

Astronomia di posizione del Sole a san Pietro: gli ingressi nei segni zodiacali SCO SGR 2021 coi transiti meridiani

Costantino Sigismondi

prof.sigismondi@icra.it

(ICRA/Sapienza Università di Roma e ITIS G. Ferraris, Roma)

Submitted December 4th 2021, accepted Dec 8th

Abstract The ingress into Scorpius and Sagittarius corresponds to an ecliptic longitude $\lambda=210^\circ$ and 240° . The right ascension α of the Sun at this λ is determined by the obliquity $\varepsilon\sim 23.42^\circ$ by the formula $\tan\alpha=\tan\lambda\cdot\cos\varepsilon$. The instant of the local meridian transit of this α is computed by comparison with the meridian transit of Fomalhaut $\alpha=22^h58^m52.4^s$ measured on November 4, 2021 at 20:11:41 CET from the Scorpio's marble disk of the meridian line of Saint Peter's obelisk in the Vatican. Adding a sidereal day each day the line of the daily transits are compared with the solar meridian transits of the Sun measured with projection from 17 to 24 October and November 2021 on the Scorpius and Sagittarius' marble disks. The intersection of these two lines gives the Scorpius and Sagittarius' ingress times respectively 22 hours before and 4 hours later than the ephemerides, +50 and -10 arcminutes in the solar position on the ecliptic. The meridian of St. Peter's square is the only one working currently with the Sun and the stars.

Sommario L'ingresso nello Scorpione e nel Sagittario è il momento in cui la coordinata eclittica del Sole vale 210° e 240° . Tramite le equazioni dell'astronomia sferica si può calcolare l'ascensione retta corrispondente e il suo istante di transito meridiano, a partire da Fomalhaut che ha ascensione retta $\alpha=22^h58^m52.4^s$ e che il 4 Novembre 2021 è passata in meridiano alle 20:11:41 TMEC, in base alle osservazioni dal disco dello Scorpione alla meridian di San Pietro in Vaticano. L'equazione dei transiti meridiani dell'inizio del Sagittario viene messa a sistema con quella dei transiti solari dal 17 al 24 Ottobre e Novembre 2021, trovando le 7:33 del 22 Novembre 2021 per l'ingresso nello Sagittario 4 ore dopo le effemeridi e 10 minuti d'arco in longitudine eclittica. Per lo Scorpione il calcolo porta a 22 ore prima. La meridian di san Pietro è l'unica da cui si possono osservare sia col Sole che con le stelle.

Keywords: Spherical Astronomy, Zodiacal Signs, Ecliptic, Equator, Horizon, Fomalhaut, Saint Peter's Obelisk and Meridian Line.

Introduzione:

Le coordinate eclittiche seguono il Sole nella sua orbita annuale attorno alla Terra; si tratta di orbita apparente. In

antichità era considerata percorsa a velocità costante, poi ritoccata con il modello eccentrico per tenere conto delle osservazioni fatte proprio con le meridiane.

L'eclittica è inclinata di $23^{\circ}26'$ circa sull'equatore celeste, che è la proiezione in cielo del nostro equatore, quindi per passare dai transiti meridiani alle coordinate eclittiche bisogna seguire alcuni passi di un algoritmo che gli antichi conoscevano molto bene, e che a noi è molto meno familiare.

Transiti meridiani e ingressi nello Scorpione e nel Sagittario

Gli ingressi nello Scorpione e nel Sagittario corrispondono, per il Sole, alle longitudini eclittiche $\lambda=210^{\circ}$ e $\lambda=240^{\circ}$. L'ascensione retta α del Sole per questi valori di λ è determinata dall'obliquità $\varepsilon\sim 23.42^{\circ}$ attraverso la formula di trigonometria sferica $\tan\alpha=\tan\lambda\cdot\cos\varepsilon$. L'istante del transito meridiano locale di questa α è calcolabile per comparazione con il transito meridiano di Fomalhaut $\alpha=22^{\text{h}}58^{\text{m}}52.4^{\text{s}}$, misurato il 4 November 2021 alle 20:11:41 TMEC, dal disco del Capricorno della linea meridiana dell'obelisco di San Pietro in Vaticano. Togliendo e aggiungendo il giorno siderale ogni giorno, le rette dei transiti giornalieri di questi due punti zodiacali a $\lambda=210^{\circ}$ e $\lambda=240^{\circ}$ sono comparate con quelle dei transiti meridiani del Sole.

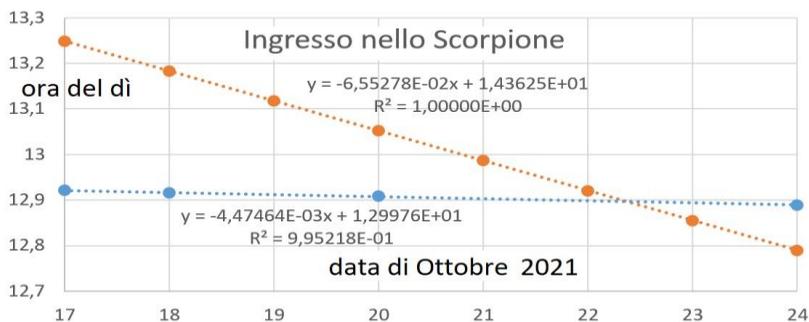


Fig. 1 La retta rossa rappresenta l'istante dei passaggi meridiani del punto a $\lambda=210^{\circ}$, la blu è dei passaggi del Sole.

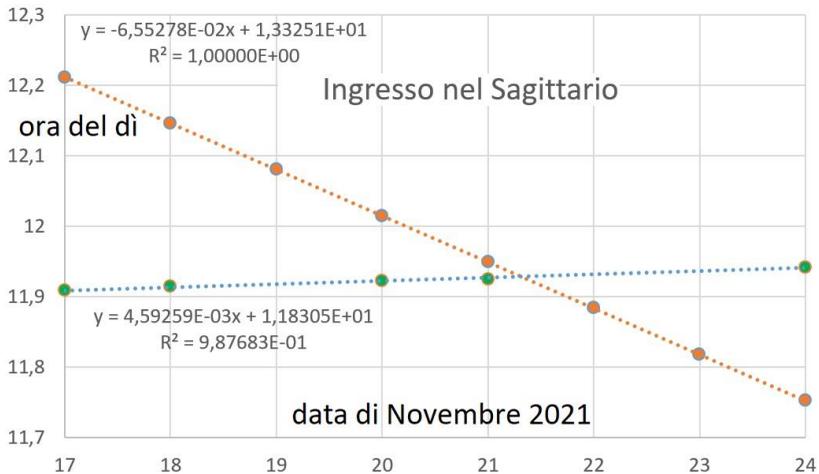


Fig. 2 La retta rossa rappresenta l'istante dei passaggi meridiani del punto a $\lambda=240^\circ$, la blu è dei passaggi del Sole.

Questi transiti sono stati misurati per proiezione rispettivamente sui dischi marmorei dello Scorpione tra il 17 e il 24 Ottobre 2021, e del Sagittario tra il 17 e il 24 Novembre 2021.

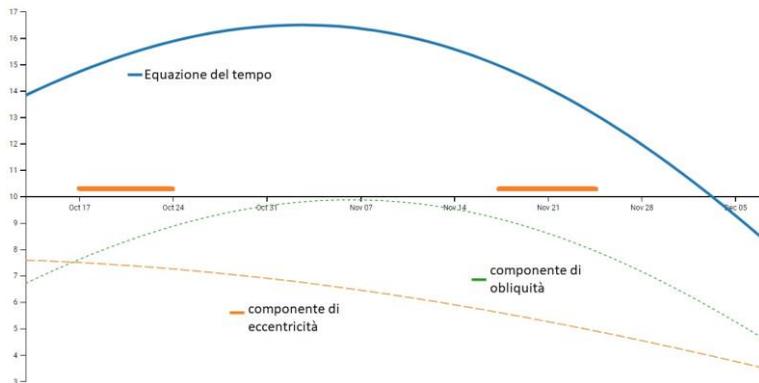


Fig. 3 L'equazione del tempo nelle due serie di misure può essere rappresentata con una retta, con coefficiente $R^2 \sim 1$.

L'approssimazione rettilinea per i transiti solari che –di fatto– rappresentano una sezione dell'equazione del tempo (una senoide con due massimi e due minimi nell'anno) è abbastanza affidabile. Pur cambiando la pendenza delle due rette solari da Ottobre a Novembre, perché l'equazione del tempo raggiunge un punto stazionario proprio il 3 Novembre.

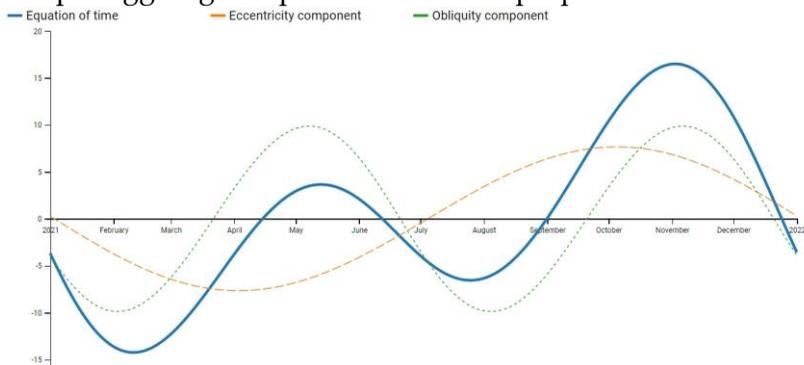


Fig. 4 L'equazione del tempo per tutto l'anno. Il 3 novembre il passaggio meridiano è il più anticipato rispetto al fuso orario. <https://planetcalc.com/9198>

Transiti meridiani e diametro solare

Mentre per l'astronomia di posizione è necessario misurare l'istante in cui il centro del Sole è dietro l'asse dell'obelisco facendo la media tra primo e secondo contatto con l'obelisco, la croce sommitale e quant'altro definisca (univocamente) questo asse, per la misura del diametro solare occorre conoscere la differenza tra primo e secondo contatto con uno stesso punto visibile, e verticale.

Il transito meridiano, o più esattamente la culminazione, ha come proprietà quella che il centro del Sole ed ogni suo punto si muove parallelamente all'orizzonte. Trascuriamo la differenza temporale tra culminazione e transito che può arrivare a ± 20 secondi agli equinozi, ma verifichiamo che l'angolo formato dalla traiettoria solare con l'orizzontale varia

di $\beta=\pm 12'$ dallo zero, nello spazio di ± 1 minuto dal meridiano.

La durata del transito meridiano è pertanto allungata di un fattore piccolo pari a $1/\cos\beta=1+6$ milionesimi, che diventano 26 milionesimi 2 minuti fuori dal meridiano...e così via.

La migliore misura del diametro solare realizzata a san Pietro, fin'ora, è del 24 novembre 2021.



Fig. 5 Transit meridiano del 24 Novembre 2021, 14 piedi (466 cm) a Nord della stella del disco del Sagittario. L'asse verticale della croce è al centro del disco solare.

La durata di questo transito pari esattamente a $140 \text{ s} \pm 0.06 \text{ s}$ porta ad una misura del diametro solare pari a $1957'' \pm 3''$, più

grande del valore delle effemeridi che vale 1945" per lo stesso giorno. Questo "aumento artificiale" di diametro è dovuto all'inclinazione della croce rispetto alla verticale in modo che $1957/1945 = 1/\cos\beta$, da cui si deduce che $\beta=6.35^\circ$.

La disposizione asimmetrica dei tiranti della croce, evidente dalla figura 5, sembra suggerire che quelli di destra siano più tesi di quelli di sinistra.

Poiché il Sole si muove da destra-Est a sinistra-Ovest in proiezione, la croce pende da Est verso Ovest.

Un'altra prova della pendenza della croce sommitale viene dagli istanti dei transiti meridiani che ritardano sempre più man mano che la misura si prende proiettando il Sole dietro parti più alte della croce, sempre dallo stesso punto della meridiana. Si tratta di una misura complicata perché solo la croce è simmetrica rispetto al suo asse, mentre la stella tridimensionale, i quattro monti araldici e i relativi sostegni non sono otticamente simmetrici né hanno un asse ben definito rispetto alla meridiana, e la cuspide della piramide sommitale sopra l'obelisco non è simmetrica rispetto all'obelisco stesso, ma è più a Ovest di 1/32 della larghezza dell'obelisco stesso.

Nella figura 6 si vedono i finimenti dell'obelisco e i tiranti ripresi il 4 dicembre 2021 poco dopo il transito meridiano del Sole. La differenza di tempi, sempre in anticipo rispetto alle effemeridi, dei transiti misurati e di quelli calcolati, va da -28 s alla stella (pomello superiore) a -22.5 s centro della croce.

5.5 s 5 mm/s (velocità dell'ombra al suolo) danno 27.5 mm che su 1 m di altezza danno 1.6° di inclinazione. Altre misure servono ancora per calibrare bene lo strumento.



Fig. 6 I finimenti dell'obelisco a partire dalla cuspide sommitale fino alla croce; le nubi filtrano il Sole a 4x digitali.

Il Sole è ripreso il 4 dicembre alle 12:04, dalla stella nera del disco marmoreo del Capricorno, ed è passato in meridiano alle 12:00 dove sta il disco giallo. Il disco rosso sottostante corrisponde alla posizione che avrà il 21 dicembre 2021, al solstizio, che veniva chiamato anticamente *Soltitium Brumalis*.

Misure al telescopio topografico

Il telescopio topografico quando è in bolla, cioè su un piano perfettamente orizzontale, può essere usato per fare misure di diametro solare sia al meridiano che fuori meridiano, sfruttando la conoscenza dell'angolo di inclinazione rispetto

all'orizzontale formato dal moto apparente del Sole.

I tempi di contatto del Sole con la linea di mira verticale del cannocchiale delle Officine Galileo di Firenze, usato per le misure all'ITIS Ferraris di Roma, danno la seguente tabella.

Angolo [°] parallattico	Durata transito [s]	Diametro ["]
17,0	148,0	1965,8
18,3	148,0	1951,6
18,9	149,5	1964,8
19,8	150,5	1967,1

Le misure sono state prese tra le 13:24 e le 13:41 del 3 dicembre, ben fuori meridiano. I tempi dei contatti con misure visuali al mezzo secondo di precisione. Nella tabella ho riportato le durate dei transiti. La misura del diametro solare risulta di $1962'' \pm 7''$ con le quattro misure ed escludendo la seconda $1965.9'' \pm 1.1''$.

Il telescopio topografico ha un diametro di 40 mm, e una risoluzione teorica di $2.5''$, ben rappresentata da queste deviazioni standard statistiche.

Le misure con il video consentono risoluzioni temporali migliori, e le misure alle 12:08 e 12:09 del 3 dicembre hanno portato a valori del diametro più prossimi al vero $1947''$.

Angolo [°] parallattico	Durata transito [s]	Diametro ["]
1,82	140,24	1947,1
1,82	140,81	1955,1
1,97	141,08	1958,6

Il limite di accuratezza di questa misura col video è dato anche dallo spessore della linea proiettata, pari a $15''$ nella foto 7, oltre dal contrasto luminoso ottenibile all'aperto, senza la camera oscura che si aveva nei circoli meridiani degli osservatori del Campidoglio (fig. 8) e del Collegio Romano.

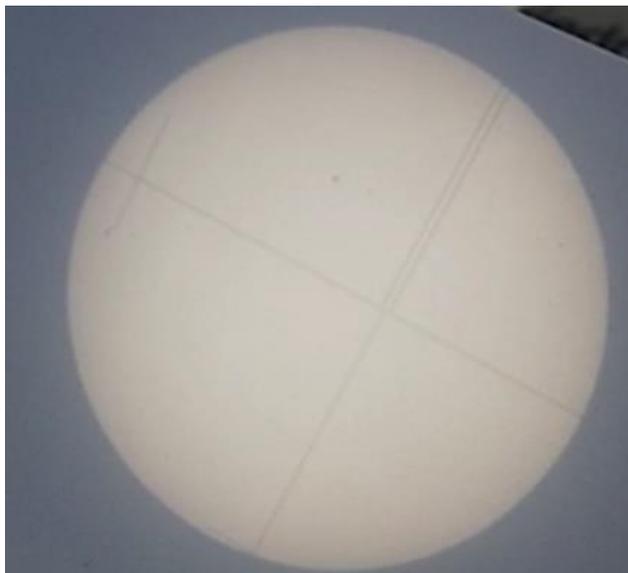


Fig. 7 Il Sole proiettato dal telescopio topografico delle Officine Galileo su uno schermo bianco il 3 dicembre 2021 alle 12:08:50.

Questa misura del diametro solare fuori meridiano mostra che il transito su una linea fiduciale tende ad essere sempre sovrastimato per lo spessore della linea stessa.

Il telescopio topografico è stato messo a livello, e comunque presenta valori del diametro solare sistematicamente superiori al valore delle effemeridi (1947" per il 3 dicembre) tanto che se si dovesse ammettere una differenza dalla verticalità dovrebbe essere pari ad $\arccos(1947/1953.6)$ oppure 1965.9) cioè 4.7° oppure 7.95° . Da questo esperimento si capisce che gli effetti ottici al contatto con le linee fiduciali "ingrossano" il diametro solare anticipano il contatto percepito e ritardano il distacco.

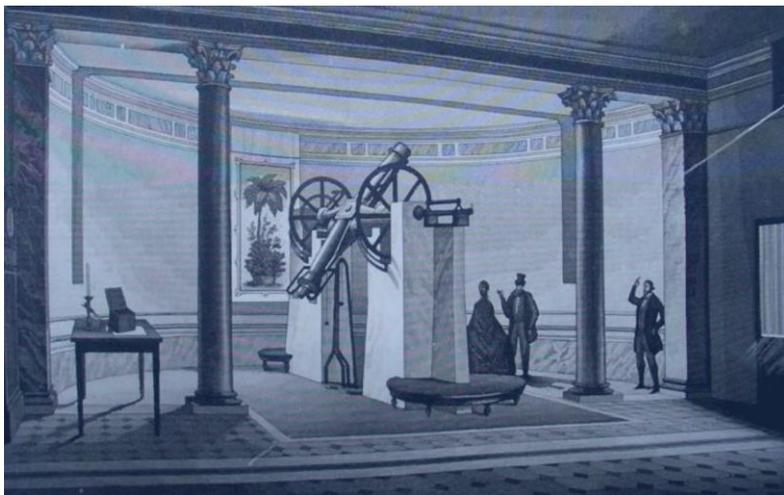


Fig. 8 La sala meridiana dell'Osservatorio del Campidoglio (1829-1937) purtroppo distrutto per ragioni estetiche.

Il telescopio topografico non è altro che un circolo meridiano in miniatura, e viene usato in questo modo all'aperto, dove il contrasto luminoso tra l'immagine proiettata e l'ambiente può non essere ideale.

Conclusioni La misura del diametro solare a san Pietro è influenzata sia dalla turbolenza atmosferica, sia dalla risoluzione angolare delle ottiche utilizzate (18 mm). Anche la verticalità della croce rispetto alla direzione Est-Ovest può essere causa dell'aumento del diametro calcolato dall'intervallo di tempo di transito. In questo modo le misure astronomiche per ritrovare gli ingressi nei segni zodiacali, con le medie tra i due tempi di contatto del Sole con la croce, si usano anche a fini astrofisici per monitorare il diametro solare.

Referenze: C. Sigismondi, XVI Marcel Grossmann Meeting 2021
<https://eratostene.vialattea.net/wpe/argomenti/sistemi-di-coordinate-astronomiche/trasformazione-di-coordinate/>
https://oberon.roma1.infn.it/lezioni/laboratorio_specialistico_a_strofisica/esperienze2014/Sigismondi-Heliometro.pdf (fig. 8)