LA FOTOMETRIA DELLE TESTE COMETARIE

G. A. Milani (Gruppo Astrofili di Padova)

Introduzione

La determinazione della magnitudine visuale delle teste cometarie effetuata con piccoli strumenti costituisce uno dei campi di osservazione che attualmente è quasi interamente affidato agli astrofili.

L'importanza di questo tipo di osservazioni sta nel fatto che esse sono direttamente confrontabili con le stime visuali ottenute nel passato, mentre non lo sono i dati ottenibili attualmente con tecniche più sofisticate e con strumenti di grande apertura. E' quindi tuttora attuale utilizzare questa tecnica che offre oltretutto l'enorme vantaggio di potere usare strumenti semplicissimi e maneggevoli quali i binocoli o i rifrattori e i riflettori portatili di piccola apertura.

Stime di magnitudine delle teste cometarie

Le comete sono oggetti diffusi e si presenta quindi il problema di doverle confrontare con oggetti puntiformi (le stelle). Per questo scopo si possono utilizzare tre metodi differenti:

- 1) <u>Metodo di Bobrovnikoff</u>. Confrontare le immagini delle stelle e della cometa in extrafocale, sfuocando del minimo necessario perchè stelle e cometa risultino uguali in dimensioni apparenti.
- 2) <u>Metodo di Sidgwick.</u> Confrontare l'immagine della cometa a fuoco con l'immagine di stelle in extrafocale e sfuocato fino ad avere lo stesso diametro apparente della cometa a fuoco.
- 3) Metodo di Beyer. Sfuocare le immagini delle stelle e della cometa e confrontarne la luminosità per estinzione rispetto al fondo del cielo.

Ciascuna di queste tecniche è soggetta a errori sistematici che dipendono da numerosi fattori quali il tipo di strumento usato, l'apertura relativa, l'ingrandimento, la luminosità del fondo del cielo, il profilo fotometrico della cometa, l'osservatore, le stelle di confronto.

Il metodo di Beyer è sconsigliabile in quanto è troppo condizionato dalla variazione di luminosità del fondo del cielo. I metodi di Bobrovnikoff e di Sidgwick sono quelli che consentono di ottenere i risultati migliori.

La stima va effettuata seguendo lo stesso metodo che si usa in generale

per le stelle variabili: si scelgono due stelle di magnitudine nota, una più luminosa e l'altra più debole della cometa, si cerca di dividere in gradini l'intervallo di luminosità esistente fra le due stelle e si stabilisce la distanza in gradini fra la cometa e le due stelle. A questo punto si ricava facilmente la magnitudine della cometa che è sufficiente approssimare al decimo di magnitudine.

Se la cometa ha liberato molte polveri è conveniente, se possibile, usare stelle di confronto di tipo spettrale G o K; se invece la cometa è in prevalenza gassosa conviene usare stelle di confronto di tipo spettrale B o A. Un metodo per valutare in maniera approssimativa se la cometa ha liberato molte polveri oppure no viene direttamente dall'aspetto della cometa: se è diffusa (simile ad un ammasso globulare visto attraverso un piccolo strumento) e la coda è sottile e rettilinea o a raggi, la cometa è in prevalenza gassosa; se invece la chioma mostra una condensazione centrale molto marcata e la coda è larga e diffusa, la cometa è in prevalenza polverosa.

Per ogni stima è essenziale annotare l'ora, le condizioni del cielo, la località di osservazione, tutte le caratteristiche dello strumento usato e il metodo di stima.

Prima di accingersi ad effettuare questo tipo di osservazione, però, è bene tenere presenti alcune cose di fondamentale importanza: in ciascun metodo di confronto extrafocale gli errori sistematici sono minimi se l'immagine viene sfuocata dalla quantità minima necessaria per rendere uguali in dimensioni stelle e comete e questo significa che è preferibile utilizzare strumenti luminosi (F/D = 3 - 6); inoltre, e in particolare nell'uso del metodo di Bobrovnikoff, si raccomanda di usare l'ingrandimento minimo possibile. Se non si usa un binocolo è consigliabile utilizzare un oculare di focale $f = F/D \times 7$ mm, dove F/D è l'apertura relativa dello strumento e 7 mm è il diametro della pupilla dell'occhio umano a bassi livelli di illuminazione.

L'analisi dei dati

La luminosità di una cometa varia in funzione della sua distanza dal Sole e dalla Terra secondo la formula

(1)
$$m = m_0 + 5 \log \Delta + 2.5 n \log r$$

dove m è la cosiddetta "magnitudine assoluta" della cometa, Δ è la distanza Terra-Cometa, r è la distanza Sole-Cometa ed n è un parametro che varia da cometa e cometa. m corrisponde alla magnitudine che avrebbe la cometa se venisse osservata nella condizione $\Delta=r=1$ Unità Astronomica; m solitamente è compreso tra 5 e 10 ma non è indice di proprietà intrinseche della cometa a differenza di n, compreso generalmente fra 3 e

6, che in un certo modo indica la risposta della cometa alla radiazione solare.

Per ricavare m₀ e n è necessario prima di tutto costruire un grafico mettendo in ascissa i valori di log r e in ordinata i valori di m — 5 log Δ relativi ad ogni osservazione, se n è rimasto costante i punti si allineeranno con buona approssimazione su di una retta di pendenza 2,5 n. Il valore di n si ricava poi con il metodo dei minimi quadrati applicato all'interpolazione di una retta; il punto di ascissa 0 fornisce il valore di m₀ nell'ordinata.

Per ottenere dei valori attendibili nella determinazione dei parametri m_0 e n è necessario analizzare un discreto numero di stime distribuite su di un periodo abbastanza lungo e correggere gli errori sistematici dovuti ai diversi strumenti, osservatori e metodi di stima; inoltre si devono trattare con cautela le stime ottenute con chiaro di luna e con cattive condizioni di cielo.

Come esempio di quanto detto finora si riporta lo studio della curva di luce della cometa West (1975 n) osservata durante i mesi di Marzo e Aprile 1976 da G. Gambato (binocolo 10×50 ; riflettore ϕ 300 mm) e dallo scrivente (occhio nudo e binocolo 6×30 mm); le stime sono state effettuate con il metodo di Sidgwick.

In fig. 1 sono riportate le curve di luce relative ai due osservatori e agli strumenti usati. Come prima considerazione si può notare che la stima ottenuta ad occhio nudo non si allinea in modo soddisfacente con le altre stime e questo può essere dovuto ad una effettiva variazione della attività della cometa o ad un errore di stima. Valutando le condizioni in cui è stata effettuata l'osservazione (cielo chiaro, foschia densa all'orizzonte, stelle di confronto lontane) risulta più plausibile la seconda ipotesi, per cui è opportuno non considerare la stima nell'analisi dei dati.

Per quel che riguarda le altre osservazioni si può notare che in media la cometa è stata valutata essere leggermente più luminosa con il binocolo 6×30 che con il 10×50 , come effettivamente ci si deve aspettare; tuttavia la dispersione dei punti dovuta a cause accidentali non facilmente valutabili appare di gran lunga superiore all'errore sistematico strumentale. Poichè anche le stime ottenute con il riflettore (ϕ 300 mm) si allineano in modo soddisfacente con le altre si può procedere a mediare i punti relativi alle stesse notti di osservazione e ad interpolare una retta con il metodo dei minimi quadrati. Il risultato è riportato in fig. 2.

I punti si allineano in modo soddisfacente secondo la retta di equazione

(2)
$$M = 5.4 + 9.6 \log r$$

da cui si ricavano i valori dei parametri m_o e n

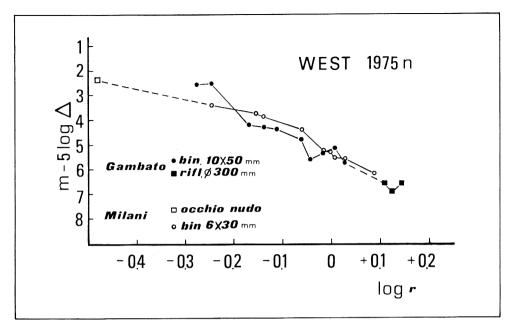


Figura 1

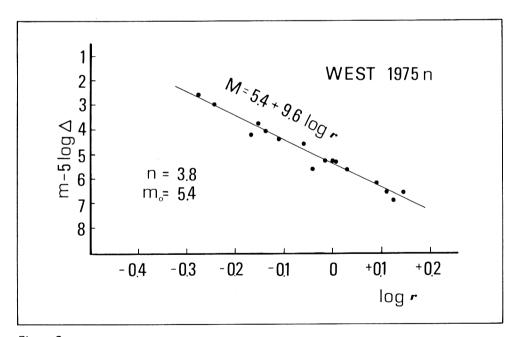


Figura 2

$$m_0 = 5.4$$
 $n = 3.8$

A questo punto è interessante valutare la precisione ottenibile nel ricavare questi due parametri confrontando i risultati ottenuti da diversi autori per la cometa Kohoutek (1973f)(Tabella I).

Tabella 1: Parametri fotometrici relativi alla cometa Kohoutek (1973 f).

Pre perielio	Post perielio	Autore
n = 2,84 $m_0 = 5,41$	$n = 3,10$ $m_0 = 6,81$	Bertaud CH.
· ·	n = 3.3 $m_0 = 6.9$	Feijth H.
$n = 2,55$ $m_0 = 5,50$	$n = 3.11$ $m_0 = 6.70$	Ficarotta F.
n = 2,52 $m_0 = 5,37$	$n = 2,51$ $m_0 = 6,47$	Meisel D.D. e Morris C.S.

Appare evidente dal confronto che la precisione ottenibile nella determinazione dei due parametri fotometrici non è molto elevata e che vi sono discordanze piuttosto sensibili fra i vari autori. Tuttavia bisogna considerare che solo Meisel e Morris hanno corretto gli errori sistematici strumentali; inoltre, poichè n raramente è perfettamente costante, determinazioni effettuate su tratti più o meno lunghi della curva di luce e con un numero più o meno grande di osservazioni conducono inevitabilmente a trovare valori leggermente discordanti.

La principale fonte di errore è comunque da ricercarsi negli errori sistematici strumentali che se per la cometa West (1975 n) sono risultati trascurabili, in altre comete sono apparsi con maggiore evidenza.

Come esempio in fig. 3 è riportata la curva di luce della magnitudine osservata per la cometa Kohler (1977 m) ricavata dalle osservazioni effettuate da Bortle, Maley ed altri. A queste stime, ottenute prevalentemente con binocoli, sono sovrapposte quelle ottenute con diversi strumenti da G. Gambato (rifl. ϕ 300 mm), E. Stomeo (binocolo 20 x 80, rifl. ϕ 200 mm) e dallo scrivente (binocolo 7 x 50). Le stime ottenute con i binocoli si accordano in modo soddisfacente con l'indamento generale della curva di luce mentre le stime ottenute con i telescopi valutano la cometa più de-

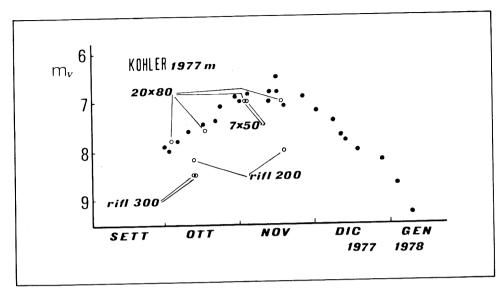


Figura 3

bole di circa una magnitudine.

E' semplice capire a questo punto che osservando una cometa per un periodo di tempo abbastanza lungo ed essendo costretti ad usare diversi strumenti per osservarla anche quando è debole si introducono errori strumentali che possono compromettere seriamente l'attendibilità delle determinazioni dei parametri fotometrici m_o e n. Non potendo conoscere a priori l'entità dell'errore sistematico poichè questo dipende dalle dimensioni apparenti e dal profilo fotometrico della cometa, è conveniente ottenere stime con tutti gli strumenti che si prevede di usare anche quando la cometa è molto luminosa al fine di valutare con precisione l'entità degli errori introdotti da ogni strumento.

Bibliografia

Bertaud, CH., "Courbe de Lumière Visuelle de la Comète Kohoutek (1973 f)", L'Astronomie, 88, 255 - 257 (1974).

Bortle, J.E., "The 1976 Apparition of Periodic Comet D'Arrest", *Sky and Telescope, 53,* 152 - 157 (1977).

Bortle, J.E., "Comet Digest", Sky and Telescope, 54, 467 (1977).

Bortle, J.E., "Comet Digest", Sky and Telescope, 55, 13 - 14 (1978).

Bortle, J.E., "Comet Digest", Sky and Telescope, 55, 118 - 119 (1978).

Feijith, H., "Dètermination de la Variation D'èclat de Cinq Comètes en Fonction de la Distance a la Terre et au Soleil", *L'Astronomie*, 89, 263 - 265 (1975).

Ficarotta, F., "Cometa Kohoutek: Determinazione di Costanti e Parametri", *Astronomia n. 1*, 41 - 46, (1975).

Meisel, D.D., and Morris, C.S., "Comet Brightness Parameters: Definition, Determination, and Correlations". In *The Study of Comets*, part One (N.A.S.A., Ed.) 410 - 444 (1976).

Morris, C.S., "On Aperture Corrections for Comet Magnitude Estimates", P.A.S.P., 85, 470 - 473 (1973).

Roemer, E., "Luminosity and Astrometry of Comets: a Review". In *The Study of Comets*, part one (N.A.S.A., Ed.) 380 - 407 (1976).