

# La misura del tempo

di Davide Ballerini (2005)

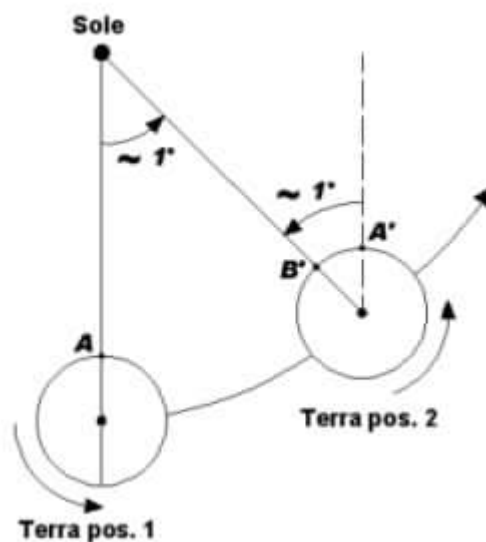
Nel discorso sulle coordinate abbiamo affrontato il concetto di tempo siderale e lo abbiamo definito come una grandezza che misura la distanza angolare del punto  $\gamma$  dal meridiano. Ora per completare quest'argomento cercheremo di esprimere invece il significato di **giorno siderale**. Essendo la rotazione terrestre un moto di tipo uniforme, per questa sua caratteristica, la potremo considerare come un'unità di riferimento nella misura del tempo. Assistere quindi ad un doppio passaggio in meridiano di un punto fisso della sfera celeste determina un intervallo di tempo ben preciso. Nel caso del giorno siderale, questo riferimento è costituito dal *punto gamma* e due suoi passaggi consecutivi attribuisce, a questa nuova grandezza, il valore di 24 ore.

## 1 - Giorno solare vero e tempo vero

Un'altra unità di tempo molto importante è data da due passaggi consecutivi in meridiano, da parte del Sole: un periodo, questo, che definisce il **giorno solare vero**. Il **tempo solare vero** invece, rappresenta l'angolo orario del sole, ma siccome il giorno solare inizia come sappiamo al passaggio dell'astro al meridiano inferiore, cioè a mezzanotte, questo valore va aumentato di 12 ore.

Mettiamo ora a confronto questi due intervalli di tempo appena visti, giorno siderale e giorno solare vero, e vediamo a quali conclusioni arriveremo analizzando la loro differenza. Aiutandoci con la figura 1, cerchiamo di capire cosa succede ad un osservatore A posto sulla Terra al trascorrere di questi due periodi.

Partendo dalla posizione 1, dopo un giorno siderale, cioè dopo che la terra ha effettuato un giro completo su se stessa, e nel frattempo anche una piccola porzione d'orbita attorno al sole S, ci troveremo nella posizione 2. Per l'osservatore A però che aveva come riferimento, nella posizione 1, il sole S al meridiano, dopo 24 ore, come possiamo vedere dalla figura, tale riferimento non coincide più. Egli, infatti, si troverà nella posizione A' e per guadagnare la posizione originaria e completare quindi un giorno solare vero, deve ancora compiere circa  $1^\circ$  di rotazione (nella figura naturalmente l'angolo viene sovradimensionato per far capire meglio il concetto).



**Fig. 1** - Nel disegno viene schematicamente rappresentata la differenza tra giorno siderale e giorno solare vero. Il primo si conclude quando, partendo da un punto di riferimento A sulla Terra ritorniamo, dopo un giro completo, nella stessa posizione A'. Il secondo, invece, poiché prende come riferimento il Sole in meridiano, si conclude solo quando ha raggiunto la posizione B' dove avrà di nuovo il Sole in meridiano.

Tale quantità corrisponde all'angolo che la Terra intanto ha percorso in un giorno di rivoluzione: infatti, suddividendo  $360^\circ$  per 365,25 giorni di un anno avremo il valore preciso di  $0,985626^\circ$ . Quindi ne consegue che un giorno solare vero è più lungo di uno siderale di un valore uguale a quello che la Terra impiegherebbe nel percorrere quegli  $0,985626^\circ$ . Tale differenza, sapendo che

la Terra ha una velocità oraria di  $15^\circ$  ( $360^\circ/24h = 15^\circ/h$ ), viene quantificata in 3 minuti e 56,55 secondi (circa 4 minuti).

## 2 - *Giorno solare medio e tempo medio*

Prendere il giorno siderale come unità di misura del tempo si rivelava un po' scomodo, vista la differenza temporale che esso aveva con il giorno solare vero. Uno scostamento di circa 4 minuti in meno al giorno avrebbe portato dopo alcuni mesi al paradosso di leggere sul nostro orologio siderale le 12 del mattino (mezzogiorno) quando, in realtà, avremmo avuto un Sole che sta appena sorgendo, situazione alquanto incompatibile con quelle che possono essere le esigenze civili.

Allora si è pensato di affidarsi al giorno solare vero e prendere questo come unità di misura del tempo ma, anche qui, purtroppo, la scelta obbligava ad affrontare un altro particolare problema. A causa dell'irregolare moto della Terra nella sua orbita e per il fatto che il Sole traccia il suo percorso sull'eclittica e non sull'equatore, il giorno solare vero risulta variare nel tempo di una quantità non trascurabile. Come si poteva quindi superare quest'ostacolo? Ebbene, grazie ad un po' d'immaginazione, si è arrivati alla conclusione di introdurre due nuovi elementi, il *Sole fittizio* ed il *Sole medio*, in grado di mettere a posto le cose.

- Con il primo si eliminava l'inconveniente dell'irregolarità del moto sull'eclittica. Il **Sole fittizio** non è altro che un Sole immaginario (da qui fittizio) che si muove sull'eclittica con velocità angolare costante e che passa al perigeo assieme al Sole vero. Da qui poi viene definito l'anno anomalistico determinato da due suoi passaggi consecutivi al perigeo.
- Con il secondo invece veniva immaginato un altro tipo di Sole ideale, il **Sole medio** appunto, che, a differenza del Sole vero, si doveva muovere non più sull'eclittica ma sull'equatore, con moto uniforme e che passasse per il punto Gamma nello stesso istante in cui transitava il Sole fittizio.

Possiamo definire quindi il **giorno solare medio**, che è dato dall'intervallo di tempo intercorrente tra due consecutivi passaggi del Sole medio sullo stesso meridiano; mentre con il tempo civile locale viene quantificato l'angolo orario del Sole medio, più 12 ore. Naturalmente tra il Sole vero ed il Sole medio esiste una certa differenza di tempo nel passaggio al meridiano; esso cambia di giorno in giorno raggiungendo al massimo i 16 minuti. Questa differenza viene chiamata **equazione del tempo** (ET) e varia lievemente ogni anno, ma ritorna ad assumere gli stessi valori dopo quattro anni.

Possiamo quindi concludere affermando che quando il Sole medio passa per il meridiano, si ha il **mezzogiorno medio** (o civile); quando invece il Sole ha l'angolo orario pari a 12 ore, è la **mezzanotte media** (o civile).

## 3 - *Fusi orari e tempo civile*

Il passaggio di un astro o del Sole sul meridiano di un luogo, come abbiamo visto, è un riferimento per la misura del tempo che però va considerato come tempo locale, poiché esso è relativo ad un determinato posto. Questo significa che per i luoghi situati nelle strette vicinanze si hanno degli scostamenti, anche se piccoli, da quel valore preciso esistente in quell'istante ed in quel luogo. In pratica il Sole passa sul meridiano di due località, poste anche a breve distanza tra loro, in istanti differenti: prima su quella posta ad Est e poi su quella posta più ad Ovest, per il verso di rotazione terrestre.

Pertanto, volendo eliminare questo problema di discrepanza che si sarebbe rivelato scomodo nell'uso civile, si è deciso di uniformare il conteggio del tempo introducendo una suddivisione convenzionale della Terra in 24 **fusi orari**, dove ogni fuso viene limitato dalla distanza di due meridiani, corrispondenti a 15 gradi e cioè 1 ora. Tutte le località che si trovano all'interno di un dato fuso adottano, per la misura del tempo, lo stesso orario esistente sulle località poste sul meridiano centrale del fuso: questo concetto viene definito come **tempo civile** o *tempo legale* oppure anche *tempo del meridiano del fuso* (vedi figura 5.2).



**Fig. 2** - Suddivisione della Terra in 24 fusi orari. Tutte le località che si trovano in una determinata fascia adottano lo stesso orario di quelle situate sul meridiano centrale del fuso. Viene riconosciuto come primo meridiano quello passante per Greenwich.

Il **primo meridiano** è riconosciuto quello passante per l'osservatorio di Greenwich e il suo tempo medio locale, che viene preso come unico riferimento, assume il nome di **tempo universale** (TU). L'Europa centrale adotta l'ora del fuso posto a 15° ad Est di Greenwich (TMEC), il cui tempo è avanti di un'ora rispetto al TU.

Possiamo ora vedere come avvengono alcune conversioni tra questi parametri che abbiamo conosciuto, che si riveleranno utili nelle operazioni di puntamento del telescopio. Volendo calcolare il **tempo locale** (TL) di un determinato luogo, dovremmo tener conto della differenza di longitudine  $\Delta\lambda$  ( $\Delta\lambda = \lambda_f - \lambda_o$  dove  $\lambda_f$  longitudine del fuso e  $\lambda_o$  longitudine del luogo) che esso ha con il meridiano centrale del fuso. Se  $T_f$  è il tempo del fuso, avremo:

$$\mathbf{TL = T_f + \Delta\lambda}$$

Se noi ci trovassimo per esempio nella città di Roma, che ha longitudine 12,5° Est, quando il nostro orologio segna le 17.00 (orario del fuso), in realtà, in base al tempo locale, in quel preciso istante sarebbero le 16.50.

Infatti, calcolando  $\Delta\lambda$  per Roma avremmo:  $\lambda_f - \lambda_o = -15^\circ - (-12,5^\circ) = -2,5^\circ$ , tenendo presente che i valori di longitudine vanno sempre considerati negativi se sono a Est di Greenwich, e positivi se ad Ovest. Ora convertendo il valore trovato in minuti avremo:  $-2,5^\circ \times 4 \text{ minuti} / ^\circ = -10 \text{ minuti}$  (un grado corrisponde a 4 minuti poiché:  $60\text{min} / 15^\circ = 4 \text{ min} / \text{grado}$ ).

Per risalire invece al tempo universale (TU) conoscendo il tempo del fuso ( $T_f$ ) dovremmo aggiungere a quest'ultimo la longitudine ( $\lambda_f$ ) del meridiano del fuso espressa in unità di tempo:

$$\mathbf{TU = T_f + \lambda_f}$$

**Esempio 1:** quando sono le 17.00 ( $T_f$ ) nella città di New York che ha longitudine Ovest 75°, il tempo universale (TU) a che valore corrisponderà?

Trasformando la  $\lambda_f$  in unità di tempo avremo:  $75^\circ/15^\circ = 5\text{h}$  (in questo caso la longitudine, essendo a Ovest, va considerata positiva)

$$TU = T_f + \lambda_f = 17.00 + (+5.00) = 22.00$$

**Esempio 2:** Se ci trovassimo nella città di Mosca che ha longitudine Est 45° ed il nostro orologio segnasse le 17.00, a Greenwich (TU) cosa avremo?

$45^\circ/15^\circ = 3\text{h}$  (in questo caso la longitudine, essendo ad Est, va considerata negativa)

$$TU = T_f + \lambda_f = 17.00 + (-3.00) = 14.00$$

## 5 - Tempo siderale locale

Per procedere nell'operazione di puntamento di un astro si applica il metodo delle coordinate, cioè l'utilizzo di quei cerchi graduati d'ascensione retta e declinazione che si trovano nelle montature del telescopio. E' indispensabile conoscere il **tempo siderale locale** (TSL), in altre parole riferito alla nostra località d'osservazione, affinché si possa realizzare questo tipo di ricerca degli oggetti celesti. Ora, a meno che non fossimo dotati di un orologio siderale, vediamo come possiamo calcolare questo TSL facendo riferimento a tabelle simili a quella che abbiamo proposto nella figura 3, dove sono riportati i valori (medi) che assume il tempo siderale in alcuni giorni dell'anno alle ore 0h di tempo universale TSG (mezzanotte di Greenwich).

DATA	ORA	DATA	ORA	DATA	ORA	DATA	ORA
GIORNO MESE	h m	GIORNO MESE	h m	GIORNO MESE	h m	GIORNO MESE	h m
1 GENNAIO	6 40	3 APRILE	12 43	4 LUGLIO	18 46	4 OTTOBRE	00 49
9 GENNAIO	7 12	11 APRILE	13 15	12 LUGLIO	19 17	12 OTTOBRE	1 20
17 GENNAIO	7 44	19 APRILE	13 46	20 LUGLIO	19 49	20 OTTOBRE	1 52
25 GENNAIO	8 15	27 APRILE	14 18	28 LUGLIO	20 21	28 OTTOBRE	2 23
2 FEBBRAIO	8 47	1 MAGGIO	14 34	1 AGOSTO	20 36	2 NOVEMBRE	2 46
10 FEBBRAIO	9 18	9 MAGGIO	15 05	9 AGOSTO	21 08	9 NOVEMBRE	3 11
18 FEBBRAIO	9 50	17 MAGGIO	15 37	17 AGOSTO	21 39	17 NOVEMBRE	3 42
26 FEBBRAIO	10 21	26 MAGGIO	16 15	25 AGOSTO	22 11	25 NOVEMBRE	4 14
2 MARZO	10 37	2 GIUGNO	16 40	2 SETTEMBRE	22 43	3 DICEMBRE	4 45
10 MARZO	11 09	10 GIUGNO	17 11	10 SETTEMBRE	23 14	11 DICEMBRE	5 17
18 MARZO	11 43	18 GIUGNO	17 43	18 SETTEMBRE	23 46	18 DICEMBRE	5 44
30 MARZO	12 27	30 GIUGNO	18 30	26 SETTEMBRE	00 17	27 DICEMBRE	6 20

Fig. 3 - Tabella del tempo siderale alle 0 h di TU (TSG)

Iniziando con un facile calcolo, vediamo come poterci dedurre il tempo siderale di un qualsiasi luogo per il giorno 26 maggio. Per prima cosa guardiamo sulla tabella quale valore aveva il TS a 0<sup>h</sup> di TU per quella data; poi aggiungeremo la longitudine del luogo espressa in minuti.

Per esempio se la nostra località è la città di Roma avremo che:

TS a 0<sup>h</sup> TU (TSG) per il 26 maggio = 16<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>

longitudine Roma = 12,5° Est, che espressa in minuti = 12,5° x 4 m / ° = 50m.

Quindi: 16<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> + 50<sup>m</sup> = 17<sup>h</sup> 05<sup>m</sup>. Questo è il TSL a Roma alle 0<sup>h</sup> di TU.

Se invece volessimo conoscere quale valore abbia il tempo siderale in una determinata località, in una data ora di un qualsiasi giorno dell'anno, dovremmo tener conto della differenza oraria che ha quella località dal Tempo Universale.

Per fare un esempio che ci aiuti a capire meglio il concetto, proviamo a calcolare il TS a Roma alle ore 21<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> (TMEC) del giorno 2 novembre. Trasformiamo per prima cosa il nostro T<sub>f</sub> (tempo del fuso) in TL (tempo locale) ed avremo che: TL = T<sub>f</sub> + Δλ ed essendo Δλ = λ<sub>f</sub> - λ<sub>o</sub> = -15° - (-12,5°) = -2,5°, che espressi in minuti sarebbero -2,5° x 4<sup>m</sup> / ° = -10m.

Avremo: TL = 21<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> + (-10<sup>m</sup>) = 20<sup>h</sup> 50<sup>m</sup>.

Ora, dopo aver consultato la nostra tabella, dalla quale rileviamo per il 2 novembre un tempo siderale per le 0h TU di 2h 46m, non ci resta che sommare a questo valore il nostro tempo locale ed avremo così il tempo siderale locale di Roma:

TSL = 2<sup>h</sup> 46<sup>m</sup> + 20<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> = 23<sup>h</sup> 36<sup>m</sup>.

Riassumendo, quindi, possiamo stabilire la seguente definizione: TSL = TSG + TL, o meglio per esteso:

$$\mathbf{TSL = TSG + T_f + \Delta\lambda = TSG + T_f + \lambda_f - \lambda_o}$$

Volendolo calcolare in funzione del TU, possiamo sostituire T<sub>f</sub> + l<sub>f</sub> con TU (in base a TU = T<sub>f</sub> + l<sub>f</sub>). Avremo quindi:

$$\mathbf{TSL = TSG + TU - \lambda_o}$$

Da notare che sulla nostra tabella non sono riportati i valori di tempo siderale per tutti i giorni dell'anno: pertanto, se volessimo conoscere il tempo siderale di un giorno intermedio, dovremmo estrapolarlo facendo una valutazione media tra quello precedente e quello successivo. Inoltre bisogna tener presente che i tempi che vengono riportati sulla tabella sono riferiti ad un anno "medio". Alcune variazioni, nell'ordine di qualche minuto, si possono avere di anno in anno a causa del giorno in più che viene inserito, com'è noto, nel mese di febbraio ogni quattro anni.