

Gli indici di colore come indicatori del meccanismo che governa la luminosità di una cometa: luce solare riflessa o fluorescenza

Giannantonio Milani
Giovanni Sostero
UAI - Sezione Comete

Abstract

Colour indexes derived by aperture photometry on cometary's comae in VRI Johnson/Cousins bands give a way to understand the mechanism dominating the brightness of a comet: reflected sunlight or fluorescence. Considering that V band is dominated by C2 gas emission and that R and I on the contrary have few gas contamination, the colour index determined as a function of the coma diameter is a key parameter. In an hypothetical purely dusty coma we expect a constant colour index close to the solar one and nearly constant with aperture. If gas is present we can have a differentiation within the coma and a non constant colour index, in this case the colour index is "bluer" in the external halo. The effect was clearly observed in C/2001 A2 and C/2000 WM1.

Introduzione

La fotometria di apertura delle chiome cometarie, effettuata con filtri per le bande fotometriche V di Johnson ed R e I di Cousins e con aperture di misura standard, si è rivelata un mezzo efficace per investigare sulle proprietà chimiche e fisiche delle comete. Nonostante le bande coperte dai filtri VRI siano nate per lo studio stellare, e risultino poco selettive in campo cometario, possono ugualmente essere utilizzate tenendo conto del diverso contributo delle componenti (gas e polveri) che cadono in ciascuna banda. La banda V si presenta dominata dall'emissione del C2 a 514 nm (una delle più intense nella regione visibile) sovrapposta alla luce riflessa dalla polveri (spettro continuo solare). Le bande R e I invece sono progressivamente meno contaminate da emissioni gassose, pur presenti, ma assai poco importanti, tanto che generalmente sulle comete poco attive con questi filtri è dominante lo spettro continuo.

Sfruttando il fatto che il profilo fotometrico della chioma assume un andamento diverso a seconda della componente considerata, si è sperimentato un metodo, basato sugli indici di colore, che permettesse di evidenziare quale componente risulta prevalente nel meccanismo che determina la luminosità di una cometa.

Gli indici di colore

Nell'esperienza di osservazione delle comete più luminose si nota che il colore della condensazione centrale della chioma tende al giallo, mentre la parte più esterna vira man mano verso una tonalità verde-azzurra, dovuta essenzialmente alle emissioni del C2. Questo effetto, posto bene in evidenza anche dalle fotografie a colori, testimonia come il gradiente di luminosità mostri un andamento differente nei diversi colori.

Le polveri, entro certi limiti e fino a quando non si ha un'interazione con la pressione di radiazione, sono soggette a un meccanismo di semplice espansione radiale. La componente gassosa è invece soggetta a processi di creazione (per la dissociazione nella chioma interna delle molecole madri) e a un successivo processo di distruzione (sempre per dissociazione) di molecole

nelle regioni esterne della chioma. Inoltre è diversa la velocità di espansione, essendo quella del gas all'incirca doppia rispetto a quella delle polveri e ciascuna molecola gassosa è caratterizzata da un suo tempo di vita, funzione anche della distanza della cometa dal Sole.

Nella nostra esperienza, confrontando le misure ottenute con filtri VRI e aperture di misura standard definite in chilometri sulla chioma, è stato possibile tracciare l'andamento degli indici di colore in funzione della porzione (diametro) di chioma considerata. Ora, nell'ipotesi di trovarci di fronte a una chioma completamente composta da polveri e che queste non subiscano processi di modificazione allontanandosi dal nucleo, ci dovremmo aspettare un indice di colore costante, senza variazioni al crescere del diametro di chioma. L'indice di colore dovrebbe essere in questo caso di poco superiore a quello solare, tenendo conto che la luce riflessa dalle polveri mostra un leggero grado di arrossamento, le dimensioni della chioma dovrebbero essere contenute entro i 50 000 - 100 000 km di raggio.

Se invece è presente anche la componente gassosa, le cose possono andare in modo diverso e, man mano che aumenta la parte di chioma esaminata, dovremmo aspettarci di trovare un cambiamento più o meno marcato dell'indice di colore, dato che generalmente la chioma gassosa raggiunge estensioni maggiori rispetto a quella di polveri. La componente gassosa (il C2 nel nostro caso, che domina la banda V) può infatti raggiungere estensioni notevoli, anche di 2-300 000 km di raggio.

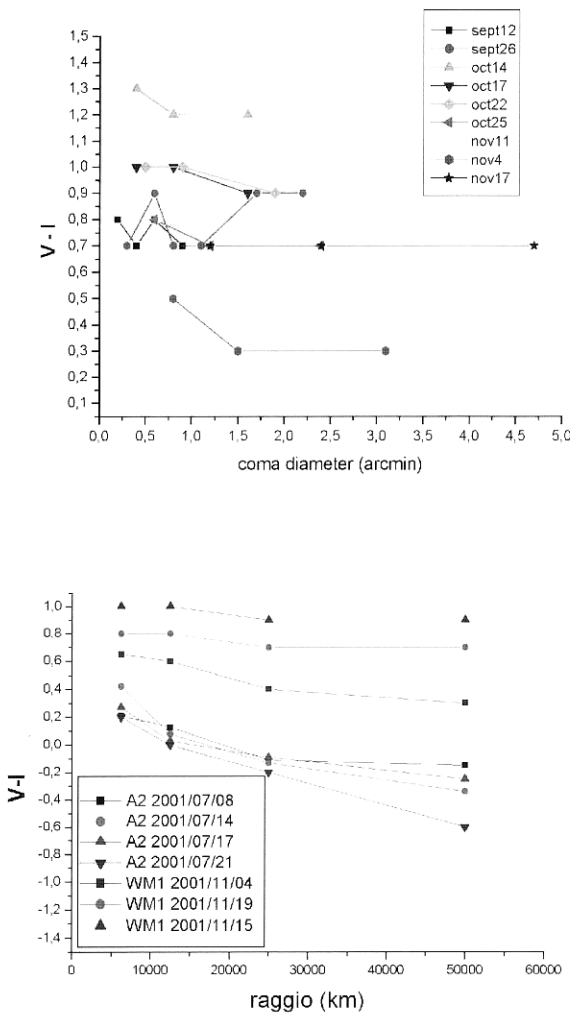
Va comunque detto che questa visione è piuttosto semplicistica e potrebbe non funzionare per tutte le comete. Su oggetti molto attivi, infatti, la dinamica e la composizione della chioma sono molto complesse e possono esservi contaminazioni gassose importanti su tutte le bande, oltre a possibili differenziazioni e cambiamenti al suo interno non trascurabili (per esempio disgregazione delle polveri). In generale, però, possiamo aspettarci che valga la considerazione che un'ipotetica chioma di polveri dovrebbe mostrare un indice di colore costante con l'apertura e di valore vicino a quello solare. Comportamenti differenti possono essere imputati alla presenza di una o più componenti gassose.

Le osservazioni

Dalla primavera del 2001 sono state effettuate da Giovanni Sostero (Osservatorio di Remanzacco) numerose riprese di comete mediante una camera Baker-Schmidt 30 cm $f/3$, CCD e filtri BVRI e, limitatamente agli oggetti più luminosi, mediante un Newton da 20 cm $f/4$, CCD e filtri V e I da Giannantonio Milani. Questo ha permesso di raccogliere un primo consistente campione di dati sugli indici di colore, notando significative variazioni da un oggetto all'altro.

Un'analisi più dettagliata è stata possibile per le comete C/2001 A2 e C/2000 WM1 che, oltre a essere luminose, hanno mostrato

delle dimensioni apparenti tali da consentire di effettuare misure fotometriche mediante finestre di diversa apertura, con un'ottima risoluzione lineare sulla chioma.



Le figure 1 e 2 mostrano i dati raccolti e l'andamento degli indici di colore in funzione dell'apertura per le due comete.

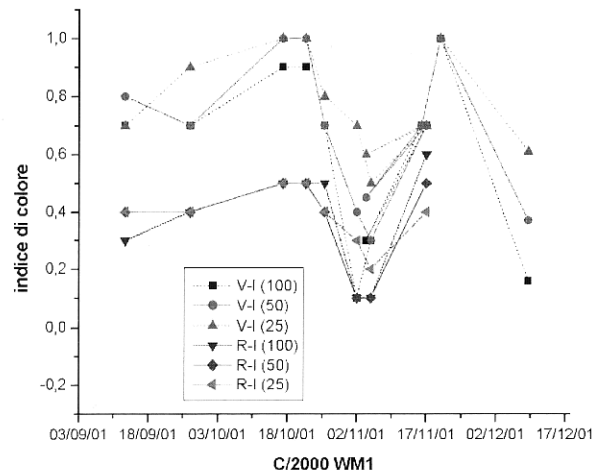
La C/2000 WM1, essendo una cometa tipicamente "polverosa" si differenzia sensibilmente dalla C/2002 A2, mostrando però un cambiamento temporaneo nell'indice di colore che testimonia una variazione di attività del nucleo cometario. La variazione, avvenuta all'inizio del mese di novembre 2001, può essere messa in relazione con l'outburst che ha interessato la cometa proprio in quel periodo, con un probabile aumento del tasso di produzione del C2 (temporaneo aumento di luminosità in banda V rispetto alle bande R e I, figura 3).

Nella maggior parte delle serate gli indici (V-I) e (R-I) di questa cometa risultano infatti praticamente costanti al variare della distanza dal nucleo e vicini a quello solare, testimoniando che il meccanismo prevalente che ha governato la luminosità di questa cometa risiede nella luce solare riflessa.

Al contrario, la seconda cometa ha mostrato una marcata variazione dell'indice di colore in funzione della distanza dal nucleo e questo può essere probabilmente interpretato come il segno di un'importante presenza dell'emissione del C2.

La precisione assoluta degli indici di colore (rispetto allo zero della scala) è stata valutata intorno a $\pm 0.1-0.2$ magnitudini. Tuttavia, la consistenza interna dei dati e la posizione relativa delle singole misure è molto più elevata (intorno a ± 0.05 magnitudi-

ni). In questo entrano in gioco sia gli errori di misura sulla cometa che l'imprecisione insita nella magnitudine e negli indici di colore delle stelle di confronto usate. Ciò significa che l'andamento degli indici di colore risulta assai più preciso del valore assoluto degli indici stessi, ed è quindi un indicatore affidabile del meccanismo prevalente in gioco: luce solare riflessa o fluorescenza del gas.



Naturalmente quanto detto può valere per tipologie di comete simili a quelle considerate (ricche di polveri e/o di C2). Oggetti con diversa composizione e più o meno attivi potrebbero dare risultati diversi, come sembrerebbe già trasparire dai risultati ottenuti su comete più deboli. L'osservazione di un'ampia popolazione di comete permetterà senz'altro di avere in un prossimo futuro una panoramica più completa.

Conclusioni

Lo studio delle chiome cometarie in finestre fotometriche standard (VRI di Johnson-Cousins) si è dimostrato un mezzo efficace per evidenziare differenza chimico-fisiche tra diverse comete. L'analisi potrebbe diventare molto più incisiva utilizzando metodi più complessi, ma è interessante vedere che anche mediante la tecnica più semplice e diretta, e quindi con un dispendio di tempo limitato, sia possibile ottenere dei risultati interessanti, per lo meno relativamente alla componente polverosa e del C2. Il metodo sembra presentare interessanti implicazioni nello studio delle chiome cometarie e sono in corso ulteriori approfondimenti. L'osservazione di altre comete e l'utilizzo di verifiche incrociate mediante altre tecniche è senz'altro necessaria per una migliore comprensione e interpretazione degli indici di colore e del loro significato fisico.

Bibliografia

- [1] Bessel, M. S., PASP, **102**, 1181-1199, (1990)
- [2] Delsanti, A. C. et al., Astronomy and Astrophysics, 2002, (in press)
- [3] Henden, A. A., Kaitchuck, R. H., *Astronomical Photometry*, Willmann-Bell, Inc., Richmond (1990)
- [4] Landolt, A. U., *Astronomical Journal*, **78**, 959-981 (1973)
- [5] Ortolani, S., Favero, G., *Astronomia UAI*, **2**, 28-33 (1994)

