

Stima della magnitudine stellare confrontando il cannocchiale e l'occhio nudo, con fondo cielo brillante

C. Sigismondi¹⁻²

¹ ICRA/Sapienza University of Rome, ITIS G. Ferraris, Rome and

² AAVSO, American Association of Variable Stars Observers

submitted May 19th, 2020 and accepted June 13th, 2020

Abstract The comparison between two stars can be made by observing one with a spotting scope and another one by naked eye. The ratio between the different collecting areas determines the magnitudes estimates. But when the stars appear in twilight the signal-to-noise ratio has to be considered. An example with Betelgeuse in twilight from Rome is used to deal with these concepts.

Riassunto Il confronto tra due stelle può essere fatto osservandone una con un cannocchiale e l'altra a occhio nudo. In tal caso il rapporto tra le differenti aree di raccolta determina la stima delle magnitudini. Ma quando le stelle appaiono nella luce del crepuscolo occorre tenere conto del rapporto segnale/rumore. Un esempio con Betelgeuse al crepuscolo, quasi al tramonto eliaco da Roma, è portato per trattare questi concetti.

Keywords Signal-to-noise ratio; Pogson law, magnitude. Rapporto Segnale/Rumore, legge di Pogson, magnitudine.

Introduzione: confronto tra stelle diverse per la stima della magnitudine

Accade che, in mancanza di stelle di confronto opportune, l'uso di un cannocchiale possa "ottenere" stelle di confronto della luminosità giusta rispetto a quella studiata. Ad esempio Betelgeuse è una stella di prima grandezza, e con un cannocchiale 10x42 rispetto all'occhio nudo abbiamo un incremento di circa 4 magnitudini, e questo significa che una stella di quarta grandezza al cannocchiale appare come quella di prima ad occhio nudo. La *Statistica Stellare* insegna che il numero di stelle di quarta grandezza è molto più abbondante di quelle di prima, offrendo una scelta ben ampia al confronto con Betelgeuse in un dato momento della notte.

Le osservazioni condotte dall'autore, talvolta, hanno richiesto ricorrere all'identificazione di stelle deboli per valutare la luminosità di Betelgeuse. Al crepuscolo γ e ρ e anche σ Geminorum sono state usate come confronti. E sono stelle di magnitudine 1.90, 4.15 e 4.25, che difficilmente si



potrebbero immaginare come confronti per l'alfa di Orione. Ma nel cielo crepuscolare, quando Betelgeuse osservata al cannocchiale appariva a mala pena sul fondo cielo illuminato e arancione, con una forte scintillazione al punto che per qualche istante spariva alla vista nelle fluttuazioni di scintillazione a luminosità inferiore, il confronto era proprio con quelle tre stelle indicate; γ era identificabile nel cielo ancora chiaro, sotto Castore e Polluce, e vicino ai due Gemelli, ρ presso Castore e σ presso Polluce sono entrambe rintracciabili al cannocchiale anche con cielo ancora chiaro.

Confronti tra osservazioni con diversi strumenti

Altrettanto complicata è la comparazione con Mercurio, che era più basso di γ Geminorum, e anch'esso immerso nei raggi solari. Però lo sfondo del cielo con cui ho visto **a occhio nudo** Mercurio a 10° alle 21:04 del 22 maggio è un po' più scuro di quello delle 21:02 con Betelgeuse radente a 5° l'orizzonte, osservata **al 10x42** nelle condizioni della foto di figura 1, di conseguenza il confronto porta ad un risultato che risente molto dell'incertezza del metodo avendo pochi istanti per comparare la stella al cannocchiale con Mercurio a occhio nudo, a 20° di distanza angolare. Le due luminosità apparenti di Mercurio e Betelgeuse erano comparabili $x=y$, vediamo cosa se ne dovrebbe dedurre. Stellarium dà per Mercurio $y_0 = -0.35$, Curt Renz, che ha fornito dati molto accurati nelle effemeridi degli scorsi anni da me verificati fornisce per Mercurio quel giorno $y_0 = -0.65$.

Il cannocchiale 10x42 ha un'area di 42 mm di diametro, la pupilla di 6 mm; il rapporto tra le aree è $(42/6)^2 = 7^2$

il rapporto tra le luminosità percepite al cannocchiale e all'occhio è, secondo la legge di Pogson $2.5 \log(7^2) = 5 \log(7) = 4.22$ magnitudini più brillante al cannocchiale. Con $x =$ Betelgeuse, al cannocchiale e a 4° abbiamo, secondo il modello di estinzione ICQ 3.45 magnitudini.

$x_0 + 3.45 - 4.22 = y_0 + 1.59 = -0.65 + 1.59 = x_0 - 0.77 = 0.94$, risulta $x_0 = 1.77$

Una magnitudine di 1.77 per Betelgeuse è troppo debole. Questa stima è stata fatta con l'estinzione ICQ media tra estate e inverno. Pur tecnicamente corretta, la procedura è da rigettare.



Prendendo l'estinzione invernale

$x_0 + 3.01 - 4.22 = y_0 + 1.38 = -0.65 + 1.38 = x_0 - 1.21 = 0.73$, risulta $x_0 = 1.94$ ancora più debole e più irrealistica.

Prendendo l'estinzione estiva

$x_0 + 3.90 - 4.22 = y_0 + 1.79 = -0.65 + 1.79 = x_0 - 0.32 = 1.14$, risulta $x_0 = 1.46$ sempre troppo alta.

La situazione di Mercurio potrebbe essere stata comparabile all'alfa di Orione qualche minuto prima di quando è stata avvistata. In questo caso la sua altezza sull'orizzonte sarebbe stata maggiore e l'estinzione minore.

Prendendo l'estinzione estiva

$x_0 + 3.90 - 4.22 = y_0 + 1.5 = -0.65 + 1.5 = x_0 - 0.32 = 0.85$, risulta $x_0 = 1.17$ sempre debole.

In presenza di forte luce del fondo cielo la comparazione delle magnitudini tout-court non dà risultati corretti.

Non ritengo il modello di airmass la causa dell'insuccesso di questa procedura ma la valutazione $x=y$ con differenti rapporti segnale/rumore, ossia con fondo cielo di diversa luminosità.

In altre occasioni, invece, sotto cielo scuro, le oltre 4 magnitudini di differenza introdotte dall'uso del cannocchiale ha mostrato come unica incertezza per il metodo il diametro della pupilla, stimato tra i 6 e i 7 mm da dati di letteratura e non da misure dirette. Le misure dirette del diametro della pupilla non sono concettualmente semplici, in quanto se si usa della luce per vedere l'apertura della pupilla la si modifica nel momento stesso della misura. Occorrerebbero delle foto in Infrarosso o in posa B (bulb, lasciando aperto l'otturatore per alcuni secondi).

Confronti tra soglie in magnitudini del fondo cielo

La stima diretta "*Mercurio a occhio nudo=Betelgeuse al cannocchiale*" non sembra portare ad una misura attendibile perché, mentre per Betelgeuse il cannocchiale raccoglie per l'occhio radiazione da un campo di vista largo meno di 5° , l'occhio nudo ha un campo di vista efficace di almeno 160° , con un incremento di $32^2 \cdot (6/42)^2$ in numero di fotoni del fondo cielo raccolti rispetto al cannocchiale. Il primo fattore è l'aumentato campo di



vista di 32 volte in ampiezza angolare e 32^2 in area, il secondo fattore è l'apertura della pupilla rapportata a quella della lente obbiettiva del cannocchiale. Il rapporto precedente si semplifica in $(32/7)^2$. In termini di magnitudini è $2.5\log(32/7)^2=3.3$. In altre parole il cannocchiale col cielo chiaro, sapendo dove guardare, grazie al campo di vista ridotto *abbassa la luminosità del fondo cielo di 3.3 magnitudini*. Questo è simile alla funzione del tubo senza lenti nelle osservazioni a occhio nudo.

Potremmo dire che al cannocchiale posso osservare Betelgeuse 3.3 magnitudini più debole di Mercurio visto a occhio nudo?

Mercurio appare di magnitudine $-0.65+1.59=0.94$

Betelgeuse per apparire al cannocchiale di 0.94 dovrebbe avere una magnitudine $x=0.94+3.3=4.24$

Poiché era ad altezza tra 5° e 4° togliamo tra 3.28 e 3.90 magnitudini (tabella estiva) ottenendo x_0 compresa tra 0.96 e 0.34. La magnitudine 0.34 **ricade nei valori accettabili** per la curva di luce di Betelgeuse in quei giorni, e verificati da Alexandre Amorim e Rod Stubbing rispettivamente a Florianopolis e presso Melbourne, con la stella ben più alta sull'orizzonte già scuro del loro crepuscolo australe. Questo metodo sembra valido.

Confronti tra rapporti segnale/rumore al crepuscolo:

La stima "*Segnale/Rumore di Mercurio a occhio nudo=Segnale/Rumore di Betelgeuse al cannocchiale*" e la definizione di Segnale/Rumore che è il rapporto tra i fotoni raccolti dalla sorgente/radice quadrata dei fotoni dal fondo. Quindi se il S/R al cannocchiale di Betelgeuse è

$S/R \text{ Cannocchiale} = (42/6)^2 \cdot \text{fotoni da Betelgeuse o.n.} / \sqrt{1}$

$S/R \text{ Occhio nudo} = \text{fotoni da Mercurio o. n.} / \sqrt{(32/7)^2}$

Uguagliando le due quantità il rapporto tra fotoni delle due sorgenti vale $1/224$: 5.89 magnitudini, troppe per arrivare ad un risultato realistico.

Il metodo più promettente, dunque, valuta di quanto il ristretto campo di vista del cannocchiale abbassa la luminosità del fondo cielo percepita.

Referenze

C. Renz, Mercury: Stellar Magnitude, www.curtrenz.com/mercury03.html (2020, visitato il 14/6)

