

Diego Barucco, [diego.barucco1@virgilio.it](mailto:diego.barucco1@virgilio.it)

## Osservazione visuale e CCD di M76, nebulosa planetaria bipolare toroidale

CODAS (Centro Osservazione e Divulgazione Astronomica Siracusa)

### Abstract

*NGC 650 (M76) is a bipolar toroidal planetary nebula with 70-80° tilted polar axle. We have compared the nebula characteristics in visual and digital observations to the physical-structural based data present in the literature.*

### L'osservazione visuale

NGC 650/51, conosciuta soprattutto come M 76, è una delle più belle planetarie del cielo nonché una delle più interessanti nebulose planetarie bipolari. Grazie alle sue discrete dimensioni e alla buona luminosità superficiale, venne facilmente scoperta e osservata già alla fine del 1700 da Mèchain e Messier, i quali però non riuscirono a vedere altro che una macchia nebulosa indistinta, e solo Messier descrisse di aver osservato al suo interno minutissime stelline convincendosi che potesse trattarsi di un ammasso di stelle molto compatto. Oggi riusciamo a osservare qualcosa di più di quello che videro gli astronomi del 1700, infatti la nebulosa in questi strumenti mostra una caratteristica forma a fuso con un profilo rettangolare molto vago. A medi ingrandimenti resta un debole bagliore dai contorni poco definiti, tuttavia alcuni astrofili, sono riusciti a distinguere all'interno dei chiaroscuri e persino la tipica forma doppia che vedremo poco più avanti. Naturalmente a causa dell'estensione della nebulosa e della sua discreta luminosità superficiale, l'attenta osservazione con strumenti di questo diametro va affrontata necessariamente in luoghi bui con poco inquinamento luminoso, meglio se provvisti di filtro OIII.

Con il crescere del diametro il suo aspetto comincia ad essere più definito, la visibilità dei chiaroscuri con telescopi riflettori di 20 cm dona una visione globale probabilmente simile a quella avuta da W. Herschel alla fine del XVIII secolo. L'astronomo, grazie all'utilizzo del suo grande telescopio riflettore, scoprì, infatti, un'interessante caratteristica: la nebulosa oltre a essere allungata a fuso, appariva anche sdoppiata, tant'è che egli la classificò con due numeri di catalogo differenti e la inserì in una sezione che chiamò delle "nebulose doppie". Ad alti ingrandimenti questa caratteristica è molto evidente e per chi ha avuto la possibilità di osservare un'altra bella e grande nebulosa planetaria conosciuta come M 27, vedrà la somiglianza notevole. Per questa ragione le è stato attribuito il nome di "little dumbbell", derivando da *dumbbell*, nomignolo di M 27.

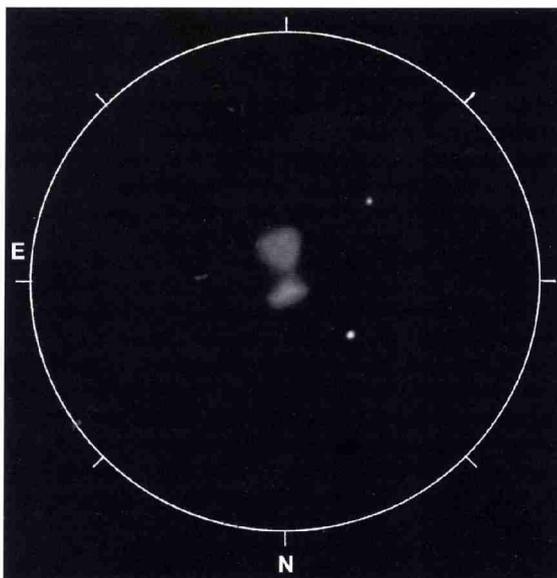
Con strumenti di diametro inferiore a 200 mm la forma caratteristica è difficile da scorgere a meno di non trovarsi in una notte pulita lontano da fonti d'inquinamento luminoso e senza Luna. Un Newton da 200 mm mostra un fuso con direzione NW-SE formato da due parti ben distinte tanto che a circa 300X si ha l'impressione che la nebulosa sia attraversata al centro da una banda scura (figura 1); ciò resta in ogni modo solo un'impressione causata dalla bassa luminosità per gli elevati ingrandimenti. L'uso d'ingrandimenti medi restitui-

sce la forma a fuso e la zona centrale non appare così scura. Salvatore Calafiore ci fornisce un'interessante descrizione effettuata con un newton da 200 mm f/6 a 135X:

*"Oggetto debole ma egualmente ben visibile per via della sua elevata luminosità superficiale, si distingue per i due lobi che formano un otto regolare. L'ansa più a sud appare più netta dell'altra anche se lievemente meno estesa. Condensazione che si apprezza anche nella zona centrale di M76".*

L'aspetto a campana o a manubrio che viene sovente ravvisato è soprattutto dato dalla forma delle due condensazioni più luminose: la condensazione di NW ha una forma triangolare estesa e di bassa luminosità, mentre quella di SW è più piccola, luminosa e con forma ellittica. La visione quindi diventa davvero suggestiva ed incantevole.

Con strumenti di più largo diametro da 250 mm in su, se la serata è sufficientemente trasparente, la barra centrale mostra numerosi dettagli e chiaroscuri; a medi ingrandimenti si ha l'impressione di scorgere complessivamente una figura a S che è molto più chiara con strumenti di 30 cm di diametro. Anche l'astronomo Lord Rosse evidenziò questa curiosa forma e classificò M 76 come "nebulosa spirale"<sup>1</sup>. Questa curiosa forma a S è dovuta ad alcune strutture secondarie che prendono il nome di "ansae" e che in questo oggetto si trovano simmetricamente disposte in corrispondenza dei margini della barra centrale (vedremo in seguito con maggiore dettaglio).



**Figura 1.** Disegno della nebulosa a 300X attraverso un Newton da 200 mm f/6; evidente la forma a campana molto simile a M 27 (disegno D. Barucco, anno 1995).

Il filtro OIII mette molto bene in risalto la barra centrale, evidenziandone i contrasti; certamente questa notevole reattivi-



tà aiuta molto nel caso in cui ci troviamo a osservare da luoghi con medio-alto inquinamento luminoso. Vedremo come questa forte reattività della nebulosa sia dovuta a un'elevata ionizzazione dei gas circostanti tanto che se abbiamo a disposizione strumenti da 300 mm in su, potremmo avere la possibilità di osservare la presenza dei due lobi esterni disposti perpendicolarmente rispetto alla barra centrale. Infine grazie all'alto valore di declinazione, il periodo migliore per osservare NGC 650/51 è da settembre a novembre.

### La ripresa digitale

NGC 650/51 è una planetaria semplice da fotografare; allo scopo ci siamo serviti di una *webcam* modificata ES640 Astromeccanica al fuoco diretto di un Newton da 250 mm con una focale complessiva di 1200 mm, focale che abbiamo ritenuto idonea per le dimensioni e la luminosità dell'oggetto. Grazie al diametro dello strumento (e alla buona scratà) abbiamo ottenuto una discreta risoluzione della barra centrale con il pieno riscontro di alcune caratteristiche già visibili nell'osservazione visuale. La ripresa digitale nasconde l'aspetto caratteristico di campana come anche la sua duplicità in virtù della elevata luminosità della zona centrale. La nostra immagine mostra che le zone di massima luminosità si trovano lungo le estremità del rettangolo centrale con la condensazione a SW molto più brillante e concentrata. A livello generale questa regione è poco uniforme e molto ricca di chiaroscuri dei quali se ne può avere una certa impressione visuale se si dispone di strumenti superiori ai 30 cm di diametro.



**Figura 2.** Ripresa digitale di NGC 650/1 con webcam modificata ES640 monocromatica al fuoco di un Newton 250 mm a 1200 mm di focale. 150 esposizioni da 25 secondi l'una sotto ottime condizioni di cielo. Da notare la zona centrale con forti disomogeneità e le ansae laterali e i due lobi polari ellittici.



**Figura 3.** Stessa immagine della precedente ma trattata con lo stretching logaritmico dell'istogramma. La forma globale dei lobi è molto ben evidente, inoltre a SE si osserva uno sbuffo esterno molto debole.

Nell'immagine non trattata con *stretching* logaritmico dell'istogramma (figura 2) la differenza di luminosità fra la barra centrale e i lobi laterali è molto evidente e le condensazioni laterali delle ansae sono discretamente visibili. Dopo il trattamento dello *stretching* (figura 3), la nebulosa appare più uniforme e si osserva molto bene la reale estensione raggiunta dalla sensibilità del sensore. I lobi laterali hanno una curiosa forma ellittica e una luminosità non uniforme. A questo livello di risoluzione si nota un'interessante asimmetria evidenziata maggiormente nelle immagini professionali: nel margine SW della barra centrale i lobi formano una stretta insenatura cosa che invece non avviene nel margine di NE, il quale mostra un aspetto decisamente più regolare.

Con una certa sorpresa abbiamo osservato che all'esterno del lobo di SE, si scorge uno sbuffo nebuloso molto debole; più avanti vedremo come questa propaggine non è altro che il resto di alcune strutture esterne molto deboli.

L'esperienza visuale ha mostrato una forte reattività con il filtro OIII, reattività che si estende positivamente anche ai lobi polari più deboli; una tricromia con filtri interferenziali quali H $\alpha$ , OIII, e SII potrebbe dare un risultato molto interessante per comprendere il livello di stratificazione della ionizzazione soprattutto nei lobi esterni. È chiaro che l'uso del filtro H $\alpha$  sarà utilizzato principalmente per mettere in risalto le strutture esterne dei lobi ellittici e la stratificazione di ionizzazione della regione centrale (molto ben visibile ai bordi del rettangolo); se si hanno a disposizione camere CCD molto sensibili, consigliamo di aumentare notevolmente il tempo di esposizione, anche sovresponendo la zona centrale in modo da rendere ben visibili le strutture esterne molto più deboli che avevamo intravisto nell'immagine con la ES640. Esistono ben poche immagini amatoriali che offrono una visione dettagliata di queste interessanti strutture.

### Caratteristiche fisiche

Le condizioni fisiche e strutturali di questa planetaria bipolare hanno rappresentato per gli specialisti un vero e proprio laboratorio per studi di cinematica, grazie ai quali si è tentata una ricostruzione tridimensionale dell'oggetto. Negli ultimi decenni, l'avvento di tecnologie sempre più raffinate come spettrografi ad alta risoluzione più sensibili ha fornito la possibilità di studiare a fondo questa nebulosa, e i dati hanno permesso di tracciare con maggiore certezza le sue caratteristiche. NGC 650/1 è una nebulosa planetaria non più giovane, la sua forma è bipolare con la presenza di una barra centrale luminosa all'apparenza rettangolare; connessi a questa struttura si trovano due lobi ellittici simmetrici, all'interno dei quali si osservano due ansae simmetriche orientate secondo una direzione non coincidente con l'asse polare della nebulosa?

In riprese a lunga esposizione nelle lunghezze d'onda dell'HII-NII, appaiono due semiarci esterni molto deboli disposti simmetricamente rispetto alla stella centrale. Nella nostra immagine digitale con *stretching* logaritmico era visibile solo l'arco a SE, infatti, per svelare la vera natura di queste strutture sono necessarie esposizioni più spinte e sensori più sensibili. Questi lobi mostrano una ionizzazione OIII molto scarsa con la quale è stata misurata una velocità di campo fra i 20 e 5 kms<sup>-1</sup>, inferiore a quanto rileva-

to nei lobi interni e nella zona centrale. Le velocità dei lobi connessi al toroide mostrano invece un'anomalia: il lobo a NW si espande con una velocità di  $44 \text{ km s}^{-1}$ , mentre il lobo a SW possiede una velocità media di circa  $60 \text{ km s}^{-1}$  [1].

Questa differenza di velocità coinvolge anche i lobi esterni. Gli Autori forniscono una possibile spiegazione sia nella scelta della posizione delle misure spettrali, sia nella leggera inclinazione dell'asse della nebulosa; considerando che i vettori delle velocità di espansione sono perpendicolari alla superficie dei lobi, le proiezioni dei vettori delle velocità sulle sezioni spettrali simmetriche possono variare in base all'angolo d'inclinazione della nebulosa.

Per quanto riguarda la struttura centrale della nebulosa, i profili di campo delle velocità mostrano una chiara simmetria, un'impronta assolutamente certa che la regione a più alta luminosità non sia altro che una toroide in espansione dalla stella centrale e che l'eiezione di questa struttura sia da mettere in relazione a quella dei lobi interni [1] [8].

Le strutture osservate mostrano principalmente due eventi di emissione in accordo con le osservazioni di Bryce [1]: il primo si è manifestato con un vento molto lento che si è propagato ai poli generando i lobi esterni più deboli, il secondo evento è l'eiezione della planetaria.

Probabilmente durante la fase AGB, la stella progenitrice di NGC 650/51 ha subito una perdita di massa principalmente lungo il suo piano equatoriale; Recillas-Cruz & Pişmiş [7] ipotizzano che una perdita di massa lungo l'equatore della stella era dovuta all'orientazione dell'asse magnetico sul piano equatoriale, poiché la maggiore perdita di massa doveva avvenire dai poli magnetici. Le anse sarebbero state quindi generate per effetto di convergenza delle linee del campo di forza ai poli della stella. Calvet & Peimbert [3] dimostrarono come con il crescere della massa stellare la velocità di rotazione tende ad aumentare causando una diminuzione della velocità di fuga, inoltre grazie all'espansione degli strati esterni durante la fase AGB si ha un'ulteriore diminuzione della gravità favorendo ancor di più la perdita di massa lungo l'equatore. Col tempo, con l'accumularsi di polvere e gas si genera un denso disco attorno alla stella.

Un accumulo di polveri sul piano equatoriale potrebbe anche essere accentuato dalla preesistenza di un disco circumstellare, specie se la stella ha una massa rilevante<sup>3</sup>.

Nel momento in cui la stella ha iniziato ad emettere il vento stellare lento, questo si è propagato lungo i poli attraverso l'alone AGB, provocando il primo fronte d'impatto bipolare. L'esame dei lobi bipolari esterni di NGC 650/1 evidenzia come questi siano costituiti da almeno quattro lobi con direzioni assiali differenti. Fra le PPN note alcune presentano strutture multi lobate, come per esempio la CRL 618 la quale mostra quattro coppie di lobi conici con direzioni radiali [9]. Così come si osserva nella CRL 618, anche in NGC 650/1 le coppie di lobi esterni hanno un profilo conico, probabile conseguenza dell'interazione con un flusso collimato<sup>4</sup>.

A seguito di questa lenta emissione di vento stellare si verifica l'eiezione della planetaria. L'iniziale forza radiativa genera un forte vento stellare che spazza tutto ciò che trova nei dintorni, nel nostro caso la forza è tale da spazzare il disco di polveri e creare un fronte d'impatto lungo i poli [8]. Tuttavia la presenza del toroide equatoriale crea una maggiore pressione di confinamento per cui la sua espansione

avviene più lentamente rispetto a quanto invece non accade lungo i poli (così come mostrato dalle misure cinematiche). A causa della messa a nudo del nucleo molto caldo, il toroide centrale è interamente ionizzato.

### La stella centrale

La stella centrale di NGC 650/1 è stata di recente oggetto di studio per il fatto che da tempo era conosciuta come una stella doppia. Per mezzo del telescopio spaziale Hubble, Koornneef & Pottasch [6], hanno eseguito una dettagliata misura fotometrica.

A causa della duplicità e della brevissima separazione angolare fra le due stelle, le misure fotometriche eseguite in passato risultavano essere non veritiere. Gli Autori hanno scoperto, grazie alla potente capacità risolutiva dell'HST, che le stelle sono in tutto tre, facendo sorgere il dubbio se queste fossero legate gravitazionalmente o meno [6].

Con telescopi di medio-grande diametro e con ottimi CCD è possibile risolvere la duplicità della stella centrale in quanto hanno una separazione di circa  $1.4''$ ; la compagna della stella centrale a sua volta è l'insieme di due strettissime componenti che sono state risolte dall'HST e che hanno una separazione di appena  $0.16''$ . Questa risoluzione ha permesso di eseguire misure fotometriche molto più precise e di determinare con maggiore esattezza la temperatura della stella centrale. Si è visto quindi che la stella centrale di NGC 650/1 ha una magnitudine visuale di  $17.48^5$  con una temperatura effettiva di  $140\,000^\circ \text{ K}$ . Gli Autori hanno eseguito il calcolo considerando la stella distante  $1.2 \text{ kpc}$ , diversamente da quanto calcolato da Cahn *et al.* [2] i quali la collocano a una distanza di  $0.73 \text{ kpc}$ .

### Conclusioni

Con il presente lavoro abbiamo analizzato vari aspetti di NGC 650/1 i quali hanno mostrato caratteri morfologici e fisici importanti, sia per il fatto che essa rappresenta un ottimo esempio di planetaria bipolare, sia per il suo particolare stadio evolutivo avanzato.

Nella prima parte abbiamo descritto la semplicità dell'osservazione visuale di quest'oggetto con piccoli telescopi amatoriali, riscontrando la necessità di strumenti medio-grandi qualora si tentasse l'osservazione delle strutture della zona centrale e dei lobi polari. La buona reattività con il filtro OIII né facilità l'osservazione di tutte le parti della nebulosa, per tale motivo il suo utilizzo è consigliato anche sotto condizioni di cielo buone al fine di ottenere un maggiore distacco dal fondo del cielo.

La ripresa tramite mezzi digitali, così come da noi effettuata con una semplice *webcam* modificata, è stata poco difficile e ha avuto l'utilità di definire meglio tutta una serie di caratteristiche già evidenti nell'osservazione visuale.

Grazie a un buon livello di eccitazione dei gas e di conseguenza a un buon livello di stratificazione della ionizzazione, la tricromia non presenta particolari problemi e può essere molto efficace. Inoltre, se si ha la possibilità di avere a disposizione CCD di buona sensibilità e risoluzione, consigliamo di eseguire una sovraesposizione della zona centrale in modo da poter mostrare meglio le strutture dei lobi esterni molto deboli, in quanto sono raramente visibili in immagini amatoriali e potrebbero essere di particolare interesse.



### Ringraziamenti

Desidero ringraziare il prof. Franco Sabbadin dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, Osservatorio Astronomico di Padova, per i consigli e i suggerimenti ricevuti durante le fasi finali di questo lavoro e per il materiale fornito.

Ringrazio l'amico Salvatore Calafiore per aver messo a disposizione la propria osservazione visuale di NGC 650/1 corredata di descrizione.

### Bibliografia

- [1] Bryce M., Mellema G., Clayton C. A., Meaburn J., Balik B., López J.A., *Astronomy & Astrophysics*, **307**, 253-270 (1996).
- [2] Cahn J.H., Kaler J.B., Staghellini L., *Astronomy & Astrophysics Supp. Ser.*, **94**, 399-452 (1992).
- [3] Calvet N., Peimbert M., *Rev. Mexicana Astron. Astrof.*, **5**, 319-328 (1983).
- [4] Flower P.J., *The Astrophysical Journal*, **469**, 355-365 (1996).
- [5] Kanster J. H., Weintraub D. A., Gatley I., Merrill K. M., Probst R. G., *The Astrophysical Journal*, **462**, 777-785 (1996).
- [6] Koornneef J., Pottasch S.R., *Astronomy & Astrophysics*, **335**, 277-280 (1998).
- [7] Recillas-Cruz E., Pişmiş P., *Royal Astronomical Society, Monthly Notices*, **210**, 57-67 (1984).
- [8] Sabbadin F., Hamzaoglu E., *Royal Astronomical Society, Monthly Notices*, **197**, 363-368 (1981).

[9] Sánchez-Contreras C., Sahai R., Gil de Paz A., *The Astrophysical Journal*, **578**, 269-289 (2002).

[10] Schönberner D., *Astronomy & Astrophysics*, **103**, 119-130 (2002).

[11] Staghellini L., Renzini A., *The Astrophysical Journal*, **542**, 308-327 (2000).

[12] Vassiliadis E., Wood P.R., *The Astrophysical Journal Supplement Series*, **92**, 125-144 (1994).

[13] Wood M. A., *The Astrophysical Journal*, **386**, 539-561 (1992).

### Note

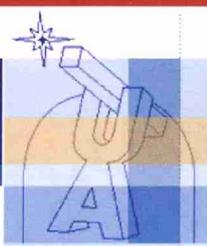
<sup>1</sup> Le "nebulose spirali" di Lord Rosse sono principalmente galassie, di cui a quel tempo non se ne conosceva la vera natura (si ricordi il celebre disegno dell'astronomo di M 51). La forma a S di NGC 650/51 condusse Lord Rosse, per semplice analogia morfologica, ad includere questa planetaria nel gruppo di queste sue particolari nebulose.

<sup>2</sup> Tale asse si individua tracciando una linea perpendicolare alla barra centrale e passante per il centro.

<sup>3</sup> Infatti una stella di grande massa (6-8  $M_{\odot}$ ) brucia velocemente il suo idrogeno; nel momento in cui esce dalla sequenza principale potrebbe avere ancora un disco circumstellare residuo del disco protostellare dentro il quale ha avuto origine.

<sup>4</sup> La tipica morfologia conica è visibile in molte giovani PN e PPN che presentano toroidi o dischi di polvere equatoriali.

<sup>5</sup> Corretta con l'estinzione interstellare.



**UNIONE ASTROFILI ITALIANI**



**→ UAInews**

**WWW.UAI.IT**

[asteroidi.uai.it](http://asteroidi.uai.it)  
[astrocultura.uai.it](http://astrocultura.uai.it)  
[cieloprofondo.uai.it](http://cieloprofondo.uai.it)  
[comete.uai.it](http://comete.uai.it)  
[cara.uai.it](http://cara.uai.it)  
[luna.uai.it](http://luna.uai.it)  
[meteore.uai.it](http://meteore.uai.it)  
[occultazioni.uai.it](http://occultazioni.uai.it)  
[pianeti.uai.it](http://pianeti.uai.it)  
[quadrantisolari.uai.it](http://quadrantisolari.uai.it)  
[sole.uai.it](http://sole.uai.it)  
[stellevariabili.uai.it](http://stellevariabili.uai.it)  
[radioastronomia.uai.it](http://radioastronomia.uai.it)  
[strumentazione.uai.it](http://strumentazione.uai.it)  
[spettroscopia.uai.it](http://spettroscopia.uai.it)  
[pianetiextrasolari.uai.it](http://pianetiextrasolari.uai.it)  
[didattica.uai.it](http://didattica.uai.it)  
[divulgazione.uai.it](http://divulgazione.uai.it)  
[inquinamentoluminoso.uai.it](http://inquinamentoluminoso.uai.it)  
[cnroa.uai.it](http://cnroa.uai.it)  
[scis.uai.it](http://scis.uai.it)  
[astrologianograzie.uai.it](http://astrologianograzie.uai.it)  
[astroimmagini.uai.it](http://astroimmagini.uai.it)

**cosac'èdinuovo?**

**ASTRONOMIA**  
tutte le più recenti notizie astronomiche dal mondo

**Viaggi UAI per l'eclisse di Sole del 29 Marzo 2006**  
la Crociera dell'Edisse e il viaggio in Egitto!

**ASTRONOMIA**

**In questo numero**  
Dicembre della rivista è dedicato alle Stelle Variabili e al Seminario che si è svolto a Montanari (Siena) della Sezione Stelle Variabili UAI.

**ASTROINIZIATIVE**  
tutte le iniziative astronomiche in Italia

**UAI TELEVIDEO**

**→ ASTROnews**

UNIONE ASTROFILI ITALIANI

**scrivici a: [info@uai.it](mailto:info@uai.it)**

**iscriviti alla Mailing List UAI**

**IL SITO DELL'ASTRONOMIA ITALIANA**

**esploratori del cielo con Noi**

- Astronomia
- Il Cielo in Diretta
- Astrologia/Noi grazie!
- Didattica
- Divulgazione
- Inquinamento Luminoso
- OGS Il Lazio
- Rete Osservatori
- Ufficio Stampa-SCIS

**Sezioni di ricerca:**

- Astrofili
- Astrocultura
- Cielo Profondo
- Comete
- CARA Project
- Luna
- Meteore
- Occultazioni
- Pianeti
- Quadranti Solari
- Radioastronomia
- Sole
- Spettroscopia
- Stelle Variabili
- Strumentazione

**Sezioni di soci:**

- AstroSoftware
- Primi passi
- Viaggi astronomici
- Campieri delle Stelle
- Astroiniziativa
- AstroLink
- Astroimmagini
- Previsioni Meteo
- Pubblicazioni

• Essere Delegazione  
• Bianco Delegazione e  
• Associazioni

Unione Astrofili Italiani  
[www.uai.it](http://www.uai.it)

ASTRONOMIA  
n. 3 maggio - giugno 2007