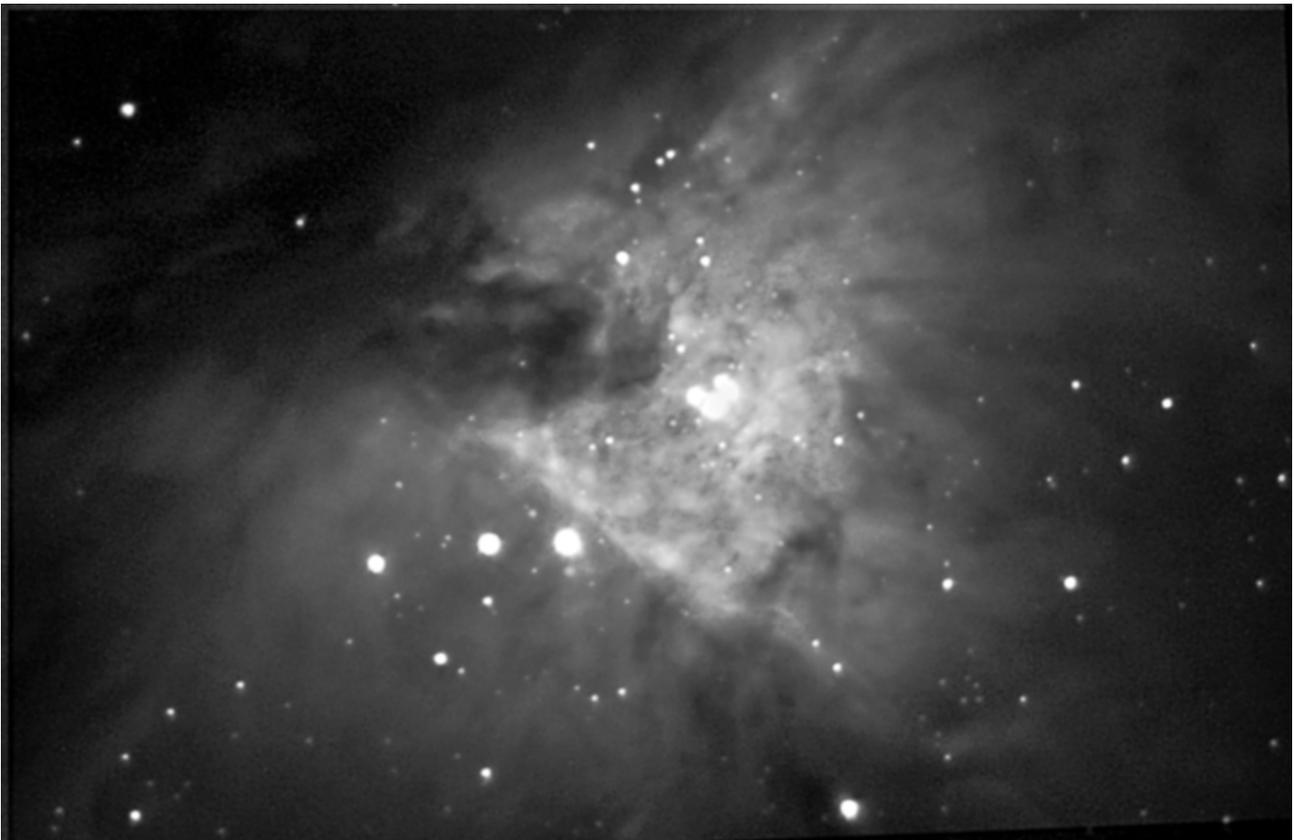


Osservazione amatoriale della struttura di ionizzazione di Messier 42 nelle zone est-ovest rispetto al trapezio

Le nebulose ad emissione, com'è noto, sono formate da gas caldo che emette radiazione, riscaldato dall'emissione ultravioletta di una o più stelle, oppure dal processo di radiazione di sincrotrone. La nebulosa di Orione, Messier 42, è una delle più note e fotografate nebulose ad emissione, la regione HII di formazione stellare più nota ed osservata, e la sola osservabile ad occhio nudo. Essa si trova a circa 1600 a.l. da noi ed il gruppo centrale di stelle, cd "ammasso del Trapezio" è responsabile della ionizzazione della nebulosa. All'interno della stessa sono presenti anche alcuni oggetti Herbig-Haro (HH), che si formano quando getti di gas ionizzato provenienti da stelle in formazione collide con nubi di gas e polveri più dense a velocità elevate, e l'onda d'urto eccita gli atomi del gas che si illumina per elettroluminescenza. Il colore prevalentemente rosso della nebulosa è associato all'emissione dell'Idrogeno ionizzato alla lunghezza d'onda di 6563 Å, ma si osservano anche altri elementi, nelle righe proibite dell'Ossigeno, azoto e zolfo (tali righe si dicono proibite in quanto non riproducibili in laboratorio).



Un'immagine CCD della parte centrale di M 42. Foto dell'autore con un Celestron 14. L'immagine, ottenuta con l'apporto di una componente IR, mostra molte stelle intorno a quelle del trapezio, normalmente coperte dalle nubi di gas e polveri.

La nebulosa ha costituito per decenni un laboratorio per lo studio dei processi di formazione stellare e di ionizzazione.

Si presenta qui uno studio amatoriale di spettroscopia a bassa risoluzione ($R = 600$ max, disp. 2.5 \AA/pixel) per un range di lunghezze d'onda 3900-6800 circa, avvalendosi di uno spettroscopio a fenditura, Spec 600, auto costruito dall'autore intorno ad un grism da 600

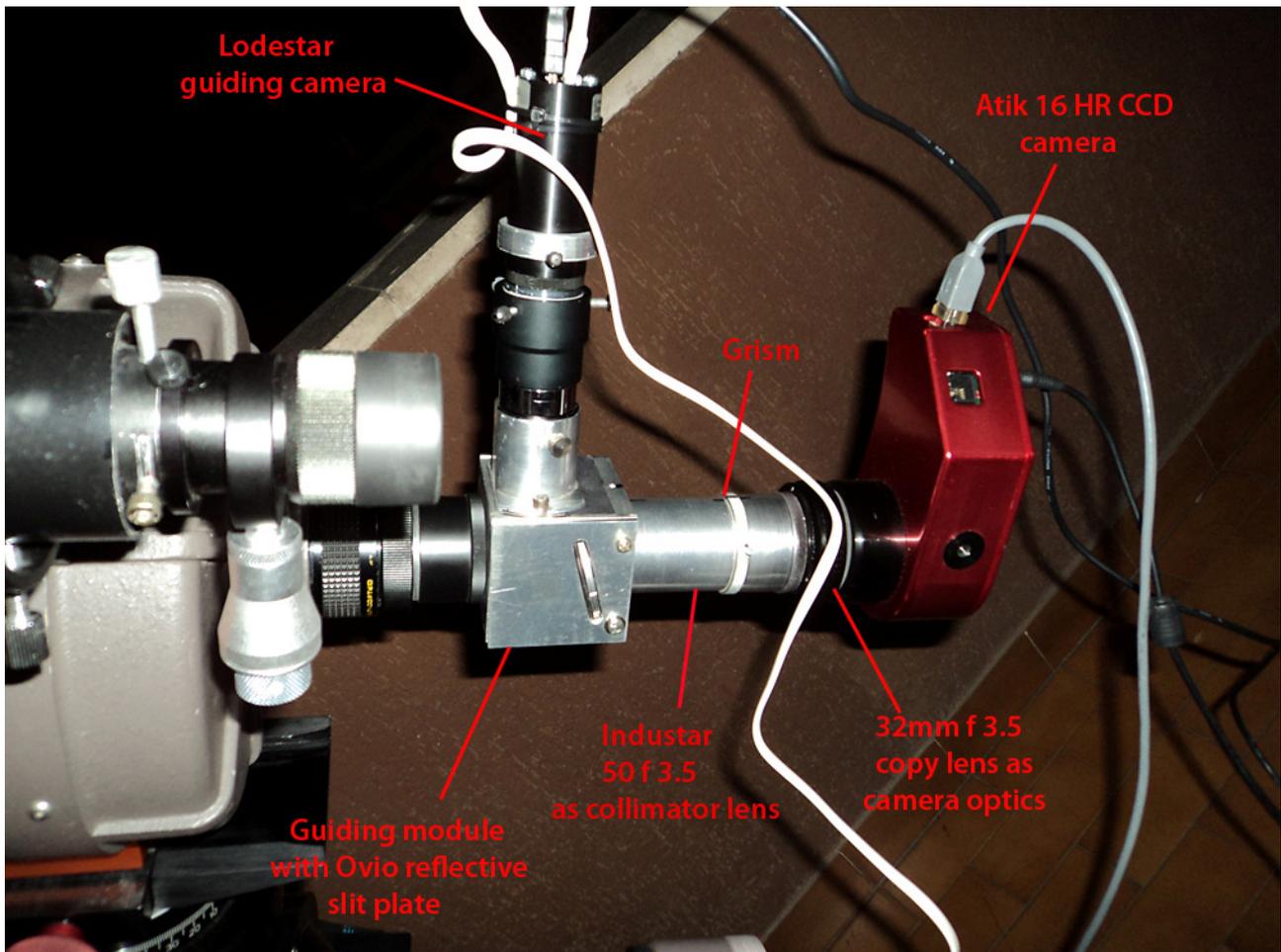
l/mm, e recentemente (ottobre 2017) upgradato con un nuovo collimatore (vedi immagini seguenti).

Lo strumento è stato usato su un telescopio Schmidt Cassegrain Celestron 8 di primissima serie (marzo 1970) di focale ridotta ad f 6.3 su una montatura Losmandy G11, dal terrazzo di casa di chi scrive, in Roma. La camera usata è stata una Atik 16 HR (sensore Sony ICX 285 AL) in binning 1x1.

La fenditura è stata aperta a 40 micron, anche a prezzo di una minore risoluzione, per acquisire la massima parte del flusso luminoso in zone della nebulosa alquanto scure, considerato anche che dalla postazione casalinga di chi scrive l'arco di cielo visibile a sud sottende solo una piccola fetta di cielo ed il tempo disponibile per la messa a punto della strumentazione e la ripresa non superava i 40 minuti complessivi.



Il setup usato, descritto in precedenza



Lo spettroscopio a bassa risoluzione, da 600 l/mm, R 700, Spec 600, dopo il recente upgrade dell'ottobre 2017, con la sostituzione del collimatore.

Gli spettri bidimensionali sono stati acquisiti con 4 frames da 300 secs nei giorni 17, 19 e 20 novembre 2017, avendo cura di porre la fenditura intorno alle stelle del trapezio , ma non sovrapposte a queste come nelle immagini di seguito mostrate, per verificare il livello di fotoionizzazione provocato dalle predette stelle, ed per la massima parte da Theta 1 Ori C (classe O).

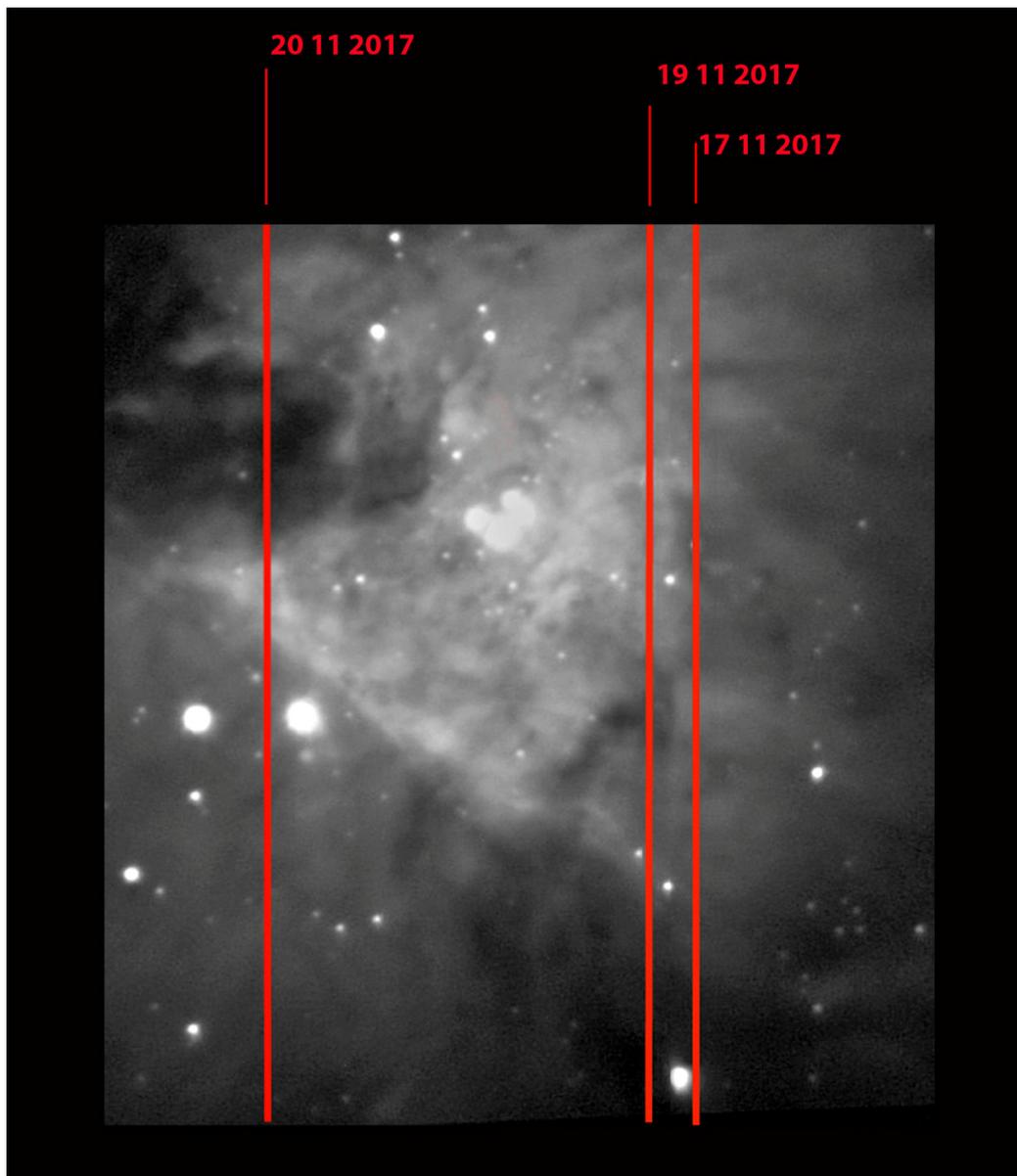
La riduzione dei dati derivanti dalle immagini e l'ottenimento dei profili spettrali è stata effettuata col software BASS e Visual Spec.

Le principali righe osservate sono state:

NeIII	3967
OII	3973
HeI	4007
H delta	4102
H gamma	4340
OIII	4363
H beta	4861
OIII	4959 blend
OIII	5007 blend
H alpha	6563
NII	6583 blend
NII	6610 blend

La modesta risoluzione dello strumento e la bassa intensità luminosa dovuto alle polveri e gas del mezzo interstellare lontano dal trapezio non ha permesso di risolvere appieno alcune righe che risultano in blend con quelle vicine.

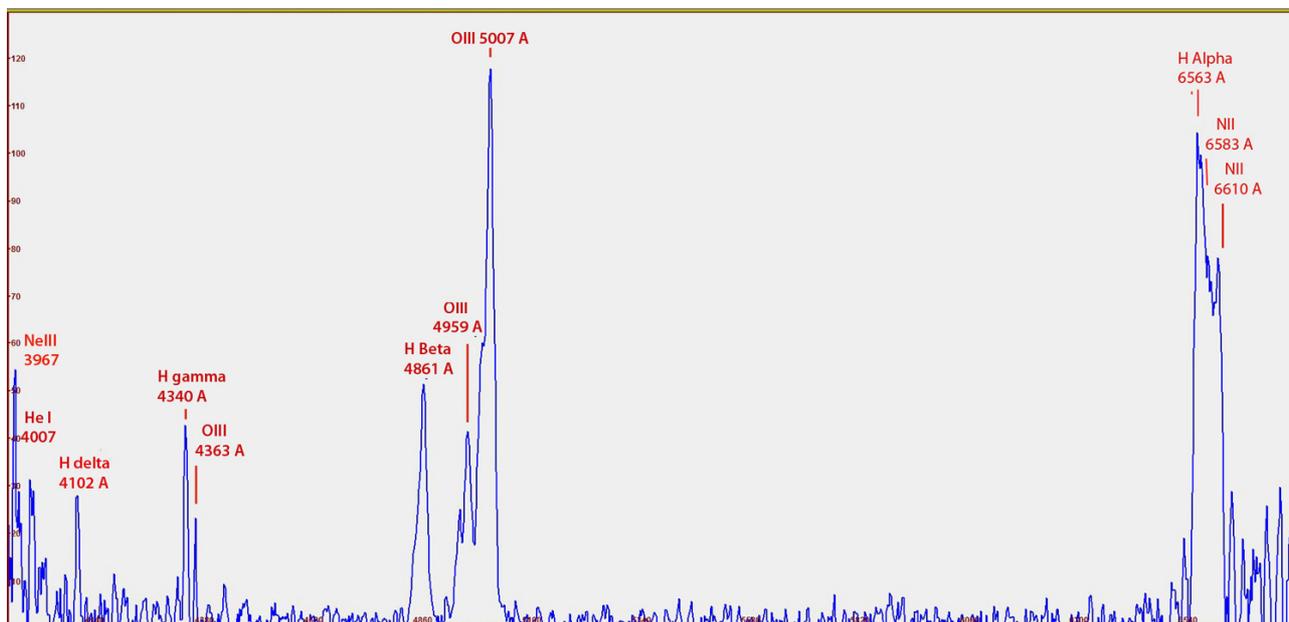
La localizzazione della fenditura sulla nebulosa alle date di osservazione, rilevata attraverso l'immagine della camera di guida, è stata la seguente, in un range di circa 20' a destra e sinistra del trapezio e della sua stella più luminosa, Theta 1 orionis C, nella regione che più risente del processo di fotoionizzazione indotto dalla stella:



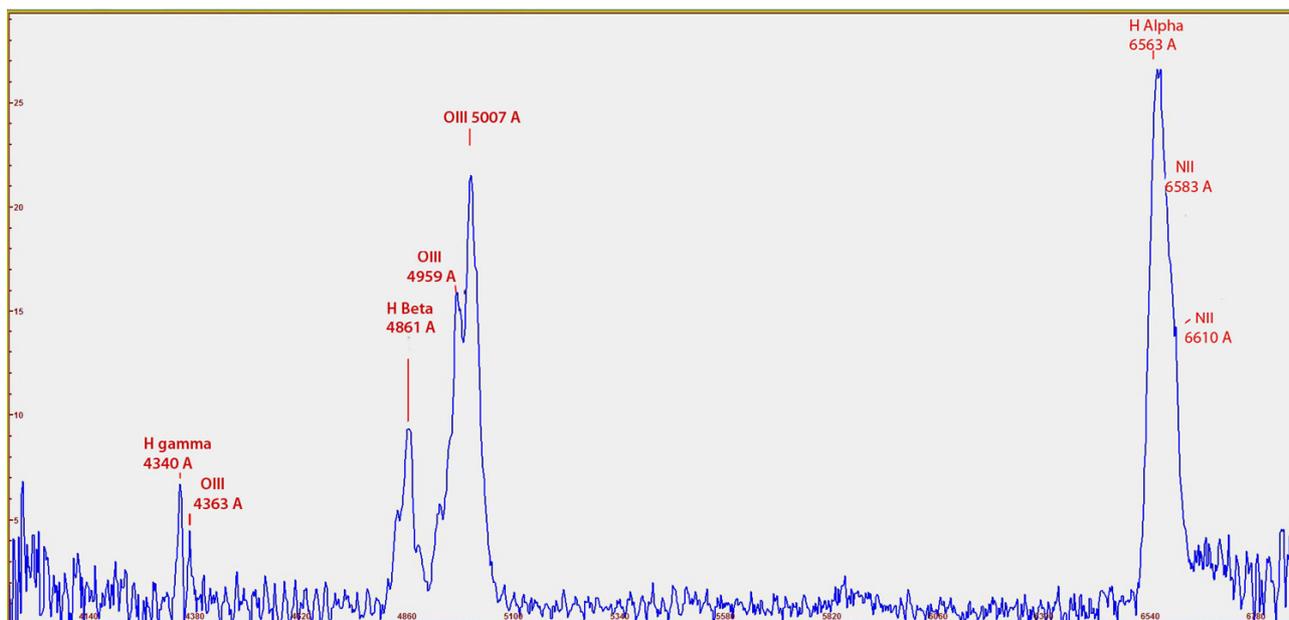
Si è posta attenzione a non fare inquinare gli spettri dalla sovrapposizione di stelle di campo sulla fenditura, anche se una di esse, piuttosto debole, è apparsa ai margini dello spettro ed è stata comunque non considerata nell'area di binning dello spettro bidimensionale per l'elaborazione dei profili con Visual Spec.

Qui di seguito i profili spettrali:

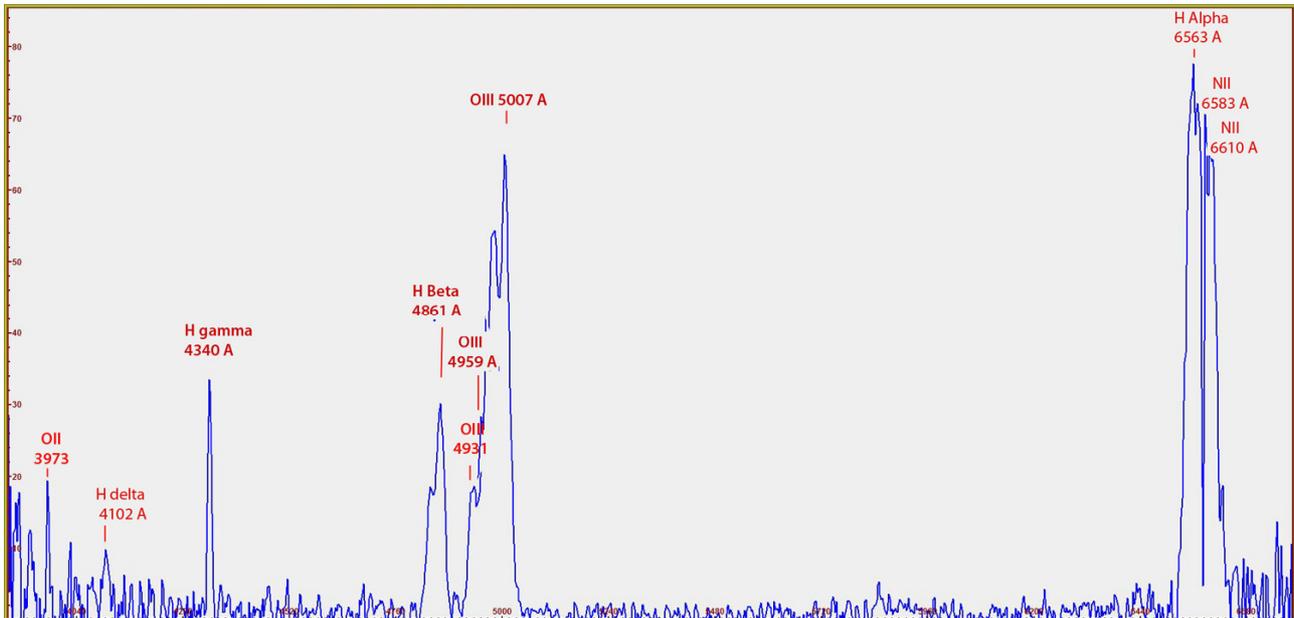
1- quello del 17 novembre 2017



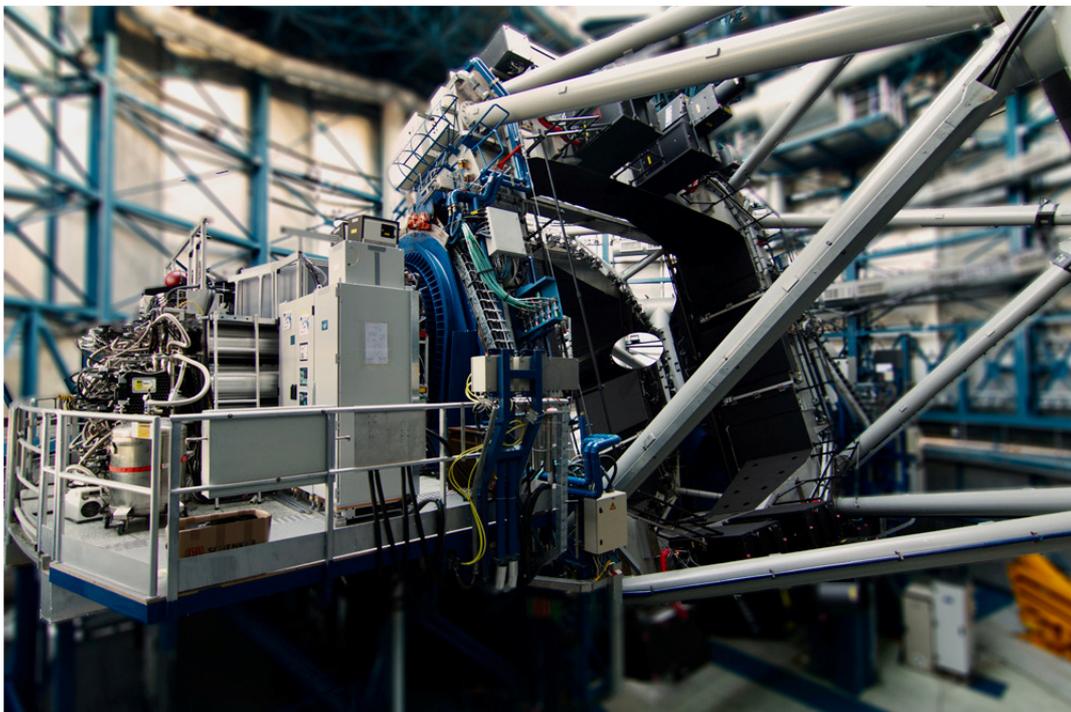
2- quello del 19 novembre:



3-quello del 20 novembre:

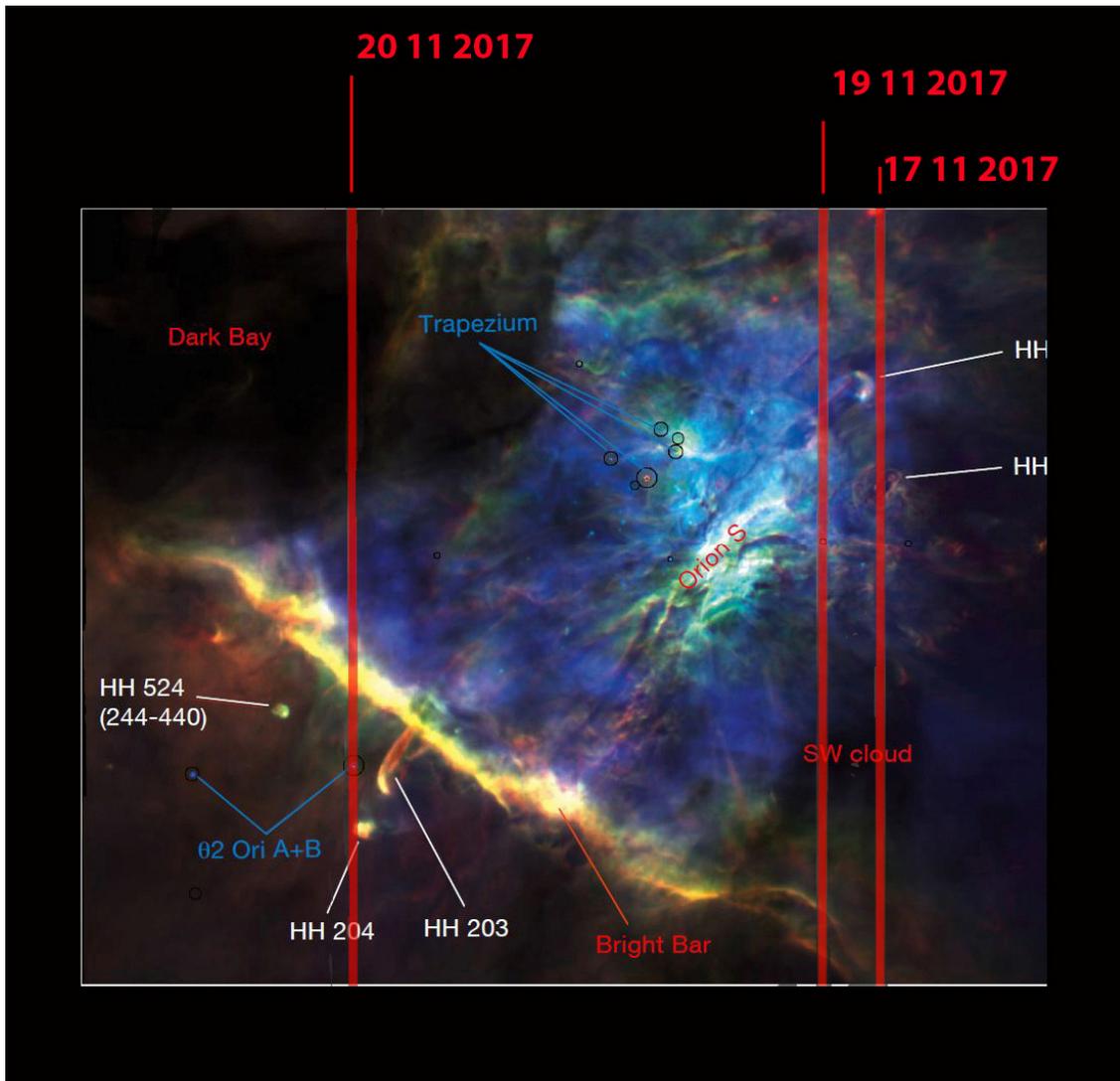


Nelle immagini che seguono si è operata la sovrapposizione della fenditura e quindi dei profili spettrali ottenuti alle zone di maggior interesse della nebulosa come risultanti dalle immagini del MUSE (fonte: ESO - MUSE- Multi Unit Spectroscopic Explorer). Il MUSE è uno strumento di seconda generazione applicato al fuoco Nasmyt del VLT, sul Cerro Paranal, in Cile, uno spettrografo a largo campo nel visibile che si avvale dello straordinario potere risolutivo del VLT.

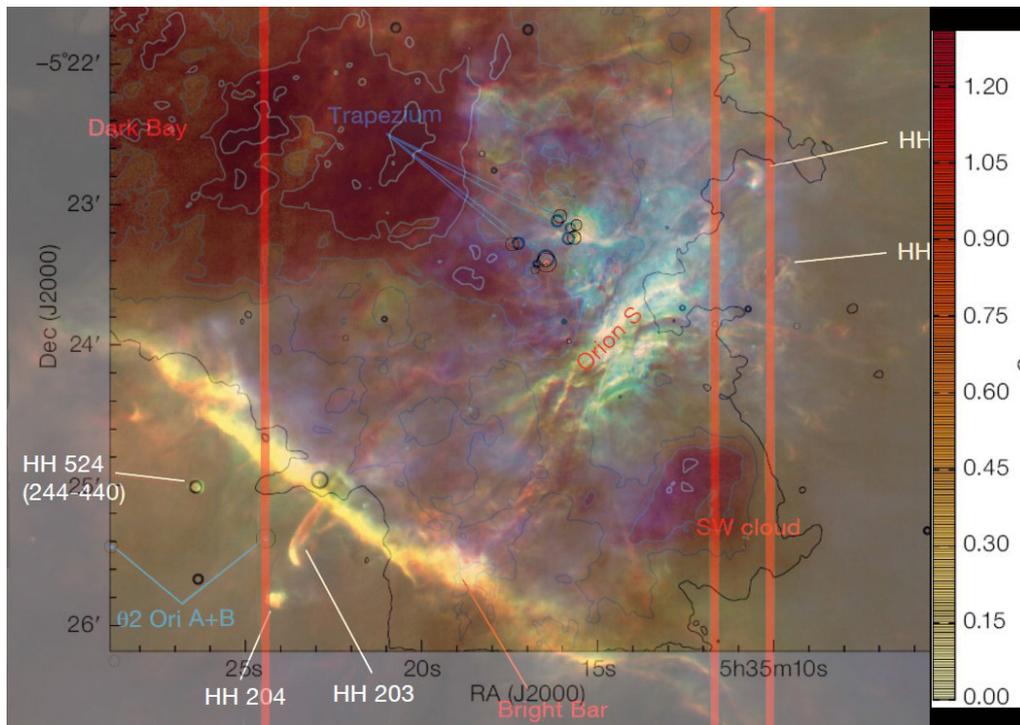


Lo spettrografo MUSE

La sovrapposizione, a titolo indicativo della posizione, della fenditura sulla regione centrale di M42 notare la sovrapposizione del primo spettro ad uno degli oggetti Herbig Haro, il più debole di quelli presenti in M42 ed alla SW cloud.



Nella figura sottostante, elaborazione di un'immagine sempre fonte ESO- MUSE, con la mappa del livello di estinzione della nebulosa derivante dal rapporto Ha/H β , si notano le posizioni approssimate della fenditura a RA 5h 35' 10" ; 5h 35' 12" ; 5h 35' 24.5". Il livello di estinzione, derivante dal rapporto Ha/H β non è stato considerato nei dati che seguono, in quanto compreso nell'errore di misura della strumentazione usata.

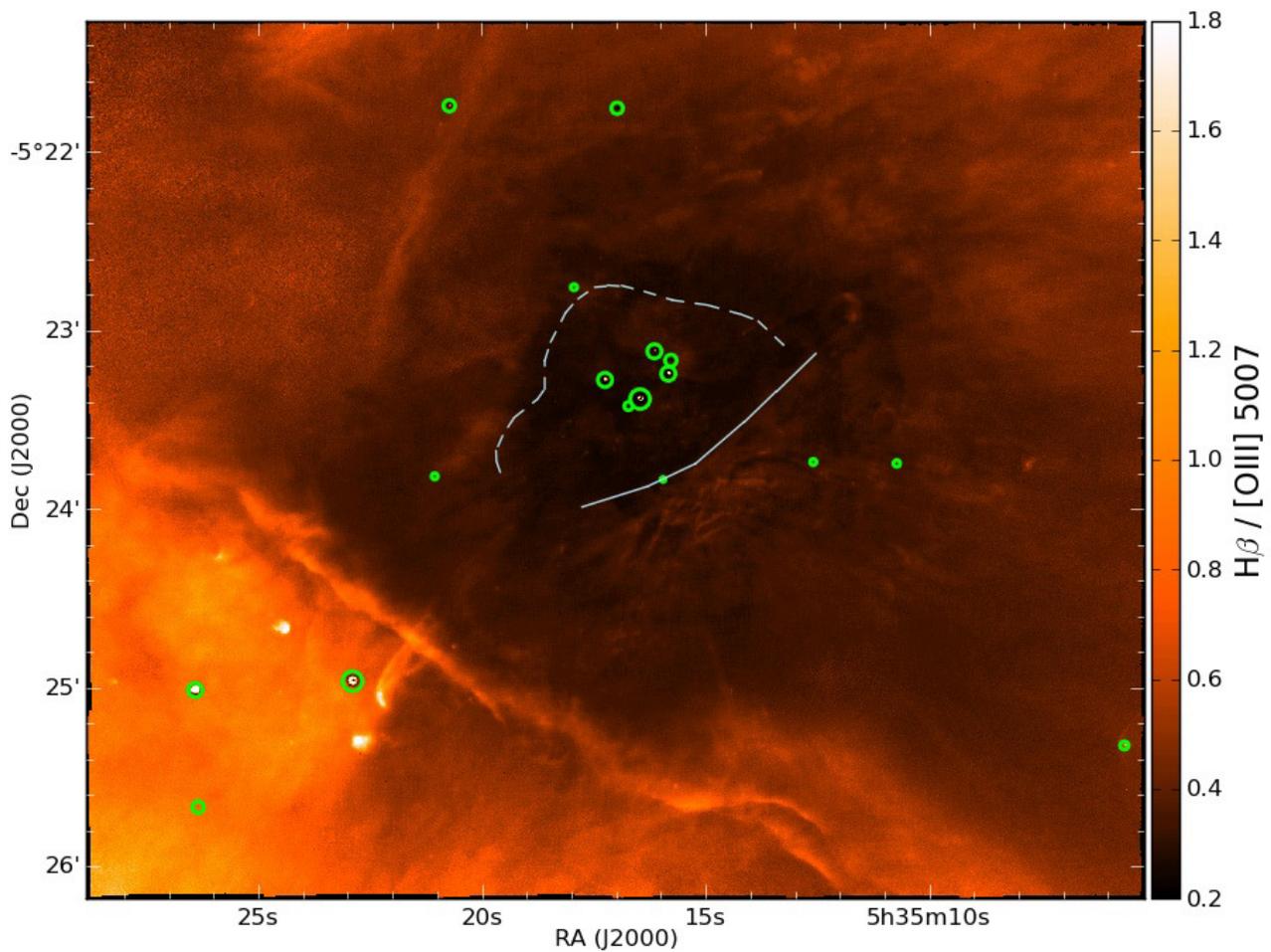


Il processo di ionizzazione di M42

Il processo di ionizzazione di M42 è causato dalla forte radiazione ultravioletta delle stelle del trapezio, e principalmente da Theta 1 Orionis C, la più luminosa dell'ammasso, classe spettrale

O6: una stella di temperatura superficiale di 40.000 K con venti solari da 1000 kms, ed anche una binaria, con un compagno di classe B.

La struttura di ionizzazione della parte centrale della nebulosa è chiaramente rappresentata nella seguente immagine del MUSE, ottenuta dall'indicatore Hbeta/OIII 5007: altri rapporti vengono anche comunemente usati, come quello OIII/Hbeta (inverso del precedente); NII/Halpha, etc. I valori della tabella indicata nell'immagini sono stati depurati dell'estinzione. L'OIII resta un indicatore di media ionizzazione, mentre l'N II di basso grado di ionizzazione.



E' stata effettuata, sui dati di intensità dei profili non corretti per l'estinzione, la misura dei flussi delle righe H beta e OIII nelle tre osservazioni per ottenere il predetto rapporto HBeta /OIII. Essendo le righe esaminate in blend con altre righe, la determinazione dell'ampiezza di riga è risultata problematica né, d'altro canto, l'uso di un gaussian fit sull'intera riga avrebbe potuto migliorare molto la situazione. Si è quindi calcolata l'ampiezza sulla metà della riga non soggetta a blend, e la si è moltiplicata per due, con un margine di errore medio stimato sui 10 A per l'OIII 5007 e 2 A per l'H beta.

Per ottenere il flusso di una riga occorre integrare il suo profilo in direzione della lunghezza d'onda, tenendo conto che per la sua forma una riga spettrale si può assimilare ad una gaussiana, con la seguente approssimazione:

$$f(\lambda_0) = \int_{-\infty}^{\infty} I_0 e^{-\frac{(\lambda-\lambda_0)^2}{2\sigma^2}} d\lambda$$

Dove

λ_0

è la lunghezza d'onda della riga

I_0

è l'intensità alla predetta lunghezza d'onda

σ

è il parametro di ampiezza di riga

Dalla precedente si ottiene la seguente, piuttosto semplice da applicare:

$$f(\lambda_0) = \sqrt{2\pi} I_0 \sigma$$

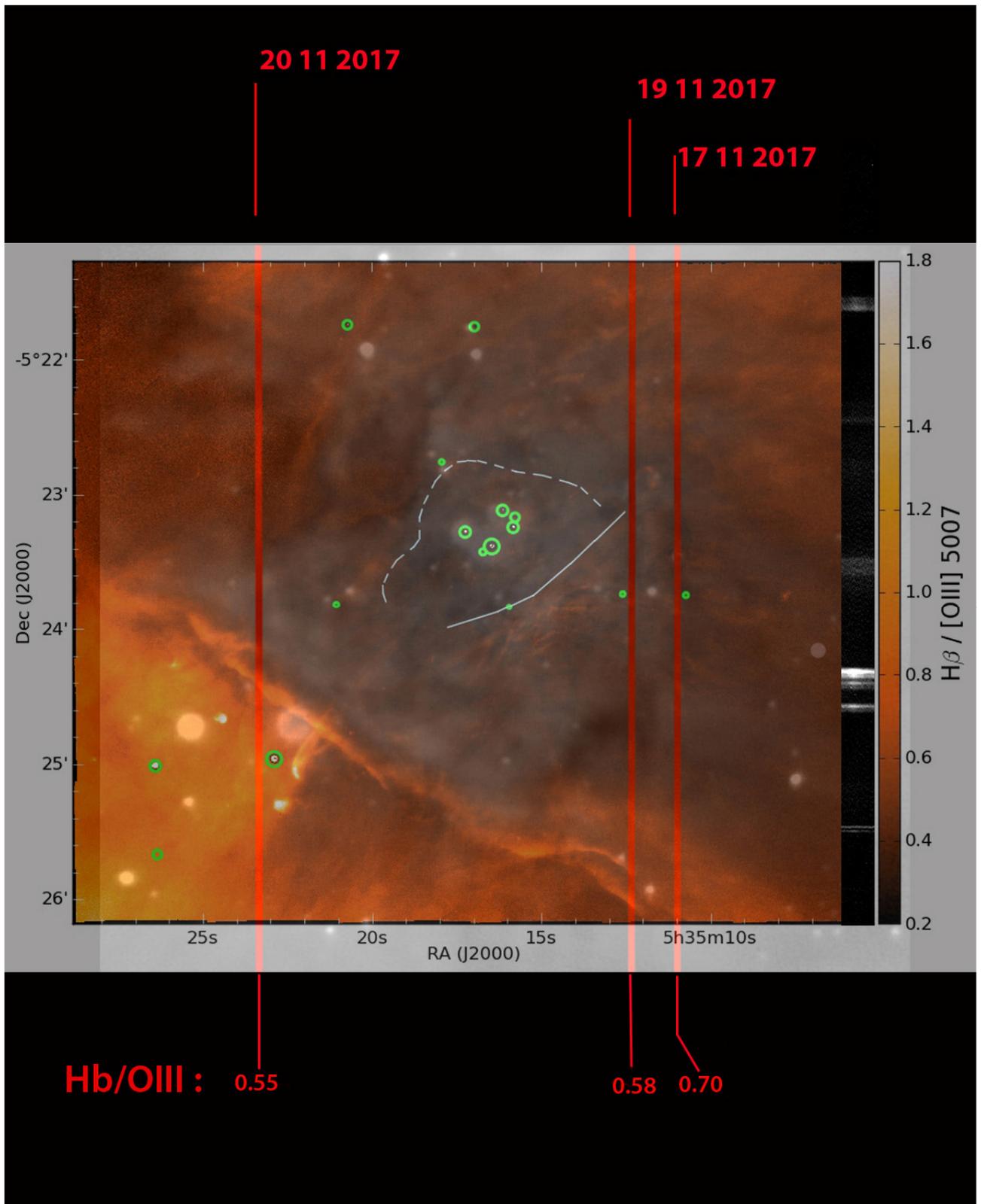
I valori ottenuti nei rapporti dei flussi H beta/OIII 5007 per i profili spettrali relativi ai i tre giorni di osservazione sono stati i seguenti, poi riportati nell'elaborazione della precedente immagine del Muse.

17/11 135/192 = **0.70** +- 0.13

19/11 65/111 = **0.58** +- 0.13

20/11 86/156 = **0.55** +- 0.13

L'elevato errore stimato, tra il 18 ed il 23% è in massima parte dovuto al blend delle righe OIII 5007 - OIII 4959 ed alla conseguente difficoltà di determinazione dell'ampiezza di riga, ragion per cui avrebbe potuto essere molto più contenuto usando uno strumento di risoluzione più elevata, che separasse nettamente le righe con la medesima apertura di fenditura e/o lo stesso strumento con una chiusura di fenditura raddoppiata (ca 15- 20 micron) a spesa tuttavia di un rapporto S/R di gran lunga peggiore, a parità di apertura del telescopio e di localizzazione del setup osservativo.



I valori ottenuti, a parte la questione dell'errore elevato, sembrano sufficientemente coerenti, tenuto conto dell'astronomica (è proprio il caso di dire) differenza nelle strumentazioni con quelli riportati nella mappa ESO sulla struttura di ionizzazione della nebulosa.

Riferimenti:

ESO -VLT_MUSE

<http://muse-vlt.eu/science/m42/>

PPAK integral field spectroscopy of Orion Nebula (S.F Sanchez e al, 2007)

Università di Padova- Dipartimento di Fisica