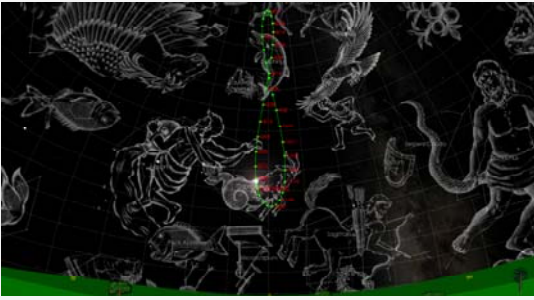


LA MISURA DEL TEMPO CON IL SOLE DAL MEGALITISMO PREISTORICO ALLE MERIDIANE MODERNE

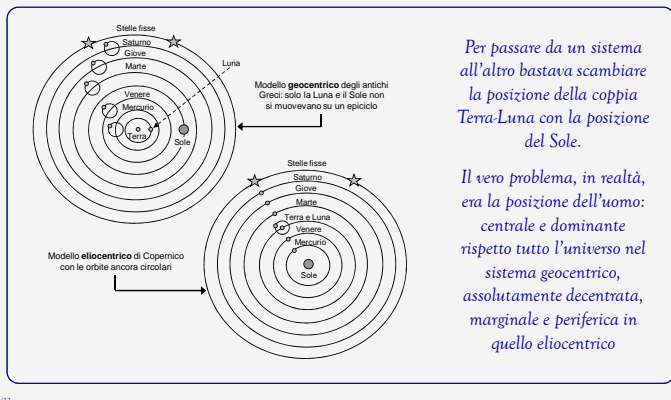


GAAM - Presso il Negozio Civico ChiAmaMilano - Via Laghetto 2 - Milano
Venerdì, 6 Maggio 2016

NOTE E PRO MEMORIA

Argomento che spazia dall'astronomia: il tempo è sempre stato regolato da evidenti fenomeni celesti, all'archeologia: la necessità di misurare il tempo è antica quanto l'uomo

I DUE MASSIMI SISTEMI DI GALILEO



Gli argomenti di questa conferenza verranno trattati usando il vecchio sistema geocentrico (Tolemaico): terremo ferma la Terra e faremo muovere il Sole, i pianeti e le stelle attorno ad essa per una questione di comodità. Del resto è sempre il Sole che si muove nel cielo quando diciamo che sorge a Est, culmina a Sud e tramonta a Ovest. Oggi sappiamo che neppure il Sole è al centro dell'universo e non lo è nemmeno la nostra galassia anzi, non è proprio possibile determinare un centro dell'universo, altrimenti potremmo calcolare distanze, velocità, accelerazioni assolute. Ne discende che qualsiasi oggetto può essere utilizzato come sistema di riferimento, purché lo si dichiari esplicitamente e tutti i fenomeni vengano descritti, da un punto di vista fisico-matematico, in modo coerente con il sistema scelto.

CONCETTO DI TEMPO

Tito Lucrezio Caro (*De Rerum Natura, Libro V, vv.1224/1226*)

"Il tempo trasforma la natura del mondo ed è legge che una nuova condizione si avvicini sempre alla precedente e impronti di sé l'universo: nulla rimane uguale a sé stesso, tutto si trasforma, la natura costringe ogni cosa a modificarsi e a mutare".

Aristotele (*Fisica, IV, 11, 219 b*)

"Il tempo è il numero del movimento secondo il prima e il dopo".

Sant'Agostino (*Le confessioni, Libro XI, par. 14.17*)

"Allora che cosa è il tempo? Se nessuno me lo domanda, lo so. Se voglio spiegarlo a chi me lo domanda, non lo so più".

Isaac Newton (*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica, I, def. VIII*)

"Il tempo assoluto determina il tempo vero, matematico, che scorre uniformemente senza relazioni con nulla di esterno, mentre il tempo relativo, apparente, volgare, è una misura sensibile della sua durata ed è utilizzato al posto del tempo vero".

Immanuel Kant (*Critica alla ragion pura, A 426-7/B 454-5*)

"Il mondo non ha né inizio né limiti nel tempo e nello spazio, ma è infinito tanto in relazione al tempo quanto allo spazio".

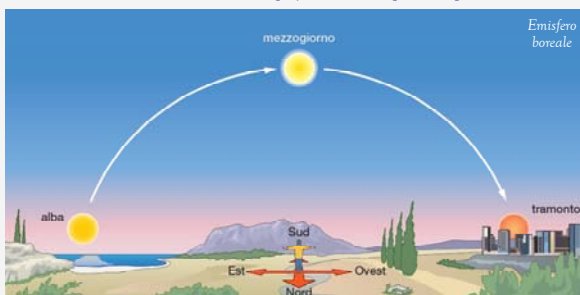
Albert Einstein (*Come io vedo il mondo, cap.VIII: Caratteri della teoria della relatività*)

"Non è a cuor leggero che si sono abbandonate certe idee, considerate fino ad allora come fondamentali, sul tempo e sullo spazio assoluti e indipendenti"

Molti filosofi e scienziati - sia antichi, sia moderni - hanno cercato di dare una definizione semplice del tempo: operazione tutt'altro che facile. La definizione scritta da Aristotele sembra dimenticare il "presente", infatti si tratta di una grandezza aleatoria, quasi inesistente, un infinitesimo rispetto al passato e al futuro. La definizione di Newton è altisonante, sembra dettata per essere scolpita nel marmo e verrà ridimensionata dalla definizione di Einstein: non esiste un tempo assoluto, ma solo un tempo relativo, che non è lo stesso per due osservatori in movimento tra di loro. Pensiamo che l'uomo moderno abbia risolto brillantemente tutte le questioni legate alla misura del tempo? Allora come mai, poco prima dell'anno 2000, è sorta la grande questione della "vera" data di cambiamento del millennio...?

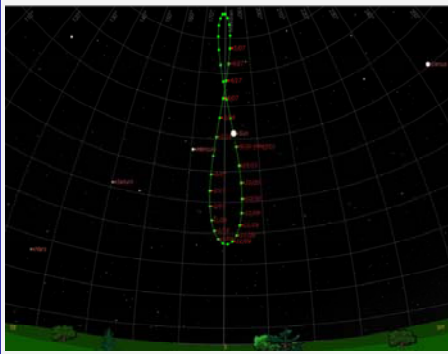
IL MOTO GIORNALIERO DEL SOLE

Il ciclo giornaliero del Sole è il più immediato e il più importante, quello che determina l'alternarsi del giorno e della notte. Si tratta di un ciclo fondamentale per tutti gli esseri viventi, il cui metabolismo si è adattato perfettamente a questa sequenza di luce e buio



(Mostrare il movimento giornaliero del Sole con Stellarium scegliendo un giorno autunnale/invernale per avere tutto l'arco visibile). Evidenziare il fatto che, mentre nell'emisfero boreale bisogna guardare verso Sud per avere di fronte il Sole, nell'emisfero australe, invece, bisogna guardare verso Nord, di conseguenza i punti cardinali Est e Ovest si invertono tra di loro e il movimento giornaliero del Sole sarà contrario rispetto a quello dell'emisfero boreale, infatti andrà da destra verso sinistra (mostrare l'inversione di moto con Stellarium).

IL MOTO ANNUALE DEL SOLE



Il ciclo annuale del Sole è un po' più complicato, da un punto di vista concettuale, rispetto al moto giornaliero. Anch'esso, tuttavia, rivestiva e riveste una notevole importanza, perché al variare dell'altezza del Sole sopra l'orizzonte, corrisponde l'alternarsi delle stagioni

MATEMATICAMENTE:
 $h = 23^\circ,45 \text{ sen } \omega t$

5/33

IL TEMPO PER IL CACCIATORE RACCOGLITORE DEL PALEOLITICO

Per i cacciatori / raccoglitori / rovistatori del Paleolitico, l'istinto della misura del tempo era legato alla corretta valutazione dell'alternarsi del buio e della luce diurna. L'istante fondamentale della giornata era quello della culminazione del Sole – il mezzogiorno – che divideva la giornata in due parti uguali. L'intervallo di tempo più importante per la loro attività, quindi, era quello che noi oggi chiamiamo la durata del giorno solare. A loro bastava sfruttare bene la giornata, con una proficua battuta di caccia: furono i figli antesignani del celebre motto "carpe diem"

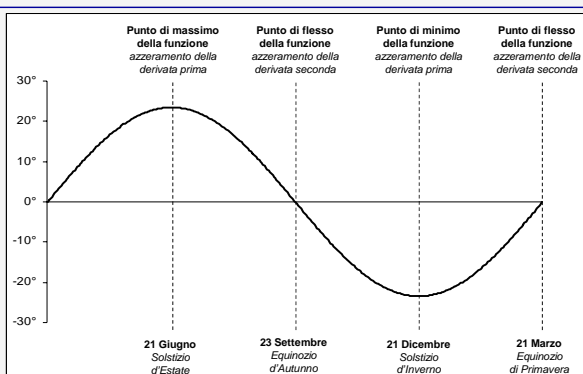
6/33

IL TEMPO PER L'AGRICOLTORE ALLEVATORE DEL NEOLITICO

Per l'agricoltore / allevatore del Neolitico la durata della luce diurna ha un'importanza relativa, visto che tutte le sue attività agricole si svolgono appena fuori dalla capanna o appena al di là dell'accampamento. Fondamentale, invece, diventa l'essere in grado di stabilire, in modo preciso, il ritorno periodico delle stagioni, per non farsi mai trovare impreparato nell'assecondare il ciclo naturale della vegetazione. Gli insediamenti degli agricoltori neolitici dovranno attrezzarsi, quindi, non solo per poter immagazzinare tutti i frutti e i raccolti dispensati loro dalla natura, necessari per superare la cattiva stagione, ma anche per stabilire – in modo preciso – l'alternarsi delle stagioni

7/33

MOTO ANNUALE DEL SOLE



8/33

L'unico problema che poteva porre il moto giornaliero del Sole presso i popoli preistorici era come fosse possibile che il Sole, tramontato la sera prima a Occidente, riapparisse il mattino dopo a Oriente: doveva, per forza, esserci un passaggio attraverso le fondamenta della Terra (che, per loro, era sicuramente l'oggetto più grande e fisso dell'universo). Ben più complicato da spiegare, invece, era il moto annuale che faceva percorrere al Sole degli archi giornalieri nel cielo che oscillavano in maniera sincronizzata con le stagioni (freddo e caldo), da un punto massimo a un punto minimo sopra l'orizzonte, un vero rompicapo.

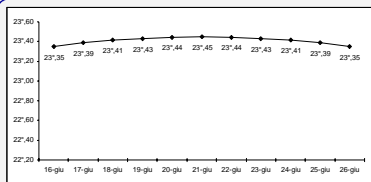
(Mostrare con Stellarium l'arco massimo e l'arco minimo con l'analemma annuale, facendo scorrere il tempo con l'intervallo di un giorno, alle ore 13,30).

Il Sole, quindi, offre due cicli di tempo con periodi notevolmente differenti tra di loro: 24 ore e 365,24... giorni. Quale dei due cicli del Sole venisse maggiormente utilizzato dagli uomini preistorici per tenere registrato lo scorrere del tempo, dipendeva ovviamente dal tipo di organizzazione sociale e dalle attività di sussistenza necessarie e indispensabili per la sopravvivenza della società stessa.

Ricordare che la rivoluzione del Neolitico non riguardò solo gli aspetti tecnologici, organizzativi e sociali (V. Gordon Childe), ma anche alcune modifiche a livello di DNA umano, con "errori" genetici vantaggiosi, come ad esempio, la diffusione della tolleranza al lattosio per gli adulti (contrariamente all'intolleranza naturale di tutti gli individui adulti dei mammiferi). La grande disponibilità di latte (sono diventati allevatori) e delle prime forme di cagliate, induce un loro consumo continuo da parte degli adulti. Questo errore genetico si sta ancora diffondendo, le popolazioni europee hanno una grande percentuale di adulti che tollerano il lattosio, altre popolazioni, come i Cinesi, invece no.

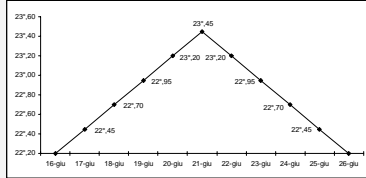
Tutte le attività agricole sono scandite dal ritmo delle stagioni e l'agricoltore del Neolitico doveva, quindi, essere in grado di stimare con una certa precisione il loro ritorno cadenzato. Il moto annuale del Sole è rappresentato da una sinusoidale, quali sono i momenti che permettono di ottenere una buona stima con una sufficiente precisione? Non gli istanti equinoziali perché nel cielo non si vede il riferimento dell'equatore celeste e il Sole continua a scendere (in autunno) o a salire (in primavera). Gli istanti solstiziali, invece, si prestano bene a tale misura, perché una volta che il Sole ha raggiunto il punto massimo in estate, poi deve iniziare a discendere, viceversa per il punto di minimo in inverno. Però...

SOLSTIZIO: SOL STAT



In una funzione sinusoidale (che rappresenta un'oscillazione naturale) è difficile stimare ad occhio il punto esatto del picco massimo, perché troveremo valori molto prossimi tra di loro, per parecchi giorni consecutivi

In una funzione triangolare (che non rappresenta un'oscillazione naturale) il picco massimo è rappresentato da un punto angoloso ben evidente, poiché in quel punto avviene un cambiamento di direzione istantaneo



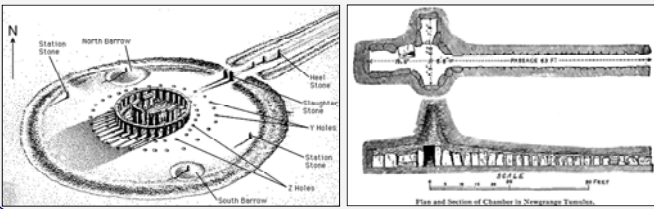
Però... la funzione sinusoidale non si presta a una facile stima degli istanti di massimo e di minimo, perché la variazione di altezza in quei giorni è minima.

(Mostrare con Stellarium quanto è ampia la variazione giornaliera in altezza del Sole nei giorni prossimi agli equinozi e quanto, invece, è piccola attorno ai solstizi).

La funzione triangolare non rappresenta un moto naturale, viene mostrata solo per evidenziare quanto potrebbe essere facilitata la lettura del picco di massimo, rispetto a una funzione sinusoidale.

I MONUMENTI ASTRONOMICAMENTE ORIENTATI

Non è stata la semplice voglia di realizzare le cose in grande a far sì che le prime strutture astronomicamente orientate, riferite al moto annuale del Sole, fossero sempre delle costruzioni di notevoli dimensioni. La scelta era obbligata, a causa dell'insignificante variazione di altezza del Sole nei giorni prossimi ai Solstizi



Due mire opportunamente posizionate mostrano una variazione di altezza di un paio di millimetri, nei giorni prossimi al solstizio (sia estivo, sia invernale) solo se sono distanziate tra di loro di circa 25 m. I monumenti astronomicamente orientati degli antichi avevano all'incirca queste dimensioni. La loro costruzione procedeva ovviamente in maniera empirica, non servivano particolari capacità tecnico-scientifiche: è relativamente semplice immaginare di alzare due mire, una fissa di riferimento e una seconda mobile, da spostare giornalmente, fino a scoprire quando si verifici il punto di massimo/minimo del fenomeno che si vuole osservare. Attorno a queste due mire poteva essere costruito un eventuale terrapieno per poter utilizzare il sito in maniera continuativa.

DIFFUSIONE DEL MEGALITISMO

Mappa in cui sono evidenziate le principali aree geografiche, in Europa occidentale, in cui vi è la maggior concentrazione dei monumenti astronomicamente orientati

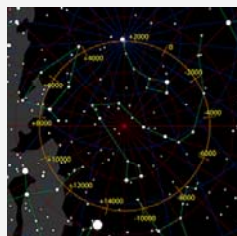
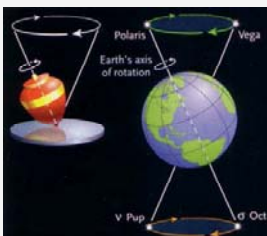


1. Gruppo scozzese
2. Gruppo nord-ovest irlandese
3. Gruppo sud-est irlandese
4. Gruppo del Galles
5. Gruppo della Cornovaglia-Devon-Scilly
6. Gruppo del Wiltshire-Somerset
7. Gruppo del Kent
8. Gruppo del Baltico
9. Gruppo nord tedesco
10. Gruppo dell'Ile de France-Picardie
11. Gruppo della Normandia
12. Gruppo del massiccio Armoricano
13. Gruppo del Poitou-Charente
14. Gruppo del Massiccio centrale del Sud
15. Gruppo Alpino Provenzale
16. Gruppo Corso-Sardo
17. Gruppo di Cadice
18. Gruppo andaluso
19. Gruppo dei Pirenei spagnoli
20. Gruppo del Magreb (Algeria e Tunisia)

I siti dell'Europa occidentale dove vi è una forte concentrazione di monumenti astronomicamente orientati, sono noti da parecchio tempo. Attorno a questi siti, si è spesso venuto a creare un alone di mistero e di leggenda, a causa della perdita delle conoscenze accumulate relative al loro funzionamento e al loro utilizzo originario, dovuto al mancato trasferimento delle informazioni alle generazioni successive. Nel caso di sopraffazioni, invasioni violente, genocidi, si perdevano tutte le conoscenze sviluppate fino ad allora e i nuovi conquistatori dovevano riadattare il monumento alle loro esigenze e ai loro usi, senza poter sfruttare le conoscenze pregresse dei popoli che li avevano preceduti.

MISURARE IL TEMPO CON LE STELLE

Gli antichi Egizi misuravano il ritorno periodico delle stagioni basandosi sulla levata eliaca di Sirio, ossia quando questa stella si rendeva visibile appena prima del sorgere del Sole, perché iniziavano le piene del Nilo. In sostanza misuravano l'anno siderale invece dell'anno tropico ma, a causa del fenomeno della precessione degli equinozi, l'anno siderale è soggetto a uno sfasamento di circa 1 grado ogni 70 anni (360 gradi in 26 mila anni) rispetto all'anno tropico, il quale, invece, deve mantenere perfettamente agganciate le stagioni con il calendario



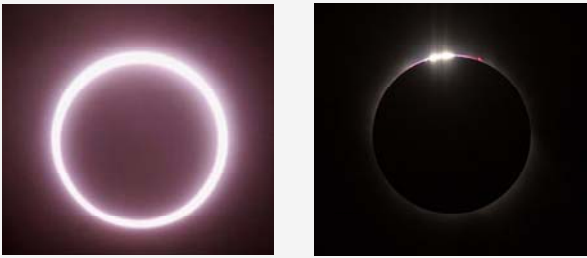
Il tempo può essere misurato non solo con il Sole, ma anche con le stelle. Mettere in evidenza nell'immagine di destra le varie stelle polari che si alternano con un ciclo di circa 26 mila anni, a causa del fenomeno della precessione degli equinozi. Ad esempio, 5 mila anni fa, con i primi regni d'Egitto, la stella polare era Thuban, nella costellazione del Drago. Stelle polari notevoli sono state e saranno Deneb (Cigno) e Vega (Lira) che, però, non saranno mai così vicine al polo Nord come l'attuale alfa dell'Orsa minore.

Ricordare come gli antichi Egizi sono stati fortunati nell'aver scelto Sirio come stella di riferimento, perché è la stella più luminosa ed essendo una delle più vicine, ha un grande moto proprio che compensava bene la precessione degli equinozi, ottenendo, così, una durata del loro anno molto simile all'anno tropico (mostrare la levata eliaca di Sirio con Stellarium: 15-08-2016; ore 5,30).

MISURARE IL TEMPO CON LA LUNA

La Luna, con le sue mutevoli fasi, era altrettanto importante e sapeva tenere testa egregiamente al Sole. Se osservati dalla Terra, infatti, i due corpi celesti hanno all'incirca le stesse dimensioni.

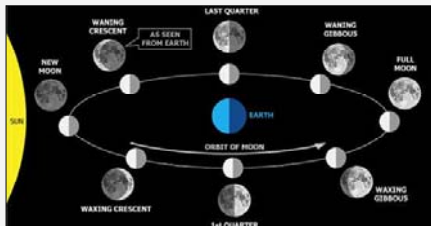
Per essere rigorosi, vediamo la Luna appena più piccola del Sole, quando si trova all'apogeo: un'eventuale eclisse di Sole, in queste condizioni, sarebbe di tipo anulare e un po' più grande, invece, quando si trova al perigeo: un'eventuale eclisse di Sole, in queste condizioni, sarebbe invece totale



13/33

Anche se noi uomini moderni non ci pensiamo, è curioso il fatto che il Sole e la Luna, così diversi per dimensione, visti dalla Terra abbiano lo stesso diametro (circa mezzo grado, a braccio teso l'unghia del nostro mignolo riesce a nascondere completamente sia il Sole, sia la Luna).

LE FASI LUNARI E IL NUMERO 7



In Egitto: i 7 bracci del Nilo, i 7 scorpioni della dea Iside, le 7 vacche grasse e le 7 magre, i 7 anni di abbondanza e i 7 di carestia, le 7 piaghe... Nell'Ebraismo: i 7 bracci della Menorah, 7 volte venivano assolti i peccati o anche 70 volte?... Nel Nuovo Testamento: i 7 sacramenti, i 7 doni dello Spirito Santo, i 7 vizi capitali, le 7 virtù (4 cardinali + 3 teologali)... Nell'Apocalisse: i 7 sigilli, le 7 trombe suonate dai 7 angeli, i 7 spiriti, le 7 coppe, i 7 tuoni, le 7 lampade... Nella tradizione greca: i 7 sapienti, le 7 meraviglie del mondo, i 7 fanciulli e le 7 fanciulle da inviare al Minotauro, i 7 armenti del dio Sole che pascolavano in Trinacria, i 7 cieli del sistema tolemaico, le 7 Pleiadi... In quella romana: i 7 colli, i 7 re, le 7 chiese... E, ancora oggi, usiamo 7 note musicali, sudiamo 7 camicie, navighiamo per i 7 mari, i nostri gatti hanno 7 vite e in certi momenti ci sentiamo al settimo cielo (tolemaico, ovviamente!)

14/33

Il ciclo lunare poteva essere facilmente scomposto in 2 parti: la fase che intercorreva tra Luna nuova e Luna piena (fase crescente) e quella tra Luna piena e Luna nuova (fase calante), entrambe della durata di 14 giorni circa. Un'ulteriore suddivisione delle 2 fasi crescenti e calanti, coincidenti con il primo e con l'ultimo quarto – anche se difficilmente stimabili con precisione a occhio nudo – portava la lunazione a un totale di 4 periodi della durata di 7 giorni (numero carico di simbolismo per i popoli della Mezzaluna fertile). Non tutti i popoli che usavano il calendario lunare, però, usavano le settimane. In un ambito geografico ed etnico a noi particolarmente vicino, gli antichi Romani non ne fecero mai uso, perché dividevano i mesi in 3 soli periodi di durata variabile: le Calende, le Idi e le None.

I CICLI ASTRONOMICI LEGATI ALLA MISURA DEL TEMPO

- Giorno (24h): alternanza della luce (giorno) e del buio (notte); è riferito al Sole
- Settimana: riferita alle fasi lunari, ma non perfettamente sincronizzata con esse
- Mese: è riferito alle fasi lunari, ma non perfettamente sincronizzato con esse
- Ritorno ciclico delle stagioni (anno solare) durata 365,2421... giorni; è riferito al Sole

IL CALENDARIO CHE USIAMO OGGI E' DI TIPO SOLARE (STAGIONALE) NON LUNARE, ANCHE SE PER TRADIZIONE ABBIAMO MANTENUTO LE SETTIMANE E I MESI I QUALI, ESSENDO LEGATI AI CICLI LUNARI DOVREBBERO ESSERE PERFETTAMENTE SINCRONIZZATI CON QUESTI ULTIMI MENTRE, IN REALTA', NON LO SONO AFFATTO

15/33

Il vero problema della misura del tempo con il quale dovranno misurarsi i sacerdoti/astronomi/divinatori all'epoca delle prime civiltà, non fu quello di scoprire i cicli che lo regolavano – tutto sommato abbastanza evidenti – bensì il rendersi conto, con osservazioni e misure sempre più raffinate e precise, che questi cicli non erano numericamente compatibili tra di loro. Avere a disposizione ben 4 cicli astronomici (2 legati al Sole e 2 alla Luna), in un primo momento avrebbe potuto far pensare alla possibilità di ottenere un calendario straordinariamente preciso, ma non era così, infatti ne complicava e di parecchio l'uso, nell'inutile tentativo di sincronizzare tra di loro tutti gli intervalli.

MISURARE L'ANNO TROPICO CON UN NUMERO INTERO DI GIORNI

Non è possibile tenere perfettamente sincronizzati i mesi e gli anni usando il giorno solare come unità base di misura e già le prime civiltà si accorsero abbastanza presto che, in qualunque maniera il problema veniva affrontato, si creava sempre un fastidioso sfasamento per quanto riguardava la durata dell'anno e le stagioni. Questo sfasamento, sicuramente trascurabile se riferito a pochi cicli, diventava un errore cumulativo tanto più evidente e tanto più consistente, con il trascorrere del tempo.

STIME DELLA DURATA DELL'ANNO TROPICO

360 giorni (poco più di 5 giorni di errore)

365 giorni (circa 6 ore di errore)

365,25 con la Riforma Giuliana del 49 a.C. (+11' e 14" di errore)

365,2425 con la Riforma Gregoriana del 1582 (+26" di errore)

Sono già state avanzate proposte per ridurre l'errore a qualche secondo, andando a lavorare sugli anni di fine millennio ma, avendo a che fare con un rapporto irrazionale, la matematica ce lo insegna, si tratterebbe, comunque, di una storia senza fine...

16/33

Le 2 esigenze fondamentali per il computo moderno del tempo sono:

- Tenere perfettamente agganciate le stagioni con il calendario (la Primavera non deve scivolare verso i mesi di Giugno / Luglio, ma deve rimanere agganciata ai mesi di Marzo / Aprile)

- La durata dell'anno deve essere valutata con un numero intero di giorni, sarebbe estremamente scomodo e poco pratico dividere l'ultimo giorno dell'anno in due parti (variabili oltretutto!) da attribuire a 2 anni diversi. Ne discende che bisognerà trovare delle correzioni da applicare in maniera ripetitiva al calendario, in modo tale che la durata media dell'anno coincida con il ciclo delle stagioni (anno tropico).

L'ANNO BISESTILE

Anno	Giorno di Dicembre	Orario del solstizio (T.U.)	Differenza con l'anno precedente (h,m,ss)	Tipo di anno
2000	21	13,38	-	Bisestile (non lo furono il 1700 - 1800 - 1900)
2001	21	19,21	-5,43	Normale (365 gg.)
2002	22	1,14	-5,53	Normale
2003	22	7,04	-5,50	Normale
2004	21	12,42	-18,22	Bisestile (366 gg.)
2005	21	18,35	-5,53	Normale
2006	22	0,22	-5,47	Normale
2007	22	6,08	-5,46	Normale
2008	21	12,04	-18,04	Bisestile
2009	21	17,47	-5,43	Normale
2010	21	23,38	-5,51	Normale
2011	22	5,30	-5,52	Normale
2012	21	11,11	-18,19	Bisestile
2013	21	17,11	-6,00	Normale
2014	21	23,03	-5,52	Normale
2015	22	4,49	-5,46	Normale
2016	21	10,45	-18,04	Bisestile

Nei tre anni normali di 365 giorni, si accumula un errore abbastanza consistente nella durata dell'anno civile (circa 6 ore per anno), che verrà recuperato, di colpo, con l'anno bisestile: è questo il motivo principale per cui i Solstizi – ma anche gli Equinozi – non saranno mai degli istanti perfettamente sovrapponibili come orario – e, a volte, anche come data – di anno in anno

17/33

Nella tabella si può notare come la somma degli slittamenti dei 3 anni normali sia minore della quantità recuperata nell'anno bisestile, motivo che ha indotto Papa Gregorio XIII a introdurre la sua riforma nel 1582. Ad una lettura più attenta, poi, verrà da chiedersi come mai c'è una differenza di parecchi minuti negli slittamenti degli anni normali (5 ore e 46 minuti, 5 ore e 52 minuti, 6 ore, ecc.), invece di avere uno scarto fisso. Spiegare che bisogna considerare il centro di massa del sistema Terra-Luna, così la Terra a volte è spostata in avanti, altre volte indietro rispetto a questo centro di massa, causando degli anticipi e dei ritardi rispetto ai riferimenti stagionali.

I NUMERI SESSAGESIMALI

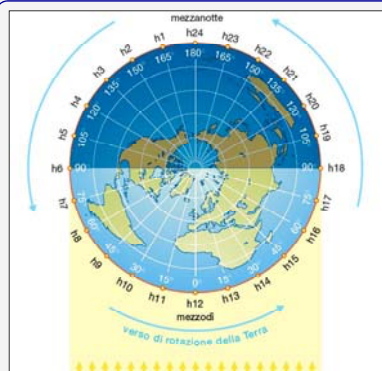
Numeri interi	Sottomultipli	Quantità di sottomultipli
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	2	1
5	-	-
6	2, 3	2
7	-	-
8	2, 4	2
9	3	1
10	2, 5	2
11	-	-
12	2, 3, 4, 6	4
13	-	-
14	2, 7	2
15	3, 5	2
16	2, 4, 8	3
17	-	-
18	2, 3, 6, 9	4

19	-	-
20	2, 4, 5, 10	4
21	3, 7	2
22	2, 11	2
23	-	-
24	2, 3, 4, 6, 8, 12	6
25	5	1
26	2, 13	2
27	3, 9	2
28	2, 4, 7, 14	4
29	-	-
30	2, 3, 5, 6, 10, 15	6
31	-	-
32	2, 4, 8, 16	4
33	3, 11	2
-	-	-
60	2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30	10
-	-	-
100	2, 4, 5, 10, 20, 25, 50	7

18/33

A differenza delle altre operazioni elementari, la divisione può dare come risultato dei numeri frazionari. Per facilitare l'operazione della divisione, quindi, era utile usare, come basi, quei numeri che avevano il maggior numero di sottomultipli. Oggi, noi usiamo come base il numero 10, il quale, però, è divisibile solo per 2 e per 5 (oltre all'unità e a se stesso, ovviamente). Il numero 12, invece, è molto più utile e versatile per questo scopo, perché ha ben quattro sottomultipli: i numeri 2, 3, 4, 6. Questa particolare caratteristica, la ritroviamo anche nei numeri 24 e 60. Il vantaggio di usare questi numeri come basi, è proprio legato alla maggiore probabilità di ottenere un numero intero come risultato finale della divisione, privo di resto. Si provi a organizzare dei turni di guardia con 12 ore (6 turni di 2 ore; 4 turni di 3 ore; 3 turni di 4 ore; 2 turni di 6 ore); con 10 ore, invece, possiamo avere solo 2 turni da 5 ore e 5 turni da 2 ore.

LE ORE E GLI ANGOLI



La terra ruota attorno al proprio asse in 24 ore (riferite al Sole):
15 gradi per ogni ora.

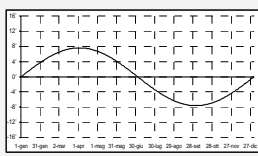
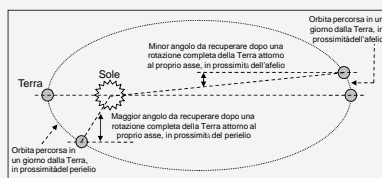
Dire che la Terra ha ruotato di 180 gradi o che sono passate 12 ore, quindi, è esattamente la stessa cosa. Nelle coordinate astronomiche equatoriali, ad esempio, l'equivalente della longitudine delle coordinate geografiche terrestri, viene espressa in "angolo orario"

19/33

Esiste un legame strettissimo tra la misura del tempo e quella degli angoli, ben lo sanno i marinai che, durante la navigazione, calcolavano lo spostamento di longitudine (verso Est o verso Ovest) semplicemente facendo la differenza tra l'orario del porto di partenza e quello vero locale della posizione della nave (ora con i moderni GPS, ovviamente, è tutto molto più semplice e automatico e non c'è più bisogno di nessun calcolo...).

LE IRREGOLARITA' DEI MOTI

Mentre la Terra ruota su se stessa, si sta muovendo anche tangenzialmente lungo la propria orbita, compiendo, contemporaneamente alla rotazione, anche uno spostamento di rivoluzione. Ma, proprio a causa di quest'ultimo spostamento, alla fine della rotazione completa di 360 gradi su se stessa, dovrà recuperare un ulteriore piccolo angolo, per riportare il Sole esattamente al meridiano locale, così come lo era stato nell'istante del mezzogiorno del giorno precedente. Ne segue che la durata del giorno solare vero è variabile durante l'anno

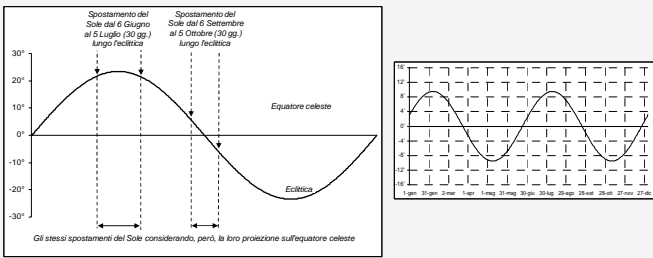


20/33

L'ora indicata dai nostri orologi moderni, in genere, non coincide mai con l'ora vera solare, per motivi astronomici (irregolarità dei moti celesti), ma anche per motivi convenzionali (ora del fuso nazionale). Per quanto riguarda la variazione di velocità della Terra dovuta alla II legge di Keplero, la differenza è di una ventina di secondi soltanto, tuttavia l'accumulo, giorno dopo giorno, di questi secondi di anticipo e di ritardo, porta a uno scostamento globale di circa 8' di anticipo e di ritardo in un anno.

LE IRREGOLARITA' DEI MOTI

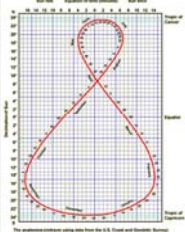
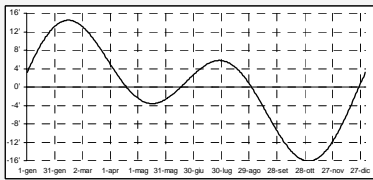
Il Sole, visto dalla Terra, si muove uniformemente lungo l'eclittica, ma la proiezione di questo spostamento lungo l'equatore celeste non è costante perché ottenremo due periodi massimi, uno in corrispondenza del picco positivo e uno in corrispondenza di quello negativo e due minimi, uno in corrispondenza dell'Equinozio primaverile e uno in corrispondenza di quello invernale



Anche la proiezione del moto del Sole sull'equatore celeste causa delle differenze all'incirca della stessa consistenza (più e meno 8' circa, in un anno). Va però notato che questa irregolarità è rappresentata da una doppia sinusoide nell'arco di un anno.

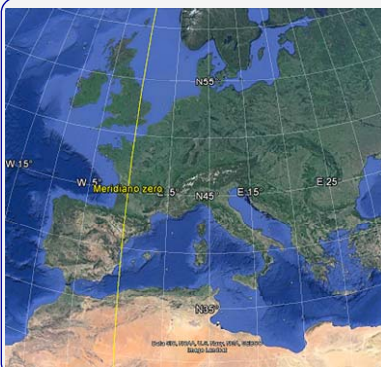
LA CORREZIONE DEL TEMPO

Come risultato finale delle 2 irregolarità dei moti celesti, otterremo un andamento molto particolare, il quale non è altro che la somma algebrica dei due grafici precedenti: si tratta di una doppia sinusoide irregolare, chiamata curva dell'Equazione del Tempo, dove sono ben evidenti gli apporti delle due funzioni originarie. A volte, la doppia sinusoide viene richiusa su sé stessa, a formare una curva chiamata analemma



I nostri orologi, per praticità, indicano una durata costante per tutti i giorni dell'anno, 24 ore. Questa durata equivale alla durata media dei giorni solari veri. Le meridiane esposte sui muri, invece, indicano le durate dei giorni solari veri, con giorni solari veri più corti e con giorni solari veri più lunghi rispetto a quelli di durata media indicati dai nostri orologi. Per poter correggere questa discrepanza, che tocca un massimo di circa +14' e un minimo di circa -16', bisogna applicare la correzione del tempo indicata dalla curva disegnata sul grafico (a volte viene disegnata come analemma e sovrapposta alla linea del mezzogiorno).

ORA VERA LOCALE E ORA DEL FUSO



Per molte località lo scarto tra l'ora vera locale e l'ora del fuso nazionale è uno scarto fisso, dovuto al fatto di non trovarsi allineati sul meridiano che indica il tempo nazionale.

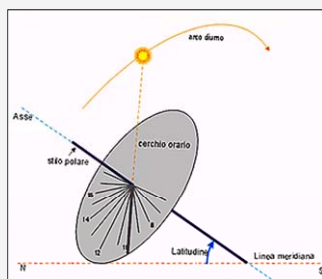
Nel caso di Milano lo scarto è di circa 23' di anticipo rispetto al TMEC (Tempo Medio dell'Europa Centrale)

Oltre alle irregolarità dei moti celesti, vi è una ulteriore correzione di natura convenzionale da applicare alla misura del tempo. Per evitare che ogni singola località abbia un orario diverso dalle altre, pur appartenendo alla stessa nazione (astronomicamente parlando ogni località dovrebbe avere il proprio orario solare) si sono stabiliti convenzionalmente i fusi orari, in modo tale che tutte le località che rientrano in una determinata fascia, abbiano il medesimo orario convenzionale. Lo scostamento tra due fusi adiacenti è di un'ora (corrispondente a 15°).

A partire da Tolomeo il meridiano fondamentale era considerato quello dell'Isola del Ferro (Canarie) e la longitudine di Milano risultava c.a 27° W. Rispetto al meridiano dell'osservatorio di Parigi la longitudine di Milano risultava c.a 7° W. Rispetto a quello di Monte Mario (Roma) la longitudine di Milano risultava c.a 3° E. Infine, rispetto a Greenwich risultiamo c.a 9° W.

MERIDIANA EQUATORIALE

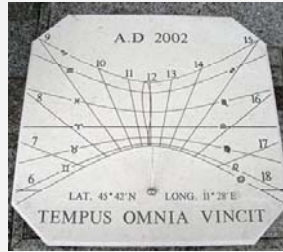
Una meridiana equatoriale ha il vantaggio di avere le linee orarie tutte perfettamente equidistanti tra di loro (15 gradi), ma anche lo svantaggio di essere illuminata sul quadrante inferiore nei mesi invernali e sul quadrante superiore nei mesi estivi



L'idea più immediata per costruire una meridiana sarebbe quella di inclinarla di un angolo al suolo pari alla nostra latitudine.

L'uso del termine Meridiana per indicare tutto l'orologio solare non è un pressapochismo, come capita di leggere su alcuni articoli relativi alla misura del tempo. La lingua italiana, ricca e flessibile come poche altre, permette l'uso delle figure retoriche, così si può tranquillamente parlare di Meridiana (che, a rigore, indicherebbe la sola linea del mezzogiorno) per indicare tutto lo strumento di misura: si cita una singola parte dell'insieme, per indicare il tutto.

MERIDIANA VERTICALE E MERIDIANA ORIZZONTALE



Solitamente, però, le meridiane vengono collocate sui muri delle case o delle chiese, di conseguenza vengono poste o perpendicolarmente al suolo, oppure orizzontalmente, come se ne vedono appoggiate sopra dei basamenti in alcuni giardini storici. Inclinare una meridiana equatoriale fino a farla diventare verticale o orizzontale rispetto al suolo implica, però, che le linee orarie non possano più essere tracciate perfettamente equidistanti tra di loro (15°), ma bisognerà fare una serie di calcoli trigonometrici per ridisegnare la trama delle linee orarie.

BELLEZZA E ORIGINALITA' DELLE MERIDIANE

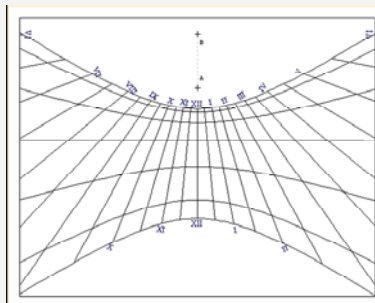
Fin dall'antichità, sono state costruite meridiane di tutti i tipi, di tutte le forme e con le dimensioni più varie. Il progetto e la realizzazione di questi strumenti di misura, infatti, lascia la più ampia libertà alla fantasia dell'artista



Basta avere un occhio attento durante i viaggi, per scoprire quante meridiane abbelliscono il paesaggio e quanto diverse sono tra di loro, da un punto di vista della progettazione e della realizzazione.

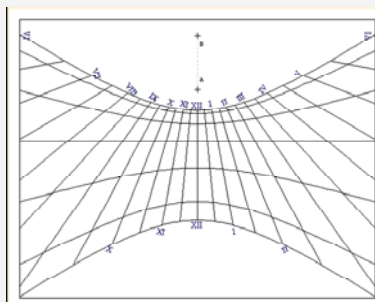
Ricordare i suggestivi fori gnomonici di molte cattedrali (tra cui il duomo di Milano), che proiettano un dischetto luminoso a intersecare la linea meridiana, in genere posizionata nel pavimento della chiesa.

MERIDIANA VERTICALE DECLINANTE A EST



Aprire il file con Windows Media Player e mostrare la deformazione delle linee orarie, con una parete declinante a Est.

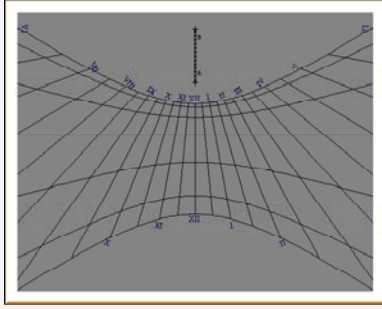
MERIDIANA VERTICALE DECLINANTE A OVEST



Aprire il file con Windows Media Player e mostrare la deformazione delle linee orarie, con una parete declinante a Ovest.

GIORNI EQUINOZIALI

L'ESTREMITÀ DELL'OMBRA PROIETTATA DALLO STILO SI MUOVERÀ SULLA RETTA EQUINOZIALE CHE TAGLIA LA TRAMA DELLE ORE

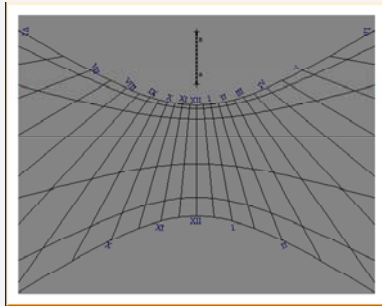


29/33

Aprire il file con Windows Media Player e mostrare il percorso dell'ombra proiettata dallo stilo nei giorni equinoziali, lungo la retta centrale.

SOLSTIZIO ESTIVO

L'ESTREMITÀ DELL'OMBRA PROIETTATA DALLO STILO SI MUOVERÀ LUNGO L'IPERBOLE INFERIORE DEL QUADRANTE

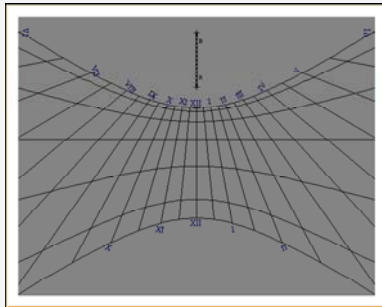


30/33

Aprire il file con Windows Media Player e mostrare il percorso dell'ombra proiettata dallo stilo nel giorno del solstizio estivo, lungo l'iperbole inferiore (quella superiore se fosse una meridiana orizzontale).

SOLSTIZIO INVERNALE

L'ESTREMITÀ DELL'OMBRA PROIETTATA DALLO STILO SI MUOVERÀ LUNGO L'IPERBOLE SUPERIORE DEL QUADRANTE

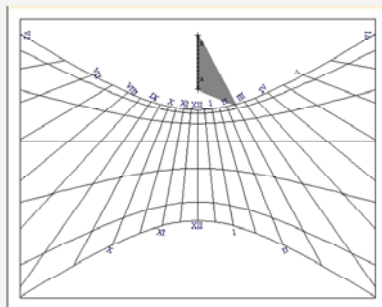


31/33

Aprire il file con Windows Media Player e mostrare il percorso dell'ombra proiettata dallo stilo nel giorno del solstizio invernale, lungo l'iperbole superiore (quella inferiore se fosse una meridiana orizzontale).

CALENDARIO ANNUALE

L'ESTREMITÀ DELL'OMBRA PROIETTATA DALLO STILO SI ALLUNGA E SI ACCORCIA IN FUNZIONE DELLE STAGIONI



32/33

Aprire il file con Windows Media Player e mostrare l'allungamento e l'accorciamento dell'ombra proiettata dallo stilo in funzione dei mesi dell'anno, considerando sempre lo stesso orario (funzione di calendario).

L'esilio dell'uomo è l'ignoranza, la sua patria la conoscenza
Onorio d'Autun



Milano – Via Laghetto 2 – 6 Maggio 2016
Silvano Pirotta