

L'ingrandimento di uno strumento astronomico

Costantino Sigismondi *prof.sigismondi@icra.it*

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

Submitted March 1st 2021, accepted March 2nd

Abstract The magnification of a visual telescope is the ratio F/f of the focal length F of the objective lens/mirror and the one of the eyepiece f . In the case of projection either through a lens/telescope either a pinhole, the ratio is F/d where d is the distance of the eye/detector from the projected image. The angular resolution $\theta=\lambda/D$, with D objective's diameter, projected as θF should not exceed the pixel dimension on the focal plane.

Sommario L'ingrandimento di un telescopio visuale è il rapporto F/f tra la lunghezza focale dell'obiettivo F e quella dell'oculare f . Nel caso di proiezione da una lente/telescopio o da un foro stenopeico, l'ingrandimento è il rapporto tra le distanze F/d , con d distanza occhio(rivelatore)-immagine. La risoluzione angolare $\theta=\lambda/D$ con D diametro d'obiettivo non deve proiettarsi su una dimensione maggiore del pixel sul piano focale.

L'Eliometro in Toscanelli, Danti, Cassini e Bianchini

Prima a Bologna in s. Petronio (1577) poi alla Torre dei Venti in Vaticano (1580) padre Egnazio Danti realizzò due celebri meridiani a camera oscura, che riprendevano l'idea di Paolo Toscanelli (1475) nella Cattedrale di s. Maria del Fiore a Firenze, dove un foro stenopeico sulla lanterna della cupola a 90 m di quota illuminava il pavimento della navata della s. Croce con un'immagine di circa 90 cm di diametro. Giandomenico Cassini restaurò lo gnomone del Danti nel 1655 chiamandolo Eliometro, proprio perché avrebbe misurato posizione e diametro del Sole. Bianchini (1701) perfezionò ulteriormente lo schema dei predecessori realizzando lo Gnomone Clementino in s. Maria degli Angeli in Roma. Posizione del Sole (altezza meridiana e longitudine eclittica) e diametro erano misurati con precisione, il diametro si portava dietro l'incertezza della penombra, variabile con le condizioni

meteorologiche a causa del diverso contrasto Sole-cieli con cielo azzurro e con cielo velato da umidità.

Sul pavimento delle “camere oscure” (Chiese) si formano immagini del Sole vere e proprie, il cui pixel è dato dalla dimensione del foro stenopeico. La distanza focale ideale per focali sarebbe quando la risoluzione angolare dovuta alla diffrazione attraverso un foro di apertura D , proiettata a distanza F , cioè di dimensione θF pari a $\lambda F/D$ diventi uguale a D , da cui $F=D^2/\lambda$. Nessuno di questi strumenti raggiungeva la focale ideale, tuttavia le macchie solari più grandi allo Gnomone Clementino di Roma sono state visibili (es. la macchia AR 2786 osservata tra Novembre e Dicembre 2020).

Ingrandimento

Si fa sempre riferimento a dimensioni angolari.

Il Sole ha un diametro angolare di circa $1/100$ di radiante, ossia poco più di mezzo grado, $32'$. Questo rapporto è lo stesso tra il suo diametro lineare e la distanza Terra-Sole.

Con uno specchio diaframmato ad un piccolo cerchietto si può riprodurre l'immagine stenopeica dei grandi gnomoni, dentro una stanza, o un'aula. L'asse minore dell'ellissi solare è $1/100$ circa della distanza “focale”, ossia la distanza tra specchio e schermo. Se osserviamo l'immagine proiettata sul muro (schermo) da dove si trova lo specchio, la sua dimensione angolare è uguale a quella del Sole visto dallo stesso punto. Non c'è ingrandimento. Ma se ci avviciniamo ad una distanza d dallo schermo vediamo l'immagine solare da vicino, avere una dimensione angolare F/d volte maggiore di quella in cielo. Esempio con $F=8$ metri ho un'immagine di circa 8 cm, se la guardo da 20 cm di distanza ho $800/20=40$ ingrandimenti.

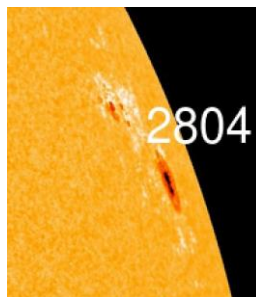
Risoluzione spaziale dell'immagine

La definizione appena data mostra che con il metodo della proiezione posso ottenere ingrandimenti a piacere. Però c'è il

limite del contrasto luminoso, per cui questo metodo si può applicare –nella pratica- solo al Sole, che emette luce in abbondanza. Inoltre c'è il limite del “pixel di risoluzione” che è dovuto all’ottica ondulatoria per i telescopi, e alla dimensione del foro stenopeico (ottica geometrica) per gli gnomoni. Se stiamo osservando con un telescopio da 38 mm di diametro, il pixel a 550 nm vale $\theta = \lambda/D = 1.45 \times 10^{-5}$ radianti, cioè 3”. Se stiamo osservando con un foro stenopeico di 8 mm questo pixel vale 14”. Il pixel geometrico è dato dal foro stesso, e vale 8 mm in questo caso. A 8 metri di distanza dal foro questo pixel è 1/10 dell’intero diametro solare, 3.2’, un valore molto più grande del pixel dovuto all’ottica ondulatoria. La situazione migliora formando l’immagine più lontano, ma occorre proiettarla in una camera oscura per non perderla per la sua debolezza rispetto alla luce ambiente.

Caso della macchia AR2804 il 1 marzo 2021 alle 12 TMEC

La macchia in questione è grande, ma già vicinissima al bordo Ovest del Sole, ed è stata appena intravista proiettando a 1.4 m un’immagine di 33 cm di diametro dal cannocchiale topografico Officine Galileo di 38 mm su un foglio, in una camera oscura improvvisata con dei giacchetti alle ore 12. Nel pomeriggio del 1 marzo alle 16 col



telescopio Newtoniano da 76 mm di diametro e focale 350 mm e oculare da $f=2.5$ mm che fa 140x, quella macchia non sono riuscito ad avvistarla. Questa foto è del 28/2 dal satellite SDO, per capire come mai non era visibile neanche col telescopio “equinoziale” di Cuevas a s. Maria degli Angeli nella cupola d’ingresso. La turbolenza atmosferica locale sfuocava il bordo immagine di 5 mm su 330 di diametro, ossia 30” su 32.5’.

I telescopi solari della cupola di s. Maria degli Angeli

Sono tre lenti montate insieme a filtri colorati e prismi, nella lanterna della Cupola d'ingresso alla Basilica. Queste lenti proiettano sul pavimento le immagini del Sole. Le tre lenti sono tre telescopi solari, inseriti nella vetrata "Divinity in Light", creata nel 2000 dall'artista Narcissus Quagliata e dall'astronomo Salvador Cuevas Cardona, entrambi di Città del Messico. La frase di Giovanni Paolo II *La scienza porta dall'immanente al Trascendente* è pure inserita come dedizione dell'opera. Grazie all'ambiente raccolto di questa cupola in muratura, di 19.6 metri di diametro, già delle Terme di Diocleziano, abbiamo quasi le



condizioni di camera oscura. Ciò nonostante la macchia non era già visibile il 28/2 alle 11:42. Le righe sono separate di 8.8 mm, l'immagine è 21 cm di diametro, seconda solo a quella dello Gnomone Clementino. Il bordo dell'immagine non è netto, ampio 1 mm, corrisponde a 10". Le lenti di Cuevas hanno un diametro di 60 mm, che darebbero luogo ad un pixel di 2". Il peggioramento a 10" è dovuto sia al fuoco non perfetto, ma soprattutto alla turbolenza atmosferica presso la lente.

Referenze

C. Sigismondi, *Astronomia solare e ottica con il foro stenopeico* Gerbertus 5, 13-20 (2014)