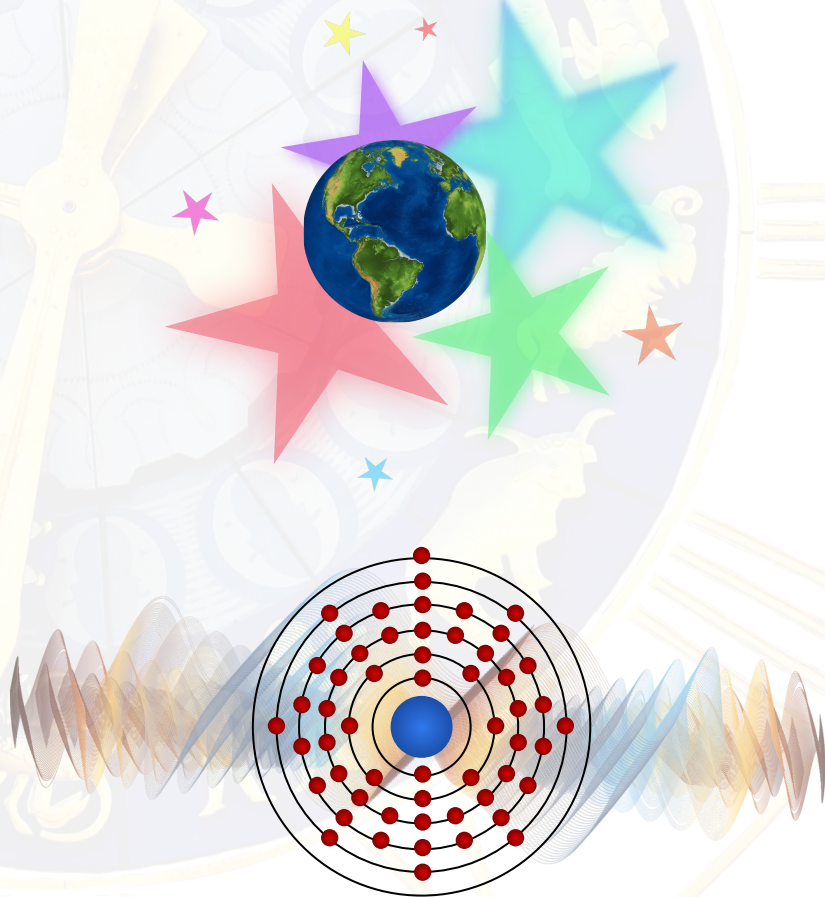
Primo orologio atomico al Cesio Louis Essen e J. V. L. Parry - UK National Physical Laboratory (1955).

Il Tempo si fa atomico

1956 - Un secondo è la frazione $\frac{1}{31.556.925,9747}$ dell'**Anno Tropico** dello 0 Gennaio 1970 alle ore 12 del Tempo delle Effemeridi

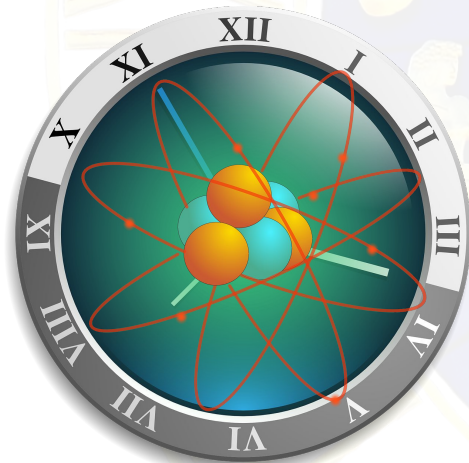
1967 - **Definizione atomica** del secondo.
Un secondo è uguale a 9.192.631.770 cicli della radiazione corrispondente alla transizione iperfine dello stato fondamentale del Cesio 133

1972 - Viene istituito il **Tempo Universale Coordinato** (UTC) che si basato sul **Secondo** (SI) (derivato dagli orologi atomici) e sulla *rotazione della Terra* (UT1)



Il Tempo Universale Coordinato

Il tempo degli atomi



TAI

Il tempo delle stelle



UT1

&



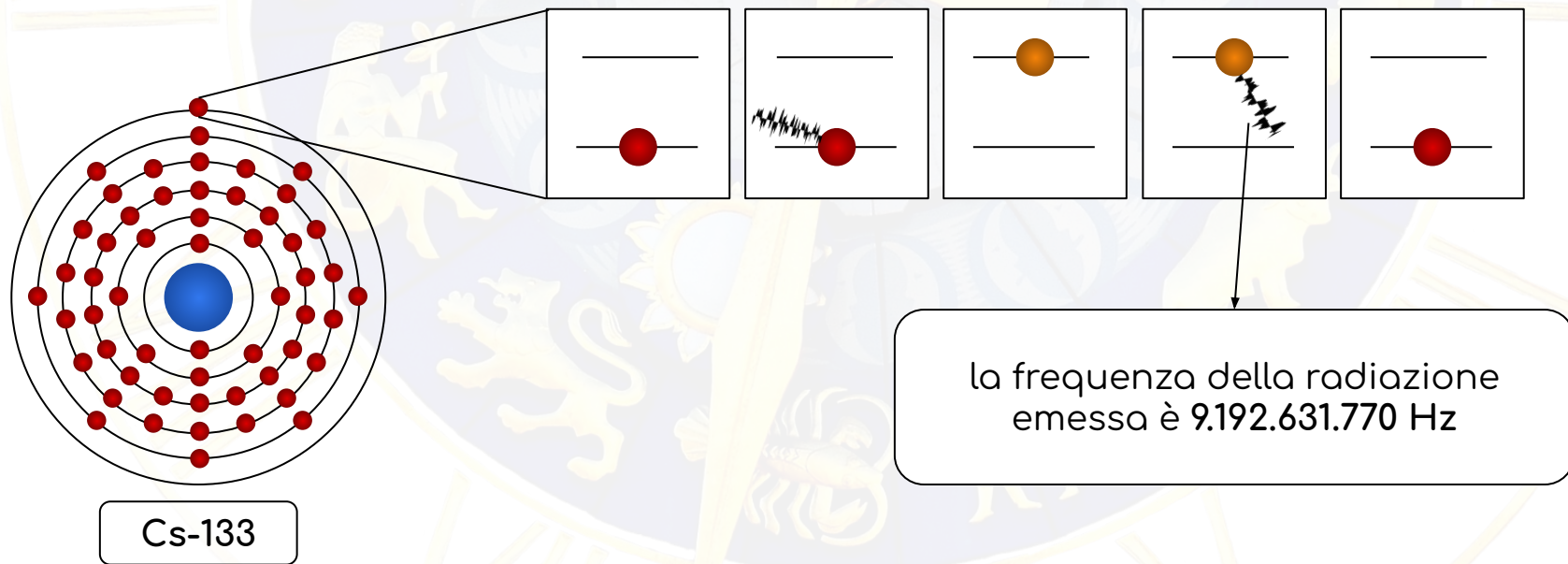
UTC



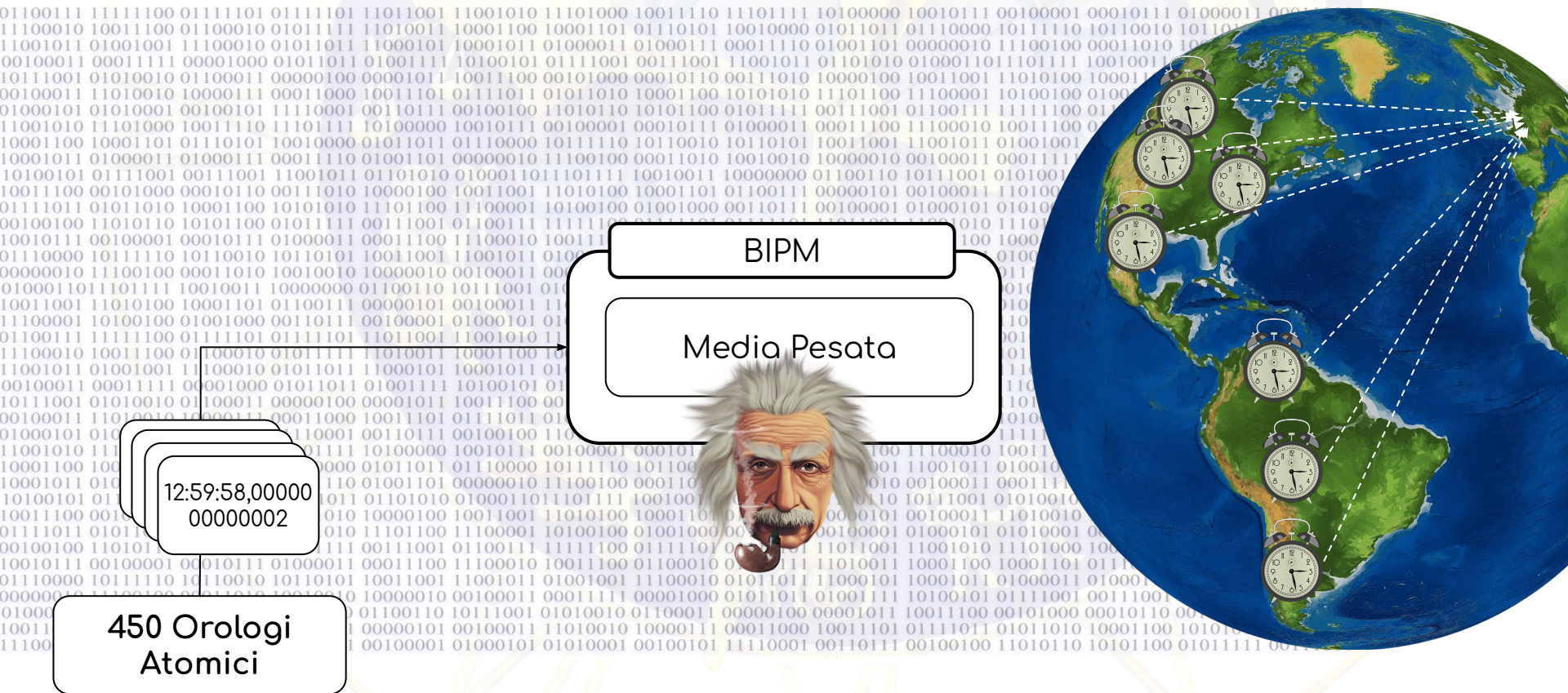
Il Tempo degli Atomi

La precisione è qui

Orologi Atomici



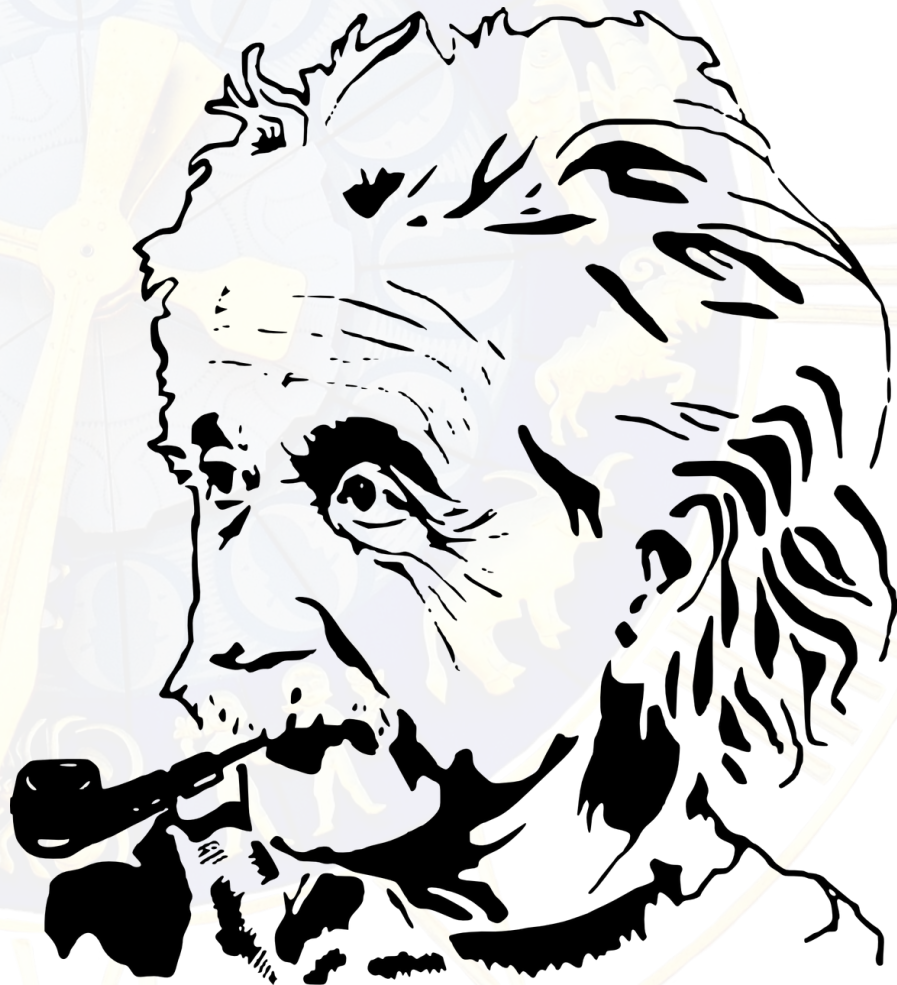
Una rete di Orologi Atomici



Entra in gioco Einstein

Fermi tutti!
Io non ho mai detto che
"Tutto è relativo"

Ho detto che
la simultaneità è relativa!

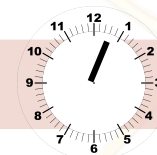


Chi va piano...

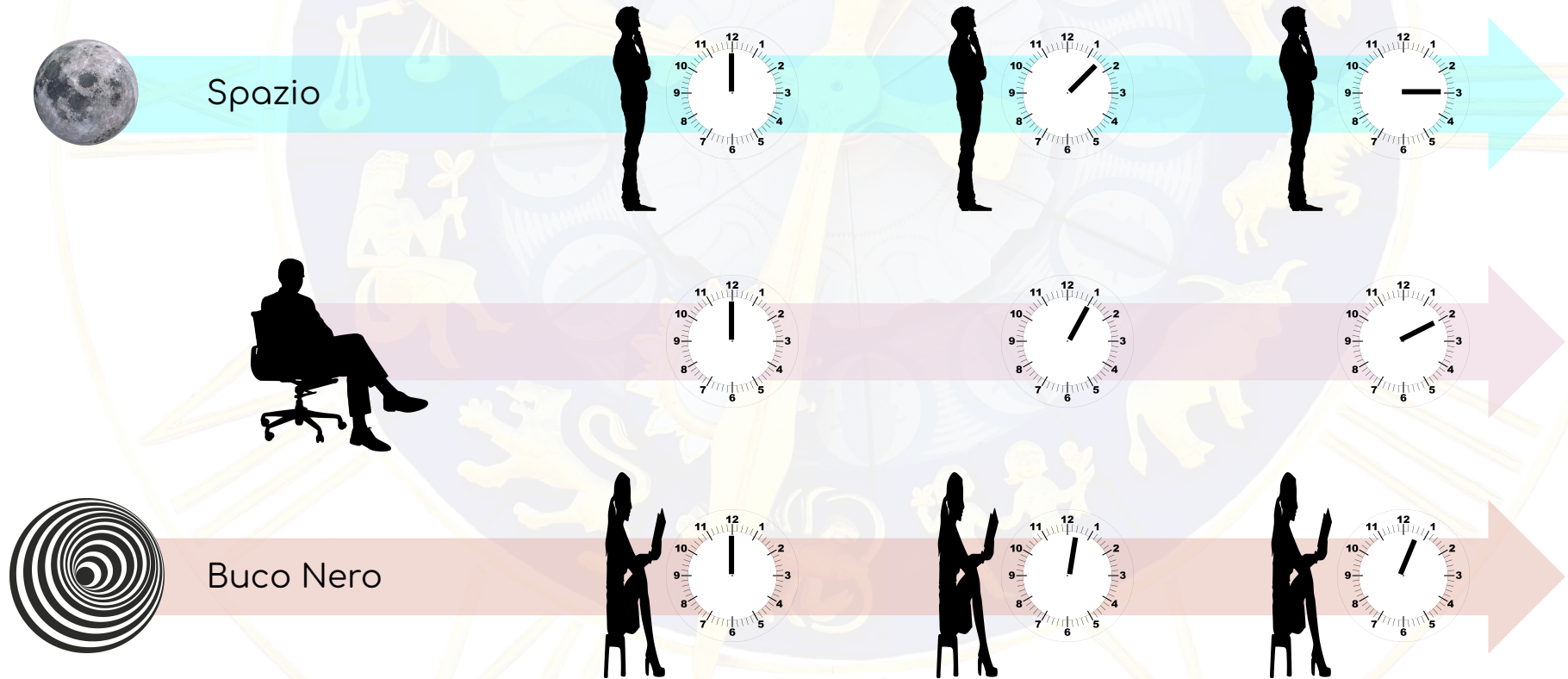
Fermo
rispetto a me



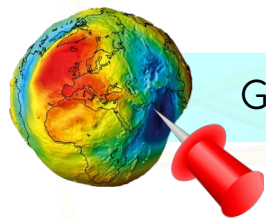
Si muove veloce
rispetto a me



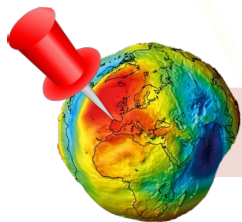
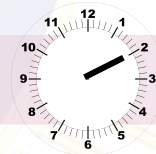
La massa che deforma



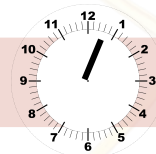
Luogo che vai, Tempo che trovi



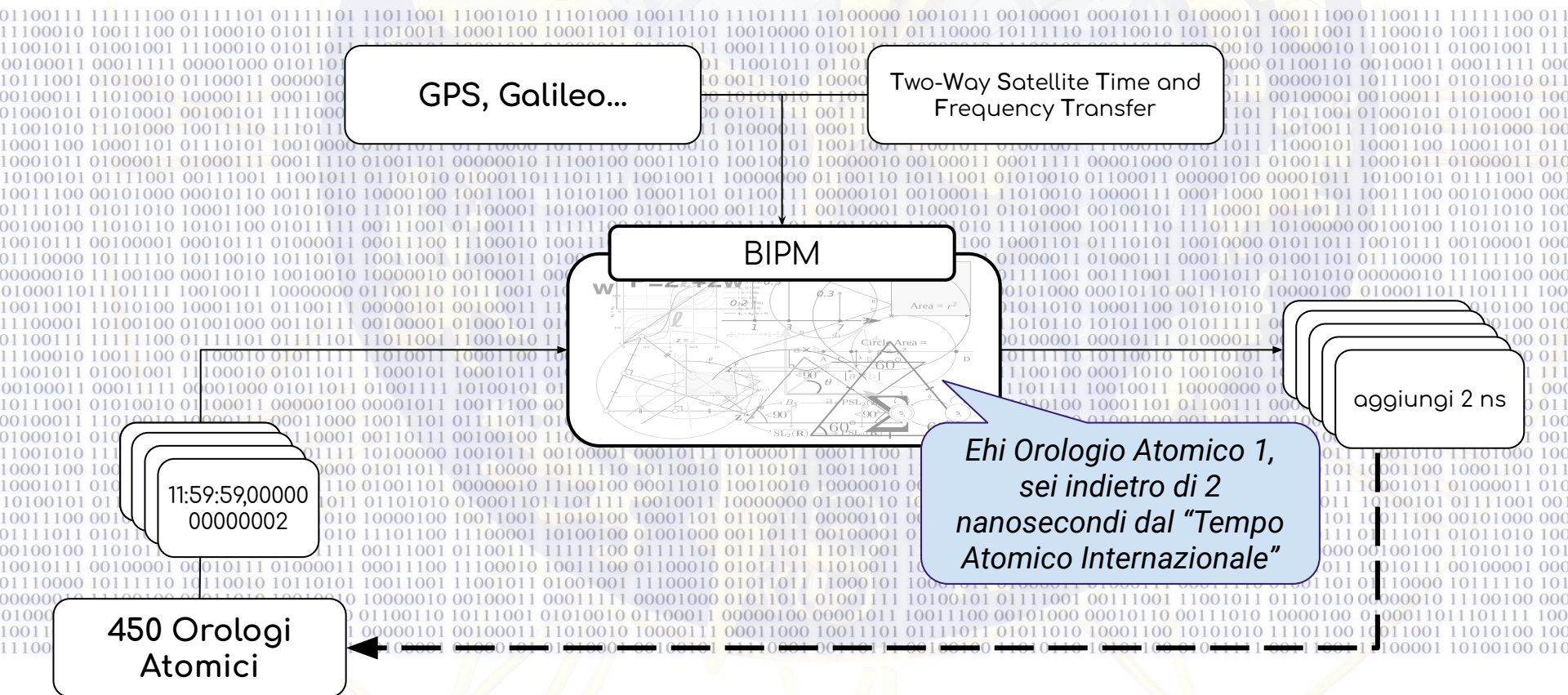
Gravità Minore



Gravità Maggiore



Una rete di Orologi Atomici





Il Tempo delle Stelle

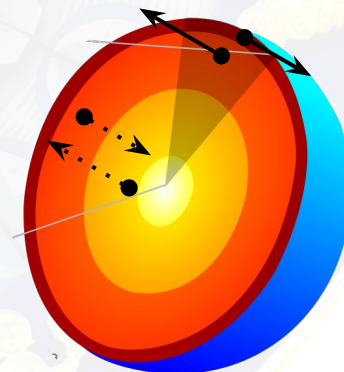
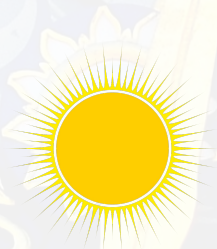
Gira il mondo gira, ma a che velocità gira?

Cosa cambia la velocità di rotazione della Terra?

Tutto ciò che **“sposta”** massa
accelera (rallenta) la Terra



Forze Mareali

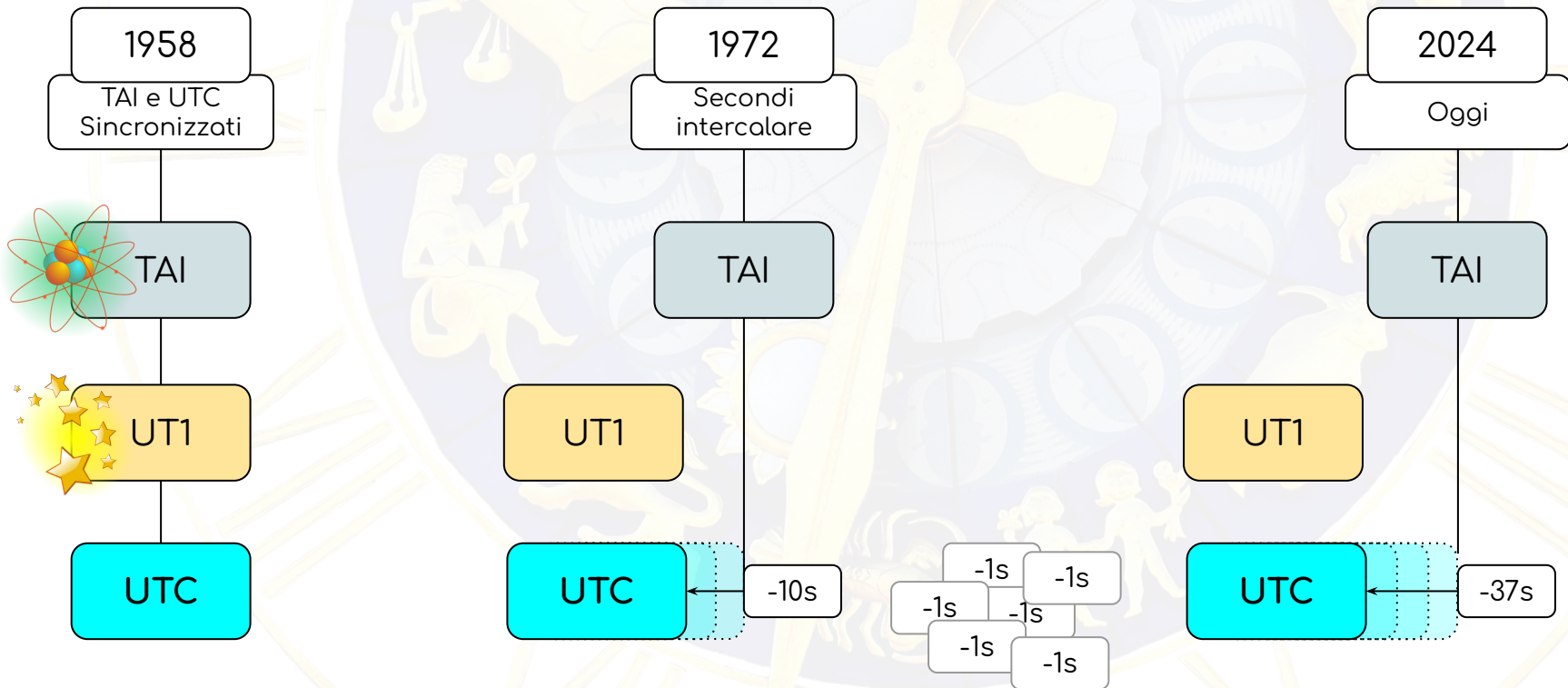


Moti interni e
“superficiali” della Terra

La Terra Rallenta



UTC si “adegua” alla rotazione



Se a casa avete un orologio atomico...

2024



TAI

— 37 s =



UTC

Se siete in Europa...



UTC

+



CET

=



Tempo
Standard

L'Ora Legale

4 Giugno 1916 - Introdotta in Italia come **Ora di Guerra**, consisteva nel portare avanti di 1h l'orario durante il periodo estivo per **risparmiare** energia elettrica.

1996 - entrata in vigore in tutta l'UE

2000 (2010 in Italia) - **cambio fissato**: *ultima domenica di Marzo - ultima domenica di Ottobre*, spostando le lancette dalle 2:00 (1:00 UTC) alle 3:00 (2:00 UTC) e viceversa.

2019 - Parlamento Europeo vota per l'**abolizione** senza però ottenere approvazione dal Consiglio Europeo.



Ciclicità

Correlazione

Misura

Organizzazione

Globalizzazione

Precisione

alla ricerca dell'essenza

la misura del tempo

infinitamente grande

Naturale

Impreciso

Concreto

Locale

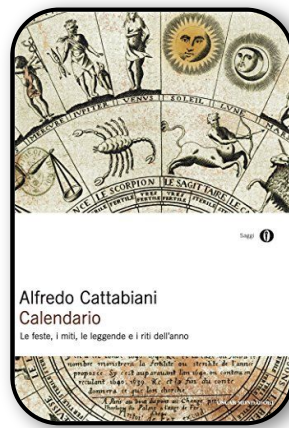
infinitamente piccolo

Artificiale

Preciso

Effimero

Universale



Web:

- rete di Eratostene
- <http://fram.interfree.it>
- <https://www.sundials.eu/>



Omino delle Stelle