

Misura del raggio terrestre al tramonto del 28 febbraio 2020

C. Sigismondi (ICRA/Sapienza e ITIS Ferraris, Roma)

Submitted February 28, 2020. Accepted September 1st, 2020

Abstract application of the method of Richmond (2015) to the observations made at Ostia on February 28, 2020 at sunset. The radius of the Earth obtained with these data reflects the refracting conditions of the atmosphere. A technique for a naked-eye observation and efficient data recording is shown in detail, also vocal timing is taken into consideration.

Condizioni meteo La giornata è stata particolarmente bella, molto serena sia al transito meridiano che al tramonto. Circa 90 minuti prima del tramonto a Sud Ovest c'erano delle nubi bianche che non occultavano il disco solare, ma nel diffondevano molto la luce.

Il luogo scelto per l'osservazione anche per la vicinanza dalla stazione del treno è stato la Spiaggetta, accessibile velocemente dalla Metro Stella Polare. Sono arrivato al punto di osservazione alle 17:52 ed ho subito collocato a terra un disco dorato dove posare il ginocchio, essendo umida la sabbia vicino alla battigia.

Procedimento delle misure Accucciato, avevo la testa a 8 cm dalla sabbia, ed osservavo il Sole con il monocolo 7x18 diaframmato a 5.5 mm. Da in piedi osservavo ad 1.78 m dalla sabbia e 2.08 m dal livello del mare.

La luminosità del Sole era tale da non consentire una visione diretta ad occhio nudo, senza esserne abbagliati, per tutte le fasi del tramonto.

L'esperimento, condotto interamente a vista, senza video, era pensato per verificare diversi parametri durante la fase di tramonto geometrico, da due altezze sul livello del mare.

La tabella seguente preparata prima dell'osservazione è stata riempita immediatamente dopo, per non dimenticare i dettagli selezionati. Nella colonna 2 osservo da terra, la 3 da in piedi.

1. Schiacciamento verticale dell'immagine solare	Forte	Forte
2. Intervallo di tempo tra il riflesso e il contatto col riflesso	Assente il riflesso	Assente il riflesso
3. Tempo assoluto di contatto 1 accucciato /in piedi	17:56:23 incerto per il forte schiacciamento	incerto
4. Intervallo di tempo tra il riflesso e il contatto col riflesso	nullo	nullo
5. Colore del Sole e suo gradiente	Fulgido senza gradiente	Fulgido senza gradiente
6. Tempo assoluto di metà transito	-----	17:58:04
7. Tempo assoluto di contatto 2 accucciato/in piedi	17:59:31 incerto per il Sole rettilineo acromatico	17:59:40 incerto per il Sole rettilineo e acromatico
8. Raggio verde	Assente ogni cromatismo	Assente ogni cromatismo
9. Raggio blu	Assente ogni cromatismo	Assente ogni cromatismo

La seconda colonna di dati corrisponde all'altezza della testa a circa 8 cm dalla sabbia, e circa 30 cm sul livello del mare, la terza colonna 170 cm più in alto, da in piedi.

Durante l'osservazione della fase conclusiva del tramonto a terra, un'ondina lontana ha occultato completamente il Sole che era un piccolo settore circolare, quasi una striscia, per un momento, confermando che l'osservazione era la più bassa mai realizzata fin'ora da me.

Il mare era calmo e nei 7 minuti di osservazione le onde non si sono mai avvicinate al punto di osservazione, dove ero io con gli strumenti posati sulla sabbia. Il moto ondoso doveva essere stato maggiore nelle ore precedenti, poiché la zona che avevo scelto era ancora inumidita. Un'onda anche piccola, ma energica, come sono quelle invernali, mi avrebbe bagnato senz'altro pantaloni e zaino con gli strumenti.

La temperatura era attorno ai 16 °C.

Durata del tramonto, raggio terrestre e rifrazione atmosferica

Dal tempo tra i contatti preso accucciato e quello tra il mezzo transito e la sparizione da in piedi ho stimato la durata del tramonto pari a (190 ± 2) s.

Corrispondendo questa durata ad un diametro angolare da effemeridi pari a $1937.66''$, il ritardo di circa 9 s riscontrato alla sparizione corrisponde ad un angolo spazzato dal bordo del Sole sotto il primo orizzonte geometrico pari a $(9/190) \cdot 1937.66'' = \text{circa } 90''$.

La tangente di questo angolo è pari al rapporto $1.7m/\sqrt{(2Rh)}$ tra la differenza d'altezza dei due punti di vista e la distanza dell'orizzonte geometrico ad altezza $h=178+30 \text{ cm}=2.08 \text{ m}$ sul livello del mare.

Passando dai secondi d'arco ai radianti, per cui la tangente di un angolo piccolo è pari all'angolo stesso, otteniamo

$$90/3600/57,28=1.7/\sqrt{(2 \cdot R \cdot 2.08)}$$

da cui $R=3647 \text{ Km}$.

Il valore del raggio terrestre da questi dati riesce per difetto, essendo circa il 57% del valore vero.

Differente durata del tramonto da terra e da in piedi

Dalla postazione accucciata il tramonto è durato 3 min 08 s, da quella in piedi valutando l'istante di mezzo tramonto, in cui il Sole è tagliato a metà, e i lembi destro e sinistra cadono verticali rispetto all'orizzonte marino, il tramonto risulta essere durato 3 min 12 s.

Questa differenza potrebbe determinarsi da una rifrazione maggiore entro i 90" sotto il primo orizzonte relativo ai 30 cm s.l.m, rispetto a quella immediatamente prima dell'almucantarato zero per la postazione accucciata. Per la seconda postazione in piedi l'almucantarato zero si alza di 90" sull'orizzonte marino, che diventa almucantarato -90" per la posizione accucciata (invisibile da lì), e lì la rifrazione atmosferica è maggiore che ad almucantarato zero.

L'immagine solare, se fosse stata ripresa in contemporanea da due telecamere a queste diverse altezze, dovrebbe risultare un po' più schiacciata verticalmente nel caso almucantarato -90" rispetto allo zero, come effetto della maggiore rifrazione.

L'effetto combinato di questa rifrazione con la depressione dell'orizzonte è l'aumento della durata del tempo del tramonto, rispetto ad una situazione senza tanta rifrazione.

Il tramonto infatti dura 8-12 secondi oltre i 3 minuti, rispetto ai 2 min 59 s del 16 febbraio, ripreso in video, quello che ha mostrato il blue flash.

Effetti cromatici

Un effetto che mi sarei aspettato di vedere in queste condizioni sarebbe stato il blue flash, e invece nemmeno il green flash si è verificato: il Sole ha mantenuto sempre un colore unico anche

nei bordi ultimi. Era assente ogni tipo di dispersione cromatica, contrariamente alle mie attese.

Rifrazione sì e forte, cromatismo assente.

Diaframma per il monocolo

Questo accorgimento ha permesso di osservare a 7 ingrandimenti il fenomeno per cogliere gli eventuali riflessi sull'almucantarato zero, che normalmente si trova ad alcuni secondi d'arco più in alto dell'orizzonte marino. 5.5 mm è un diametro simile a quello della pupilla umana, e per osservare senza problemi il Sole all'ocaso è stato posto al limite del campo di vista, facendo in modo di avere al centro solo il settore di contatto tra disco Solare e mare.

Quindi non ho inquadrato tutto il Sole, ma soltanto la parte che stava per toccare l'orizzonte marino, per non essere abbagliato durante la misura.

Misura degli intervalli di tempo

Avevo fatto, avvicinandomi alla postazione scelta, le prove che riesco a tenere un ritmo simile a quello dei secondi a voce, con buona sincronizzazione entro 10 secondi di tempo e anche per 20 s.

L'errore massimo di ritmo senza nessuno strumento è dell'ordine di 0.05 s per ogni secondo.

Durante l'osservazione è stato più facile tenere l'orologio appena fuori dal campo di vista del cannocchiale per guardarlo nel momento desiderato, ed ha funzionato lo stesso.

La tecnica di declamare i secondi a voce avrebbe aiutato nel caso si fosse formato il riflesso per valutare il tempo tra formazione e contatto, che è indice di quanto il riflesso si trovi sopra l'almucantarato zero e l'orizzonte del mare.

Si sarebbe potuto misurare l'altezza del riflesso in secondi

d'arco, da confrontare con l'altezza in cm sul livello del mare, rapportata alla distanza dell'orizzonte geometrico del punto di osservazione.

Rifrazione assoluta all'orizzonte

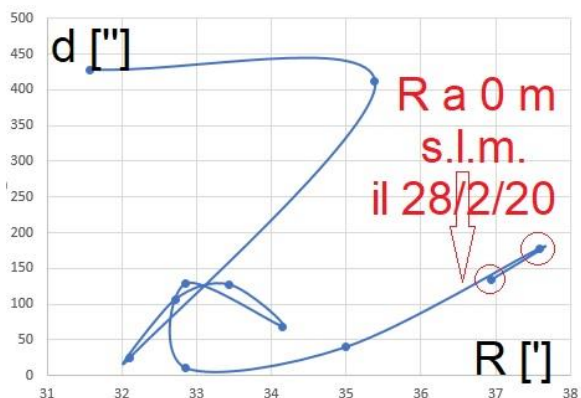
Si può ricavare dal tempo di sparizione del Sole osservato sia a terra che in piedi.

Allo stesso modo dell'articolo sulla rifrazione ad almucantarato -47' ho calcolato la posizione del centro del Sole al momento delle due sparizioni, in assenza di atmosfera, dalle effemeridi.

Aggiungendo il raggio solare del momento, sempre da effemeridi, alla posizione del centro del Sole, si raggiunge la posizione geometrica -in assenza di atmosfera- del lembo superiore del Sole. Questa dimensione è pari alla rifrazione assoluta al momento del tramonto.

A 0.3 metri sopra il livello del mare valeva $R=36.93'$ mentre a 2.08 m diventava $R=37.58'$: si tratta dei valori più alti riscontrati nei vari tramonti osservati (dischi rossi in fig. 1)

Estrapolato a 0 m sul livello del mare R vale circa $36.5'$ (freccia)



Referenze

C: Sigismondi, Gerbertus **12**, 17 (2019) e **12**, 27 (2019)

M. Richmond, C. Sigismondi, Gerbertus **12**, 53 (2019)