

# M45 (NGC 1432) – 29/08/2011

Passo del Mortirolo (BS), 29/08/2011 – M45

Telescopio di guida: Ritchey–Chrétien 152 mm f/9 + MagZero MZ-5m. Controllo ogni 1s con PHD Guiding.

Telescopio di ripresa: Rifrattore ED Tecnosky carbon fiber 80 mm f/7 + riduttore/spianatore 0.8x + Canon EOS 500D. Controllo EOS utility.

Dati di ripresa: 15 pose da 6 minuti a 800 ISO (tot. 1.5h) + 10 dark + 56 bias + 57 flat (Geoptik flat generator, effettuati il giorno dopo). Elaborazione IRIS + Photoshop CS2 ([Clicca qui per l'immagine originale in formato JPG](#))



M45 (NGC 1432) -  
29/08/2011

---

# M31 (NGC 224) – 29/08/2011

Passo del Mortirolo (BS), 29/08/2011 – M31

Telescopio di guida: Ritchey–Chrétien 152 mm f/9 + MagZero MZ-5m. Controllo ogni 1s con PHD Guiding.

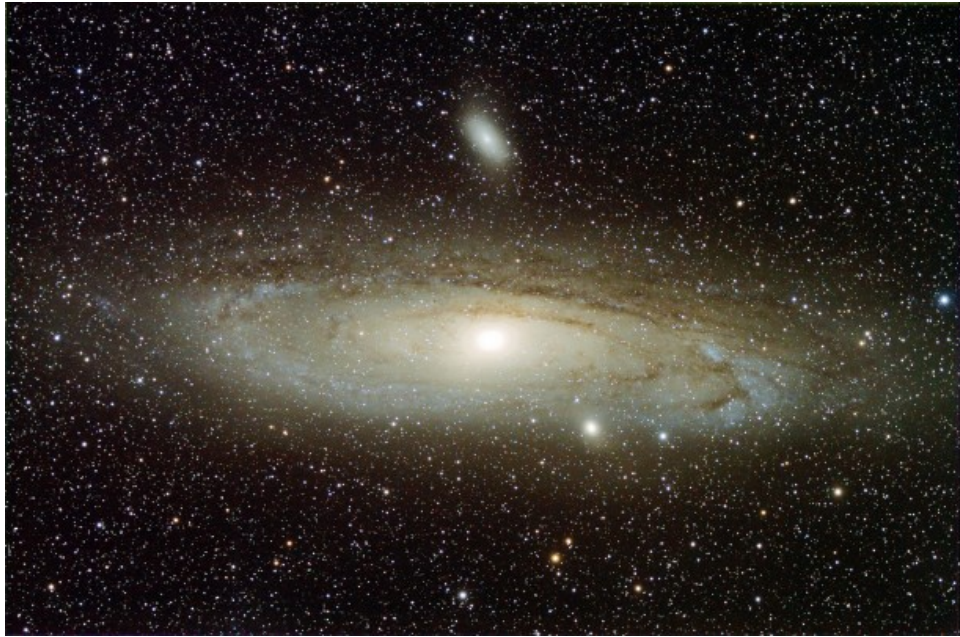
Telescopio di ripresa: Rifrattore ED Tecnosky carbon fiber 80 mm f/7 + riduttore/spianatore 0.8x + Canon EOS 500D. Controllo EOS utility.

Dati di ripresa: 30 pose da 6 minuti a 800 ISO (tot. 3.0h) + 10 dark + 56 bias + 57 flat (Geoptik flat generator, effettuati il giorno dopo). Elaborazione IRIS + Nebulosity 2.4 + Photoshop CS2/CS4 ([Clicca qui per l'immagine originale in formato JPG](#))



M31 (NGC 224) - 29/08/2011

Presentiamo di seguito una seconda elaborazione della stessa immagine effettuata il 29/08/2012 con Photoshop CS2/CS3 ([Clicca qui per l'immagine originale in formato JPG](#)).



seconda elaborazione dell'immagine di M31

---

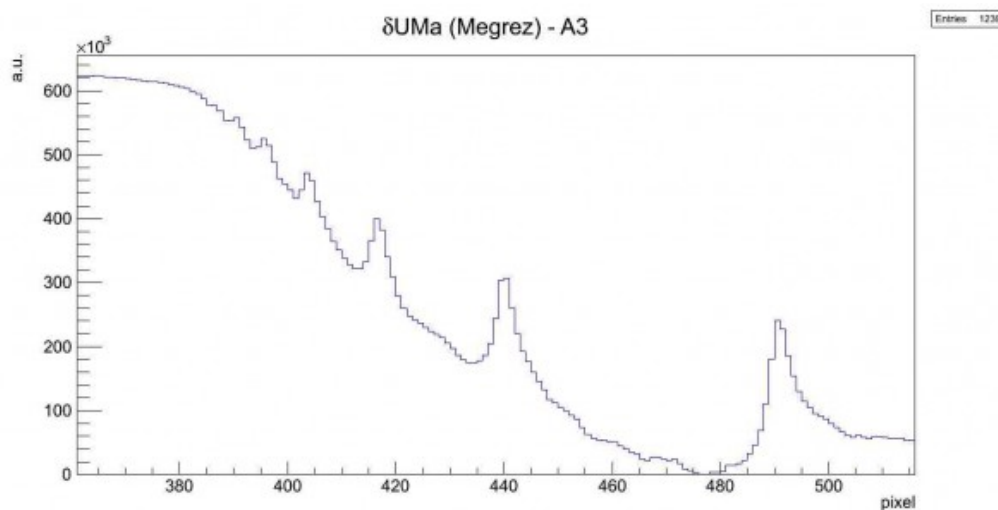
## A3- $\delta$ UMa (Megrez)



La stella  $\delta$  della costellazione dell'Orsa Maggiore è di tipo A3V e si trova a 81.4 A.L. dalla nostra stella. La sua massa è 2.2 volte quella del Sole mentre il raggio 1.47. La temperatura effettiva è pari a circa 9'480 K. Megrez ha due compagne  $\delta$ UMa B e  $\delta$ UMa C.

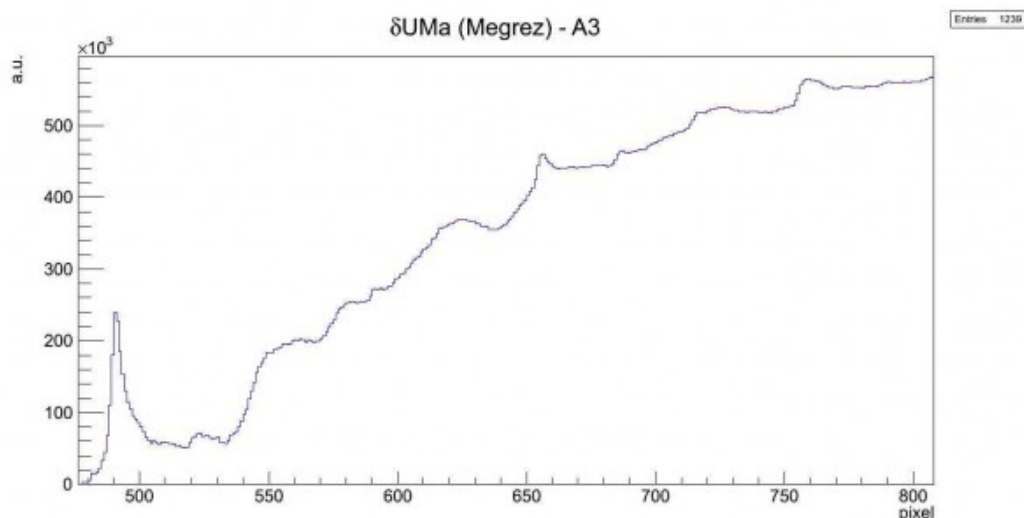
L'immagine in figura rappresenta lo spettro di  $\delta$ UMa ripreso il giorno 03 maggio 2012 alle ore 22.42 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee

dalla H $\alpha$  alla H $\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 17.9231 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato (Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:

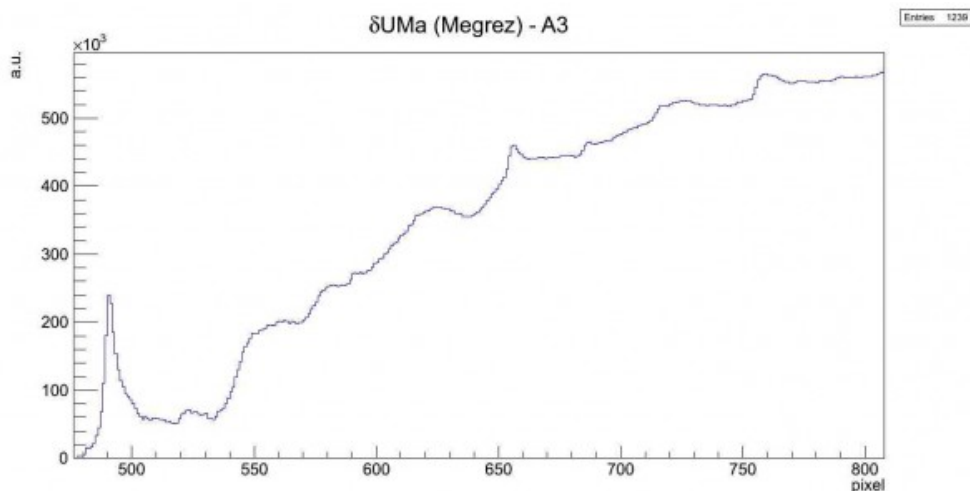


Spettro di  $\delta$ UMa nella regione compresa tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 390.2 pixel = 3825.2 Å – *linea H $\eta$  dell'HI (3835.0 Å)*
- 395.5 pixel = 3879.8 Å – *linea H $\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)*
- 403.8 pixel = 3964.8 Å – *linea H $\epsilon$  dell'HI (3969.7 Å)*
- 416.6 pixel = 4096.6 Å – *linea H $\delta$  dell'HI (4101.3 Å)*
- intorno ai 428 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)
- 440.1 pixel = 4337.4 Å – *linea H $\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)*
- intorno a 450 pixel – assorbimento anomalo (HeI 4471 Å )
- intorno a 460 pixel – assorbimento anomalo
- 468.3 pixel = 4626.3 Å – *linea del FeII (4630 Å)*
- 491.0 pixel = 4859.6 – *linea H $\beta$  dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea H $\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\delta$ UMa nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

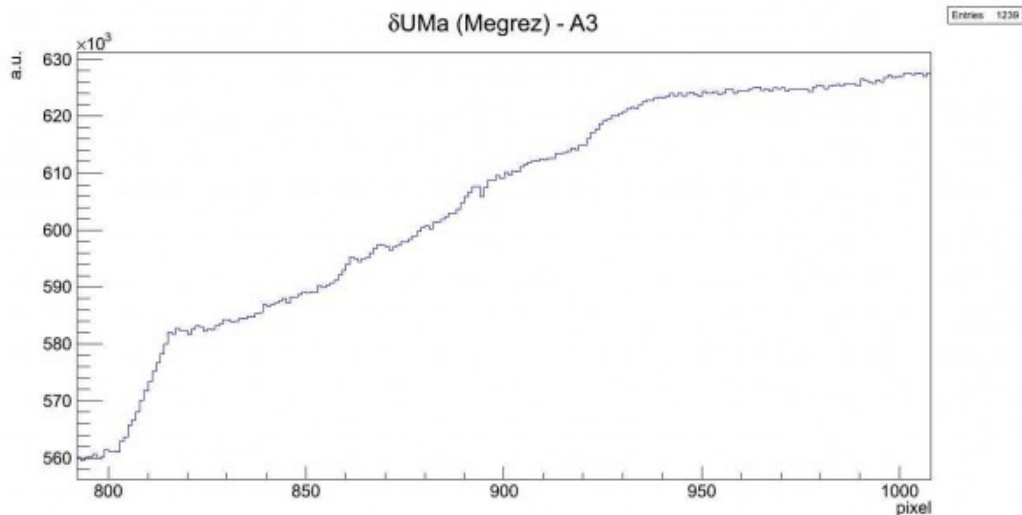
Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- intorno ai 512 pixel – assorbimento anomalo
- 525.5 pixel = 5213.0 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 551.5 pixel = 5479.7 Å – *linea da identificare (NiI 5476.9 Å?)*
- tra 550 e 570 pixel – assorbimento complesso
- 582.6 pixel = 5799.3 Å – *linea da identificare (HgI,*

banda tellurica 03, ...?)

- 592.5 pixel = 5901.0 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*
- 625.8 pixel = 6242.5 Å – *linea da identificare*
- 656.7 pixel = 6558.9 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
- 687.3 pixel = 6873.0 Å – *banda tellurica 02 (6884 Å)*
- intorno a 705 pixel – *assorbimento anomalo*
- 717.3 pixel = 7180.7 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 731.8 pixel = 7329.5 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 759.1 pixel = 7610.0 Å – *banda tellurica 02 (7621 Å)*
- 774.3 pixel = 7765.8 Å – *linea dell'OI (7771 Å)*
- 783.2 pixel = 7857.0 Å – *linea da identificare*
- 790.8 pixel = 7934.6 Å – *linea da identificare*

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm a 1000 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\delta$ UMa nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 818.5 pixel = 8218.4 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- da 820 a 850 pixel struttura di assorbimento complessa

- 862.6 pixel = 8671.5 Å – *linea del CaII (8662 Å)*
  - 869.2 pixel = 8739.2 Å – *linea da identificare*
  - intorno a 900 pixel – *struttura complessa*
- 

## La scala Antoniadi

Può un astrofilo essere soddisfatto di un cielo di classe 1 della scala di Bortle ovvero buio quasi quanto lo spazio interstellare? Ovvio che no! Infatti le condizioni meteorologiche e dello strumento attraverso cui si sta osservando il cielo possono deteriorare anche in modo sostanziale la qualità delle immagini. Se però nel secondo caso possiamo rimediare riducendo gli ingrandimenti al minimo necessario e cercando di evitare flussi di aria calda nelle vicinanze dello strumento, per quanto concerne le condizioni meteorologiche poco possiamo fare.

A questo punto un astrofilo deve decidere se avere cieli bui oppure cieli poco umidi e non turbolenti. Anche un compromesso è spesso possibile. Alla luce di questo diventa evidente che un astrofilo deve scegliere in modo oculato il proprio luogo osservativo in funzione di ciò che vuole osservare e/o fotografare. Se si vuole dettaglio per osservare o riprendere pianeti, Luna o Sole allora non deve richiedere cieli bui ma piuttosto con calma atmosferica. Se si vuole osservare il cielo con un binocolo o riprendere zone vaste di cielo allora la richiesta fondamentale è un cielo buio con basso inquinamento luminoso, indipendentemente dalla turbolenza atmosferica. Infine se si vuole riprendere o osservare galassie, nebulose o ammassi globulari bisognerà cercare un buon compromesso tra bassa turbolenza e cielo buio.

Così come la scala di Bortle ci permette di classificare quanto un cielo è buio, la scala di Antoniadi ci permette di classificare quanto un cielo è buono in termini di qualità dell'immagine osservata. Nella scala di Antoniadi sono quindi inclusi fenomeni come turbolenza atmosferica, umidità e condizioni dello strumento ovvero quelli che prendono in gergo

il nome "seeing". Definire la qualità dell'immagine è però difficile dal punto di vista oggettivo, soprattutto data la strumentazione a disposizione degli astrofili (spesso solo gli occhi). Per questo motivo la scala Antoniadi risulta spesso qualitativa e molto approssimata. Un tentativo di "oggettivazione" è stato fatto da William H. Pickering basandosi sugli anelli di diffrazione delle stelle, ma data la difficoltà nell'osservare questi ultimi, la scala omonima ha avuto scarso successo nel mondo dell'astronomia amatoriale. La scala di Antoniadi, che prende il nome dall'astronomo greco Eugène Michel Antoniadi (1870 – 1944), è costituita da 5 livelli basati sul modo in cui viene osservata un'immagine planetaria o stellare:

- **Livello I** : visibilità perfetta, assenza di qualsiasi scintillio.
- **Livello II** : leggeri tremolii con momenti di calma che durano anche alcuni secondi.
- **Livello III** : visibilità moderata con ampi tremolii che sfocano l'immagine.
- **Livello IV** : immagine non buona, soggetta a turbolenza continua con ondulazioni dell'immagine.
- **Livello V** : immagine pessima, che a stento permette di realizzare uno schizzo dell'oggetto.

La scala Antoniadi è espressa in numeri romani anche se spesso è possibile trovarla indicata in numeri arabi. A differenza della scala di Bortle, dove si può stimare la magnitudine osservata (per esempio con stellarium), non esiste un metodo oggettivo per determinare la scala Antoniadi.

Una volta che gli strumenti sono messi nelle condizioni ideali per osservare il cielo, il seeing viene a dipendere unicamente dalle condizioni atmosferiche. Proprio per questo motivo è possibile realizzare delle "previsioni del seeing" analogamente a quanto già avviene per le previsioni del tempo. Questo servizio è offerto dal sito internet meteoblue ([www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)). Una volta cercata una località vicino al luogo di osservazione, si clicca sul giorno interessato e dalla scheda seeing\_5d è possibile avere le previsioni orarie del seeing. Il valore del seeing lo si trova alla voce "Seeing Index 2" ed è misurato in scala Antoniadi inversa, ovvero 1 è



Livello V e 5 è Livello I. Index 1 o Index 2 fa riferimento al modello di previsione del seeing di cui il secondo da maggior peso alla fluttuazione di densità atmosferica e quindi più adatto per indicare l'effetto della turbolenza sulla qualità dell'immagine.

Non mi resta quindi che augurarvi buona osservazione e un cielo di classe 1 di Bortle e livello I di Antoniadi.

---

## La scala di Bortle

Forse non tutti gli astrofili avranno visto NGC3108 ma sicuramente un bel cielo inquinato dalle luci cittadine è un'esperienza che nessun amante del cielo ha potuto evitare. Soprattutto noi italiani siamo costretti a vivere a stretto contatto con cieli ogni anno più arancioni e sempre più poveri di stelle. Ma come fare a quantificare la salute del nostro cielo notturno? La rivista Sky&Telescope, nel febbraio 2001 ha pubblicato una scala, ideata dall'astrofilo statunitense John E. Bortle, che da allora è diventata un riferimento per tutto il panorama dell'astrofilia mondiale. Questa è divisa in nove classi che vanno da un minimo di 1, identificata con il colore nero ed indica cieli bui, ad un massimo di 9, identificata con il colore bianco ed indica cieli molto inquinati. Di seguito riportiamo in dettaglio il significato delle singole classi (tratto dall'articolo di Sky&Telescope, febbraio 2001):

**Classe 1** (cielo molto scuro), nero : Visibile la luce zodiacale, gegenschein e banda zodiacale tutte visibili ad occhio nudo. La luce zodiacale appare molto luminosa e la banda zodiacale copre l'intera volta celeste. La galassia M33 è facilmente visibile ad occhio nudo. Le nubi dello Scorpione e del Sagittario generano ombre diffuse sul terreno. Ad occhio nudo la magnitudine limite è 7.6 – 8.0 (a fatica), la presenza di Giove o Venere nel cielo sembra diminuire l'adattamento dell'occhio al buio. Visibile l'airglow (debole ma evidente soprattutto nei primi 15°

dall'orizzonte). Con un telescopio da 32 cm di diametro si possono vedere a fatica stelle fino alla magnitudine 17.5, mentre con un 50 cm si raggiunge magnitudo 19. Se si sta osservando da un prato circondato da alberi, il vostro telescopio, i vostri amici ed il vostro veicolo sono quasi del tutto invisibili. Questo è quanto di meglio un astrofilo possa provare nella sua vita.

**Classe 2** (cielo buio), grigio : Vicino all'orizzonte è possibile vedere l'airglow, M33 è facilmente visibile ad occhio nudo. La Via Lattea estiva appare ben strutturata anche ad occhio nudo, ed alcune delle sue parti più brillanti appaiono come marmo venato osservate attraverso un binocolo ordinario. La luce zodiacale è brillante e genera deboli ombre sul terreno poco prima dell'alba o subito dopo il tramonto ed il suo colore appare giallastro rispetto a quello biancastro della Via Lattea. Qualsiasi nube in cielo è visibile come uno spazio nero sovrapposto ad uno sfondo stellato. Il telescopio ed i suoi dintorni sono visibili con difficoltà tranne quando sono proiettati verso il cielo. Molti degli ammassi globulari del catalogo Messier sono visibili ad occhio nudo. Ad occhio nudo si osserva sino a magnitudine 7.1 – 7.5 mentre con un telescopio da 32 cm di diametro si può raggiungere magnitudo 16.0 o 17.0.

**Classe 3** (cielo rurale), blu : Si osserva un leggero inquinamento luminoso all'orizzonte. Le nubi possono apparire debolmente illuminate se basse sull'orizzonte, anche se globalmente appaiono scure. È ben visibile la complessità della Via Lattea così come gli ammassi globulari (M4, M5, M15, M22). M33 è visibile con il metodo dell'osservazione distorta. La luce zodiacale è visibile in primavera ed autunno quando si estende per 60° sopra l'orizzonte dopo il tramonto o prima dell'alba. Il colore della luce zodiacale è appena percettibile. Il telescopio è appena visibile da una distanza di 6 – 9 metri da voi. Ad occhio nudo la magnitudine limite è 6.6 – 7.0 e con un riflettore da 32 cm di diametro si può raggiungere magnitudo 16.0 .

**Classe 4** (cielo rurale / periferia), verde/giallo : presenza di luce diffusa e aloni luminosi intorno ai centri cittadini. La luce zodiacale è visibile ma non si alza molto sopra l'orizzonte al crepuscolo. La Via Lattea è ancora ben visibile ma perde parte delle sue strutture. M33 è difficilmente visibile se non quando la sua altezza dall'orizzonte è superiore ai 50°. Le nubi basse sull'orizzonte sono illuminate da sotto. È possibile osservare il nostro telescopio anche a notevole distanza. La massima magnitudine visibile ad occhio nudo è 6.1 – 6.5, mentre con un riflettore da 32 cm di diametro si può raggiungere magnitudo 15.5.

**Classe 5** (cielo di periferia), arancio : luce zodiacale appena accennata e visibile raramente nelle notti d'autunno. La Via Lattea è molto debole e a volte invisibile all'orizzonte. Le fonti di luce sono visibili nella maggior parte se non in tutte le direzioni. Le nuvole in qualunque posizione sono illuminate e appaiono più chiare del cielo stellato. La magnitudine limite è circa 5.6 – 6.0 mentre con un riflettore da 32 cm di diametro si può raggiungere magnitudo 14.5 – 15.0.

**Classe 6** (cielo luminoso di periferia), rosso : la luce zodiacale non è visibile neppure nelle notte migliori. La Via Lattea è visibile a tracce in direzione dello zenit. Il cielo entro un'altezza di 35° è illuminato di colore bianco – grigiastro. Le nubi presenti appaiono luminose. Non avete difficoltà a trovare oculari e accessori del vostro telescopio posti sull'apposito sostegno. M33 non è visibile se non attraverso un binocolo ed M31 è appena visibile ad occhio nudo. La massima magnitudine visibile ad occhio nudo è 5.5 e con un telescopio da 32 cm di diametro si può raggiungere magnitudo 14.0 – 14.5

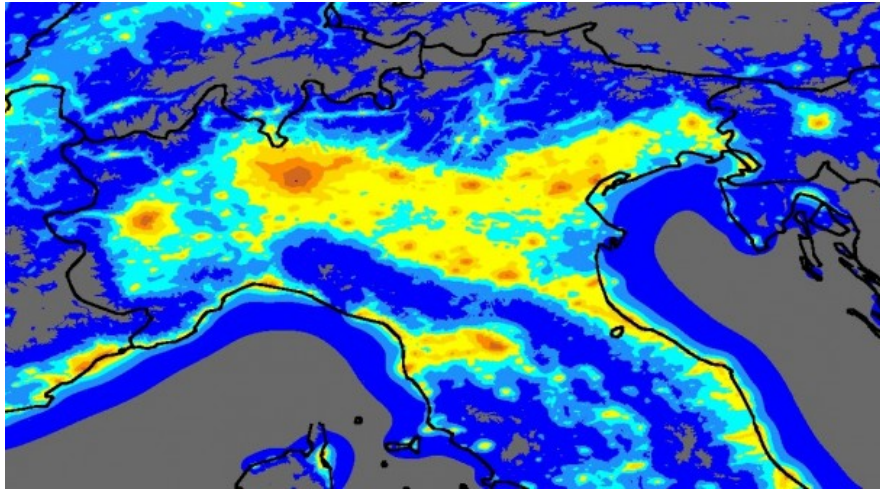
**Classe 7** (periferia / città), rosso : tutta la volta celeste ha un colore bianco – grigiastro. Sorgenti di inquinamento luminoso sono visibili in tutte le direzioni. La Via Lattea è totalmente invisibile o quasi, M44 o M31 possono essere scorte a fatica ad occhio nudo. Le nubi presenti sono molto illuminate. Anche con telescopi di dimensioni moderate gli oggetti del catalogo Messier appaiono deboli e spesso risulta difficoltoso capirne la natura. Ad occhi nudo la magnitudine limite è 5.0 mentre un

riflettore da 32 cm a malapena raggiunge la magnitudine 14.

**Classe 8** (città), bianco : il cielo è completamente di colore bianco – grigiastro e senza difficoltà è possibile leggere i titoli dei giornali. M31 e M44 possono essere appena intraviste da un osservatore esperto nelle notte migliori e con un telescopio modesto è possibile osservare solo gli oggetti più luminosi del catalogo Messier. Alcune stelle delle costellazioni più note sono debolmente visibili o addirittura invisibili. Ad occhio nudo è possibile individuare, in condizioni ideali, solo stelle tutt'al più di magnitudine 4.5. Il limite per un riflettore da 32 cm si abbassa a poco più di magnitudine 13.0 .

**Classe 9** (centro città), bianco : Tutta la volta celeste è illuminata a giorno, anche allo zenit. Molte stelle delle costellazioni più famigliari sono invisibili e costellazioni come il cancro e i pesci non si vedono affatto. A parte, forse, le Pleiadi, non è possibile osservare nessun oggetto del catalogo Messier ad occhio nudo. Gli unici oggetti piacevolmente osservabili attraverso un telescopio sono la Luna, i pianeti, ed alcuni dei gruppi più luminosi di stelle (se si riescono a trovare). Ad occhio nudo la magnitudine scende a 4.0 o inferiore.

Come è visibile dalla mappa del Nord Italia riportata qui sotto (fonte <http://www.inquinamentoluminoso.it/>), noi astrofili lombardi dovremo accontentarci di una magnitudine visuale pari a 4.75 – 5.25 (giallo, azzurro) ovvero massimo classe 6.0. La classe 5 in Lombardia è quindi ormai un sogno.



inquinamento luminoso - nord Italia

Però queste mappe sono delle indicazioni teoriche. Infatti un astrofilo con un minimo di esperienza avrà sicuramente notato come l'inquinamento luminoso dipenda anche dalle condizioni atmosferiche (nebbie, ...). Ecco quindi l'importanza della scala di Bortle che ci da indicazioni non teoriche ma empiriche della bontà del nostro cielo. Purtroppo però la descrizione data da J. Bortle è molto approssimata e l'unico vincolo oggettivo risulta essere la magnitudine visuale ad occhio nudo e/o al telescopio. Determinare però variazioni di magnitudine pari a 0.5 ad occhio nudo è molto difficile. Come fare allora?

Per fortuna viene in nostro aiuto un software potentissimo, gratuito e multi piattaforma (funziona su Linux, Windows e MacOS): Stellarium.

Installare stellarium è facilissimo, basta scaricare l'eseguibile dal sito <http://www.stellarium.org/it/> cliccarvi sopra e seguire le istruzioni. Una volta installato cliccate sull'icona del programma in modo da aprire il planetario virtuale. A questo punto vi si apre un mondo nuovo in cui potrete simulare il cielo giorno per giorno, ora per ora, secondo per secondo da qualsiasi punto della Terra e da altri pianeti del Sistema Solare.

Per quanto concerne il nostro problema settate stellarium in modo da simulare in tempo reale il cielo che state osservando. A questo punto spostate il mouse a sinistra; vi appariranno una serie di icone. Cliccate su "Finestra delle opzioni del cielo e della visualizzazione" oppure semplicemente premete il tasto F4. Si aprirà una finestra di dialogo.

Nella sezione "Atmosfera" del tab "Cielo" troverete la voce "Inquinamento luminoso". Modificate il numero a lato in modo che il cielo simulato sia il più verosimile possibile a quello che state osservando. Quel numero è la classe della scala di Bortle.

Per gli abitanti del Nord Italia l'inquinamento luminoso è spesso anisotropo e concentrato soprattutto nella direzione dei grandi centri urbani (Milano e hinterland, Torino, ...). Per questo è consigliabile stimare la scala di Bortle ai quattro punti cardinali e farne poi una media oppure, nel caso dell'astrofotografia, stimare la scala di Bortle nei dintorni dell'oggetto ripreso.

---

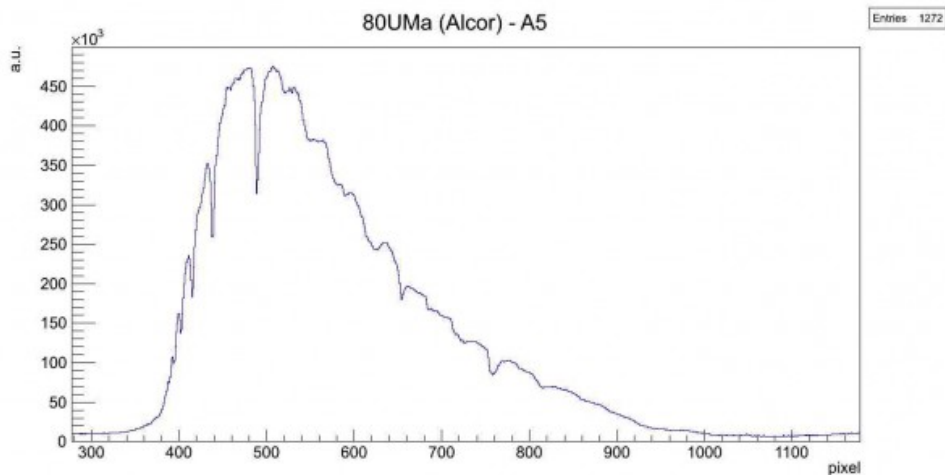
## A5-80UMa (Alcor)



La stella 80 della costellazione dell'Orsa Maggiore è di tipo A5V e si trova a 81.7 A.L. dalla nostra stella. La sua massa così come il raggio è praticamente il doppio di quello del Sole. La temperatura effettiva è pari a circa 8'500 K e forma un sistema binario con una stella nana rossa di classe spettrale M3. Inoltre recentemente si è dimostrato che Alcor e la sua compagna formano un sistema legato con Mizar ( $\zeta$ UMa).

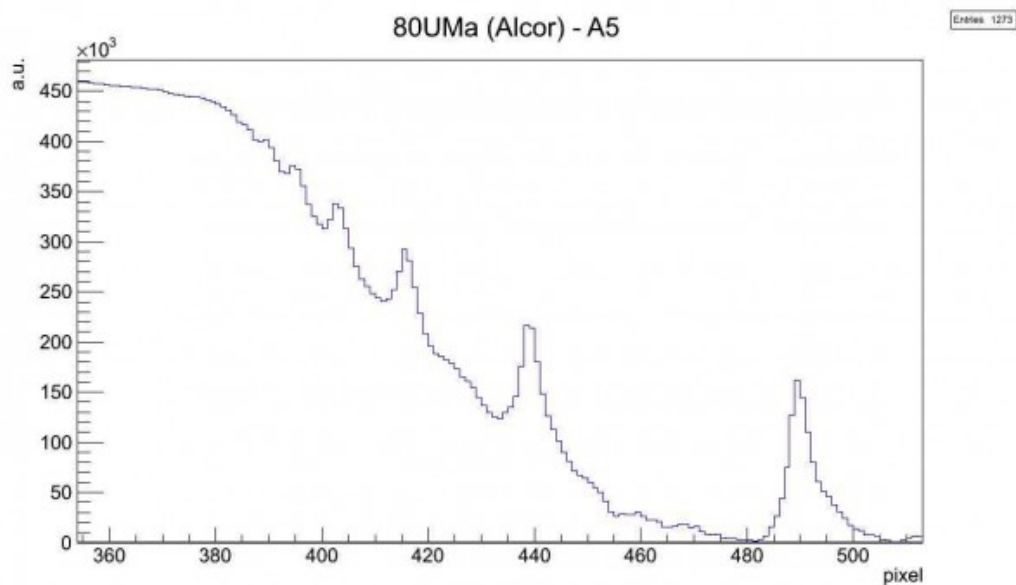
L'immagine in figura rappresenta lo spettro di 80UMa ripreso il giorno 03 maggio 2012 alle ore 23.07 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla H $\alpha$  alla H $\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano

è 16.4161 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato (Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:

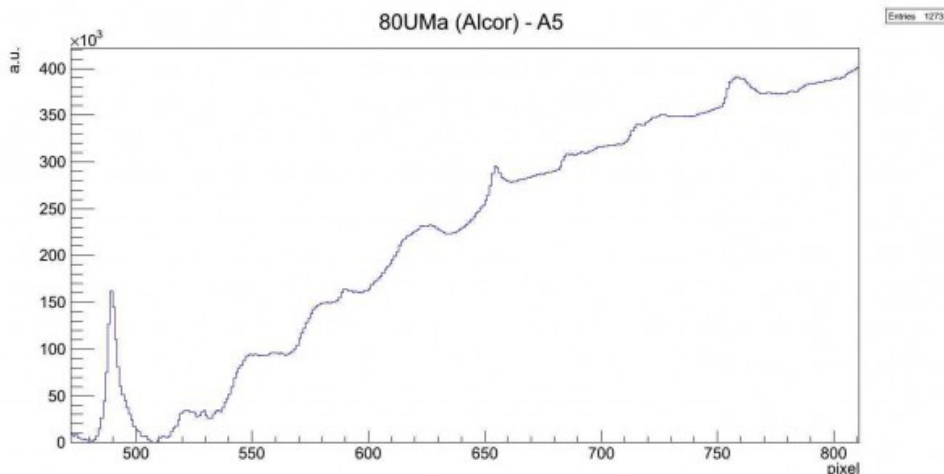


Spettro di 80UMa nella regione compresa tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 389.1 pixel = 3830.2 Å – *linea H $\eta$  dell'HI (3835.0 Å)*
- 394.6 pixel = 3886.5 Å – *linea H $\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)*
- 402.7 pixel = 3968.9 Å – *linea H $\epsilon$  dell'HI (3969.7 Å)*
- 415.6 pixel = 4102.1 Å – *linea H $\delta$  dell'HI (4101.3 Å)*
- intorno a 426 pixel – *assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)*
- 439.0 pixel = 4342.0 Å – *linea H $\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)*
- intorno a 450 pixel – *assorbimento anomalo (HeI 4471 Å )*
- 457.9 pixel = 4535.9 Å – *linea da identificare*
- 467.4 pixel = 4632.9 Å – *linea del FeII (4630 Å)*
- 489.9 pixel = 4864.2 – *linea H $\beta$  dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea H $\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di 80UMa nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

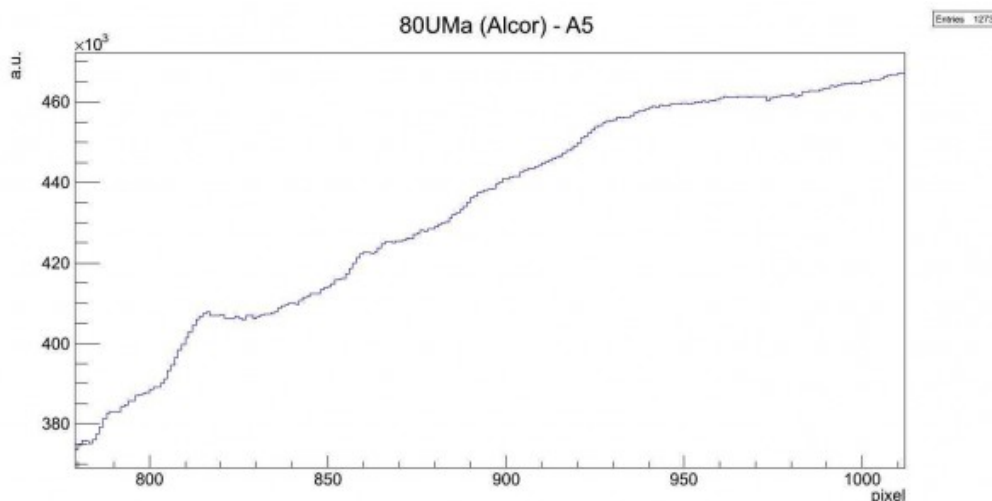
Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 512.2 pixel = 5092.5 Å – *linea da identificare*
- 521.9 pixel = 5191.8 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 529.1 pixel = 5265.4 Å – *linea da identificare*
- 535.7 pixel = 5333.1 Å – *linea da identificare*
- 550.8 pixel = 5488.7 Å – *linea da identificare (NiI 5476.9 Å?)*
- 560.3 pixel = 5585.6 Å – *linea da identificare (OI 5577 Å o OI 5572 – 5598 Å da nebulose, FeI 5572.8 Å)*
- 581.8 pixel = 5806.2 Å – *linea da identificare (HgI,*



- banda tellurica 03, ...?)
- 590.3 pixel = 5893.8 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*
  - intorno ai 615 pixel – assorbimento anomalo
  - 625.7 pixel = 6256.2 Å – *linea da identificare*
  - 655.0 pixel = 6557.6 – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
  - 686.3 pixel = 6878.5 Å – *banda tellurica 02 (6884 Å)*
  - 692.0 pixel = 6936.7 Å – *linea da identificare*
  - intorno ai 705 pixel – assorbimento anomalo
  - 707.6 pixel = 7096.3 Å – *linea da identificare*
  - 716.2 pixel = 7184.5 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
  - 723.3 pixel = 7257.6 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
  - 726.5 pixel = 7291.1 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
  - 758.5 pixel = 7619.0 Å – *banda tellurica 02 (7621 Å)*
  - 772.0 pixel = 7757.5 Å – *linea dell'OI (7771 Å)*
  - 782.2 pixel = 7862.5 Å – *linea da identificare*
  - 790.2 pixel = 7944.2 Å – *linea da identificare*

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm a 1000 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di 80UMa nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 817.2 pixel = 8220.5 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- da 820 a 850 pixel struttura di assorbimento complessa
- 860.8 pixel = 8668.7 – *linea del CaII (8662 Å)*
- 867.0 pixel = 8731.5 – *linea da identificare*
- da 880 a 1000 struttura di assorbimento complessa

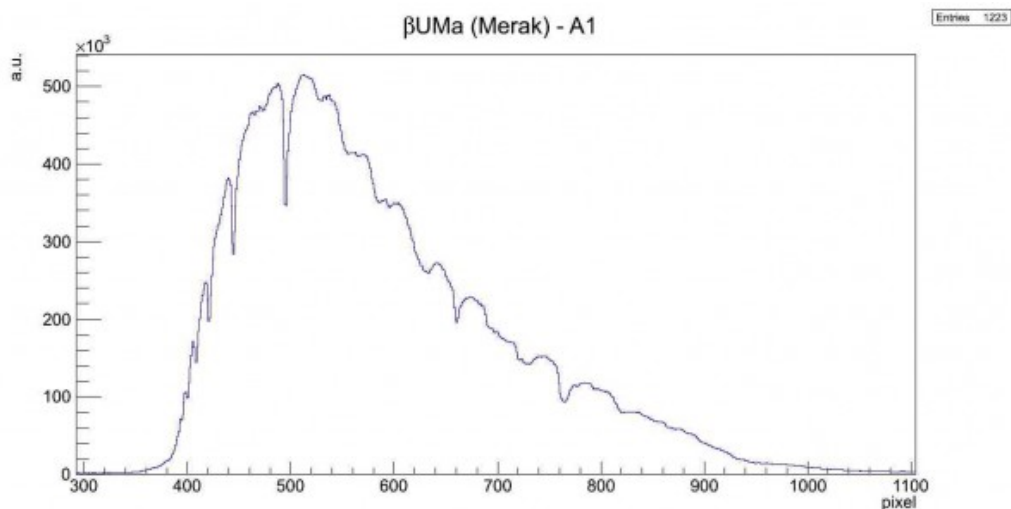
---

## A1-βUMa (Merak)



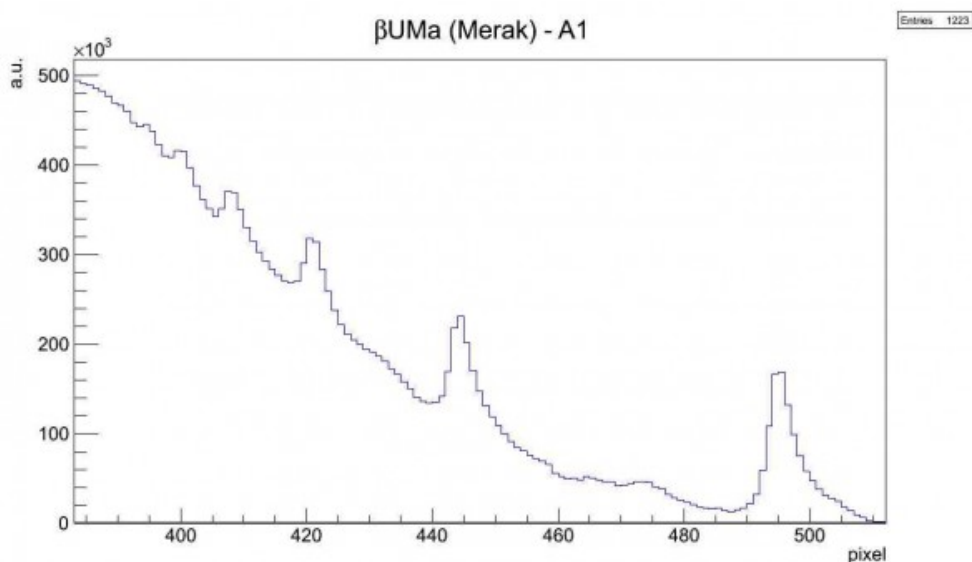
La stella δ della costellazione del Leone è di tipo A4V e si trova a circa 58.4 A.L. dalla nostra stella. La sua massa così come il raggio è praticamente il doppio di quello del Sole. La temperatura effettiva è pari a 8'296 K e ruota su se stessa ad alta velocità (180 km/s).

L'immagine in figura rappresenta lo spettro di βUMa ripreso il giorno 03 maggio 2012 alle ore 22.30 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla H $\alpha$  alla H $\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 21.9466 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato (Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:



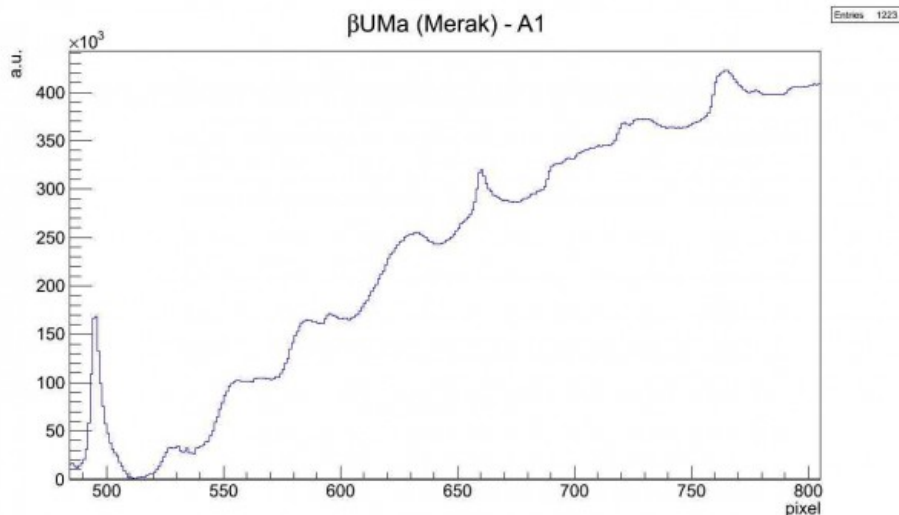
Spettro di  $\beta$ UMa nella regione compresa tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 394.2 pixel = 3825.8 Å – linea H $\eta$  dell'HI (3835.0 Å)
- 399.6 pixel = 3880.8 Å – linea H $\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)

- 408.0 pixel = 3966.8 Å – *linea Hε dell'HI (3969.7 Å)*
- 420.8 pixel = 4098.1 Å – *linea Hδ dell'HI (4101.3 Å)*
- intorno ai 430 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)
- 444.3 pixel = 4339.4 Å – *linea Hγ dell'HI (4340.0 Å)*
- intorno a 455 pixel – assorbimento anomalo (HeI 4471 Å )
- 464.9 pixel = 4550.8 Å – *linea da identificare*
- 473.0 pixel = 4633.8 Å – *linea del FeII (4630 Å)*
- 485.2 pixel = 4759.1 Å – *linea da identificare*
- 495.2 pixel = 4861.5 Å – *linea Hβ dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea Hβ dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\beta$ UMa nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

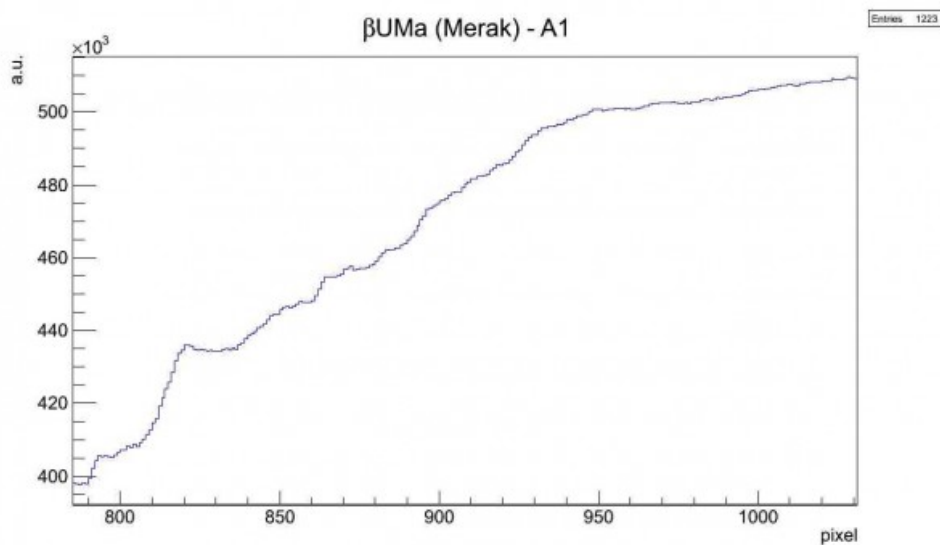
Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 528.9 pixel = 5206.8 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 534.3 pixel = 5262.9 Å – *linea da identificare*
- 556.6 pixel = 5490.8 Å – *linea da identificare (NiI 5476.9 Å?)*
- 566.8 pixel = 5595.9 Å – *linea da identificare (OI 5577 Å o OI 5572 – 5598 Å da nebulose, FeI 5572.8 Å)*
- 586.6 pixel = 5799.2 Å – *linea da identificare*
- 596.4 pixel = 5899.7 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896*

Å)

- 632.0 pixel = 6265.0 Å – linea da identificare
- 660.6 pixel = 6558.1 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
- intorno a 691 pixel – assorbimento anomalo (banda tellurica O2 6884 Å?)
- 721.5 pixel = 7183.2 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 729.6 pixel = 7265.8 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 764.7 pixel = 7625.9 Å – *banda tellurica O2 (7621 Å)*
- 777.2 pixel = 7754.1 Å – *linea dell'OI (7771 Å)*
- 795.1 pixel = 7937.2 Å – linea da identificare

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm a 1000 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\beta$ UMa nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

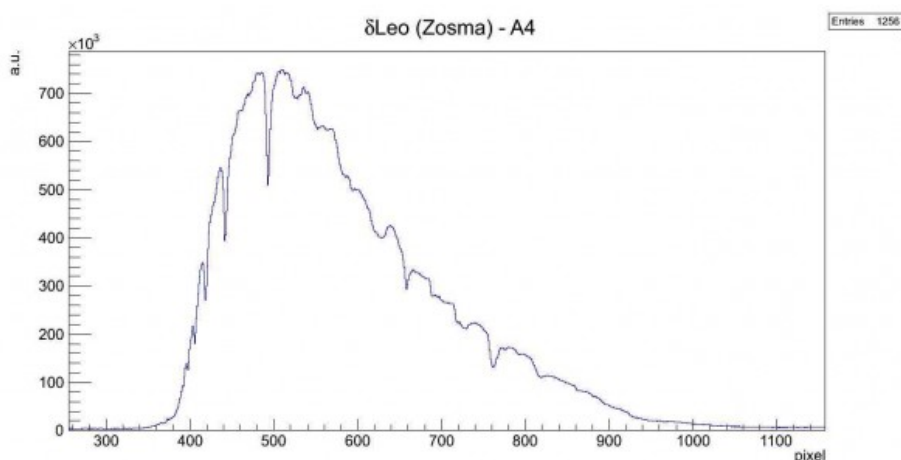
- 821.4 pixel = 8207.4 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- 872.0 pixel = 8726.0 – linea da identificare
- da 890 a 1000 pixel – struttura complessa di assorbimento

# A4- $\delta$ Leo (Zosma)



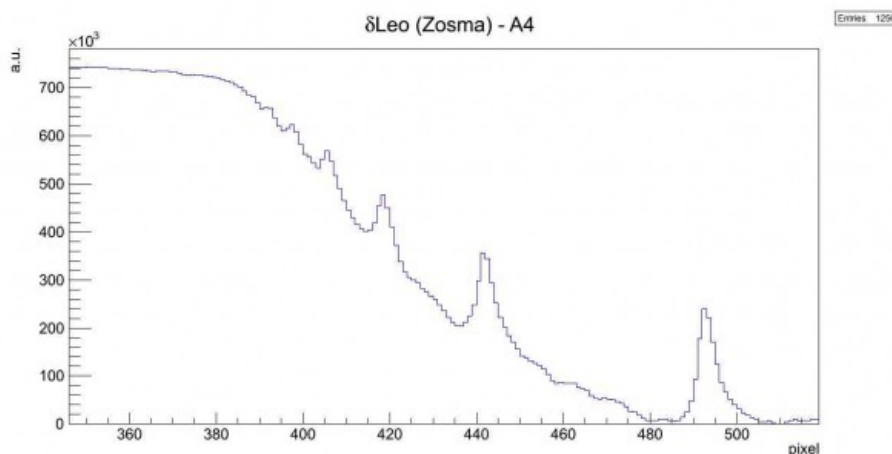
La stella  $\delta$  della costellazione del Leone è di tipo A4V e si trova a circa 58.4 A.L. dalla nostra stella. La sua massa così come il raggio è praticamente il doppio di quello del Sole. La temperatura effettiva è pari a 8'296 K e ruota su se stessa ad alta velocità (180 km/s).

L'immagine in figura rappresenta lo spettro di  $\delta$ Leo ripreso il giorno 03 maggio 2012 alle ore 23.19 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla  $H\alpha$  alla  $H\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 19.6350 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato (Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:

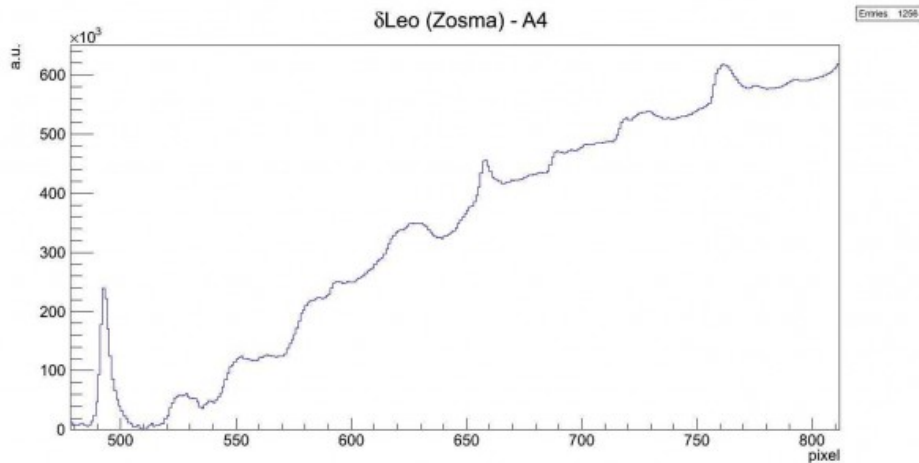


Spettro di  $\delta$ Leo nella regione compresa tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 391.5 pixel = 3821.7 Å – linea H $\eta$  dell'HI (3835.0 Å)
- 397.3 pixel = 3880.9 Å – linea H $\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)
- 405.4 pixel = 3964.4 Å – linea H $\epsilon$  dell'HI (3969.7 Å)
- 418.4 pixel = 4097.5 Å – linea H $\delta$  dell'HI (4101.3 Å)
- intorno ai 430 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)
- 441.9 pixel = 4338.2 Å – linea H $\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)
- intorno a 452 pixel – assorbimento anomalo (HeI 4471 Å )
- 460.1 pixel = 4524.7 Å – linea da identificare
- 469.4 pixel = 4620.5 Å – linea del FeII (4630 Å)
- 483.0 pixel = 4760.3 Å – linea da identificare
- 493.0 pixel = 4862.0 Å – linea H $\beta$  dell'HI (4860.8 Å)

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea H $\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\delta$ Leo nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

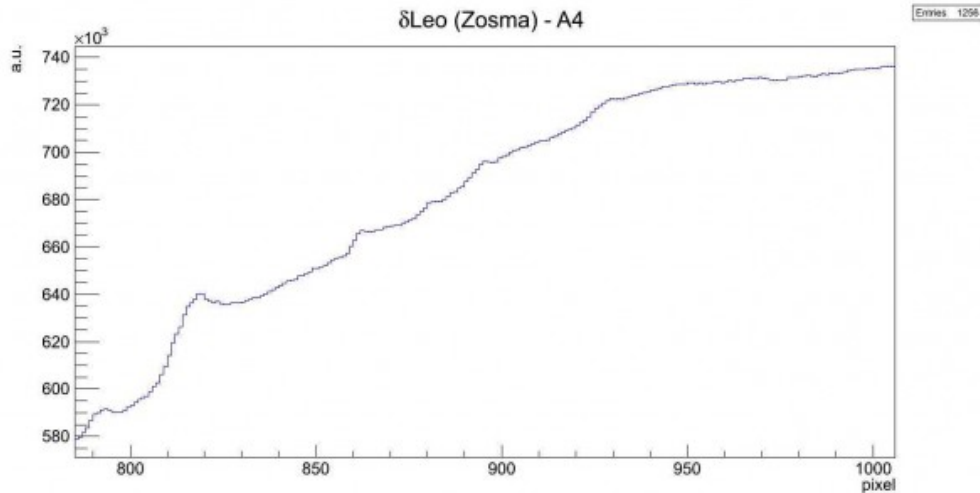
Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 513.4 pixel = 5071.8 Å – linea da identificare
- 527.1 pixel = 5212.0 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 531.7 pixel = 5259.7 Å – linea da identificare
- 538.9 pixel = 5333.8 Å – linea da identificare
- 552.2 pixel = 5469.7 Å – linea da identificare (NiI 5476.9 Å?)
- 563.7 pixel = 5587.5 Å – linea da identificare (OI 5577 Å o OV 5572 – 5598 Å da nebulose, FeI 5572.8 Å)
- 585.9 pixel = 5815.2 Å – linea da identificare (HgI, banda tellurica 03, ...?)
- 595.1 pixel = 5909.4 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*
- 622.0 pixel = 6185.4 – linea da identificare
- 628.3 pixel = 6250.0 – linea da identificare
- 658.5 pixel = 6559.9 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
- 690.0 pixel = 6883.4 Å – *banda tellurica 02 (6884 Å)*
- intorno ai 705 pixel – assorbimento anomalo
- 719.8 pixel = 7189.4 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 728.1 pixel = 7274.5 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 761.9 pixel = 7621.0 Å – *banda tellurica 02 (7621 Å)*
- 775.6 pixel = 7760.9 Å – linea dell'OI (7771 Å)



- 793.8 pixel = 7948.2 Å – linea da identificare

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm a 1000 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\delta$ Leo nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

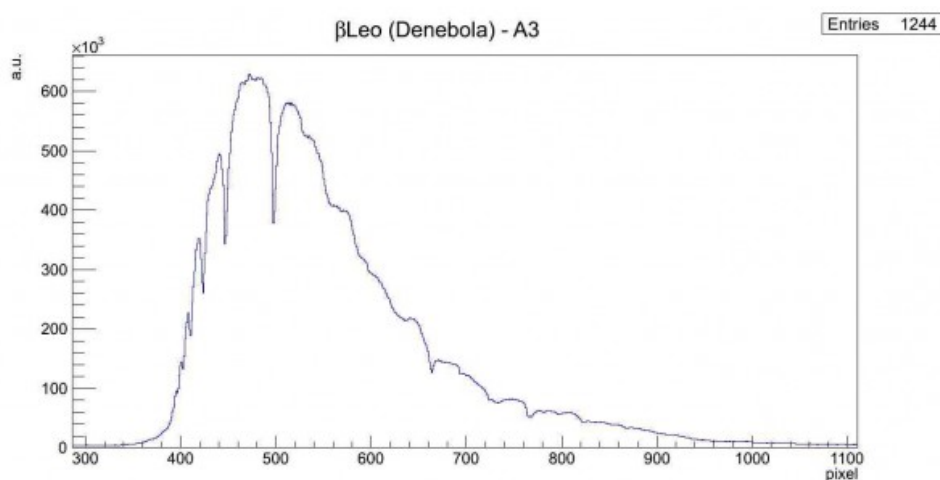
- 819.0 pixel = 8206.3 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- 863.3 pixel = 8661.2 Å – *linea del CaII (8662 Å)*
- 882.1 pixel = 8853.4 – linea da identificare
- 896.3 pixel = 8999.7 – linea da identificare
- intorno ai 910 pixel – assorbimento anomalo
- intorno ai 930 pixel – assorbimento anomalo

## A3- $\beta$ Leo (Denebola)



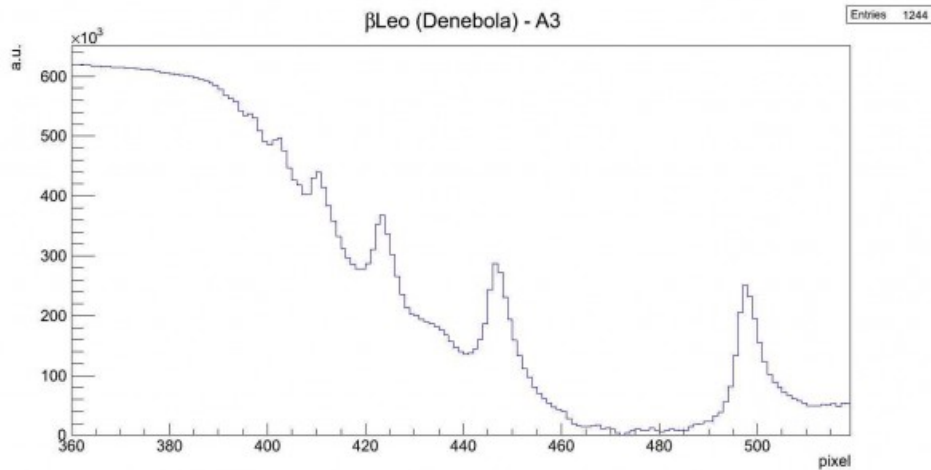
La stella  $\beta$  della costellazione del Leone è di tipo A3V e si trova a circa 36 A.L. dalla nostra stella. La sua massa è praticamente il doppio di quello del Sole mentre il suo diametro tre mezzi. La temperatura effettiva è pari a 8'500 K e ruota su se stessa con una velocità di 20 km/s. Denebola è una stella variabile di tipo Delta Scuti.

L'immagine in figura rappresenta lo spettro di  $\beta$ Leo ripreso il giorno 03 maggio 2012 alle ore 23.14 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla  $H\alpha$  alla  $H\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 24.3377 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato (Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea  $H\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:

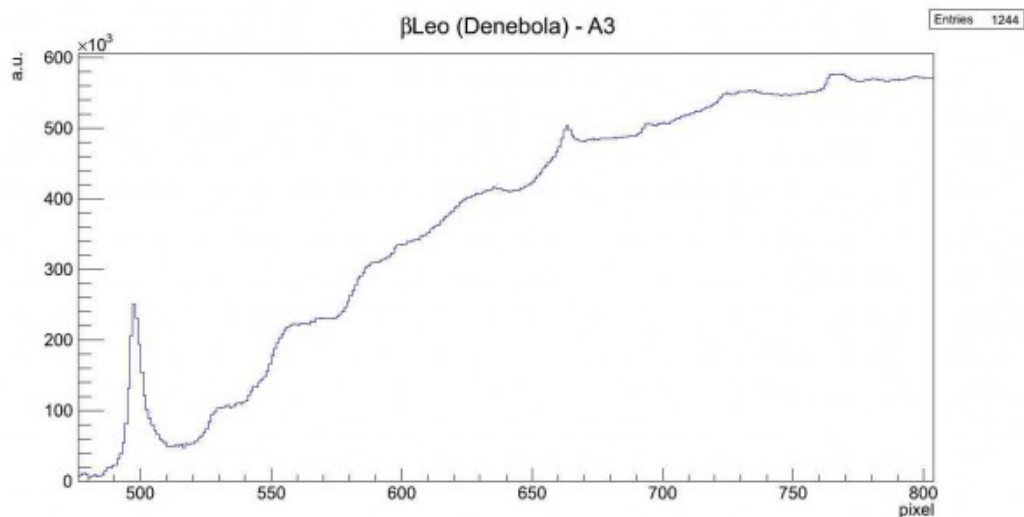


Spettro di  $\beta$ Leo nella regione compresa tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 396.4 pixel = 3823.0 Å – linea  $H\eta$  dell'HI (3835.0 Å)
- 401.8 pixel = 3879.1 Å – linea  $H\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)
- 410.3 pixel = 3965.6 Å – linea  $H\varepsilon$  dell'HI (3969.7 Å)
- 423.4 pixel = 4100.1 Å – linea  $H\delta$  dell'HI (4101.3 Å)
- intorno ai 435 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)
- 446.8 pixel = 4340.8 Å – linea  $H\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)
- 498.2 pixel = 4867.6 Å – linea  $H\beta$  dell'HI (4860.8 Å)

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea  $H\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:

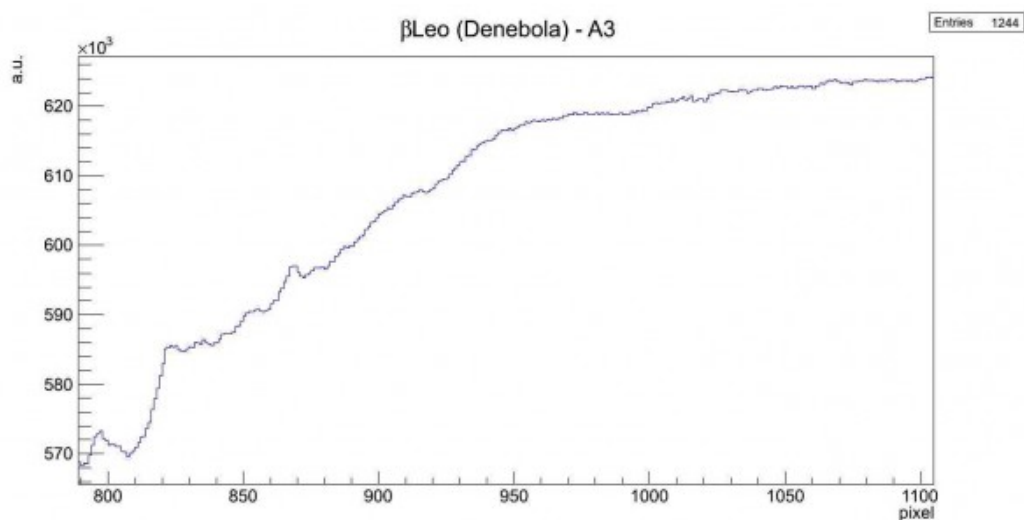


Spettro di  $\beta$ Leo nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 532.7 pixel = 5221.4 Å – *linea del FeII* (5227.2 Å)
- intorno ai 545 pixel – assorbimento anomalo (FeII 5316.6 Å?)
- 558.9 pixel = 5490.3 Å – *linea da identificare* (NiI 5476.9 Å?)
- 570.0 pixel = 5604.4 Å – *linea da identificare*
- 591.1 pixel = 5821.0 Å – *linea da identificare*
- 599.5 pixel = 5907.0 – *linea dell'NaI* (5890 Å – 5896 Å)
- intorno ai 630 pixel – assorbimento anomalo
- 663.7 pixel = 6564.9 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI* (6562.1 Å)
- 694.9 pixel = 6885.1 Å – *banda tellurica O2* (6884 Å)
- 725.0 pixel = 7193.5 Å – *banda tellurica H2O* (7160 – 7400 Å)
- intorno ai 735 pixel – assorbimento anomalo (banda tellurica H2O 7160 – 7400 Å?)
- 767.0 pixel = 7625.2 – *banda tellurica O2* (7621 Å)
- 781.3 pixel = 7771.7 Å – *linea dell'OI* (7771 Å)
- 797.1 pixel = 7934.1 Å – *linea da identificare*

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm a 1000 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\beta$ Leo nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 824.5 pixel = 8214.6 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- 836.1 pixel = 8334.0 Å – *linea da identificare (probabilmente due vicine)*
- 856.0 pixel = 8537.7 Å – *linea del CaII (8542 Å)*
- 869.0 pixel = 8671.3 Å – *linea del CaII (8662 Å)*
- intorno ai 900 pixel – assorbimento anomalo
- intorno ai 950 pixel – assorbimento anomalo

---

## **M3 (NGC 5272) – 16/05/2012**

Descrizione della ripresa di M3 nei Cani da Caccia



M3 (NGC 5272) - 16/05/2012

---

## Luna – 03/05/2012

**Briosco (MB), 03/05/2012 – Luna**

Webcam Celestron Nextimage + filtro IR Cut su Newton SkyWatcher Wide Photo 200 mm f/4.

Mosaico di immagini ciascuna somma circa 350 frame (rate 10 fps). Composizione effettuata con Photoshop CS3 mentre la somma con Registax 6 ([Clicca qui per l'immagine originale in formato TIFF](#))



Luna – 03/05/2012

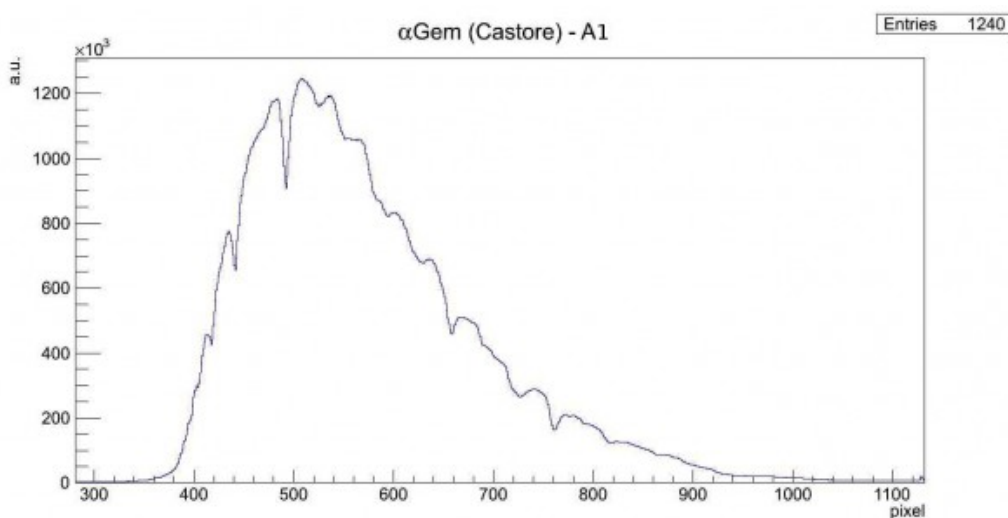
---

## A1- $\alpha$ Gem (Castore)



La stella  $\alpha$  della costellazione dei Gemelli è di tipo A1V e si trova a circa 51 A.L. dalla nostra stella. La sua massa così come il suo raggio è praticamente il doppio di quello del Sole. La temperatura effettiva è pari a 10'286 K e ruota su se stessa con una velocità di 5.2 km/s. Castore in realtà forma un sistema doppio con Castore B di classe spettrale A2Vm. Castore A è a sua volta un sistema doppio formato da due stelle orbitanti a soli 3 milioni di km di distanza con un periodo di 9.21 giorni. Castore Ab è una stella nana di classe spettrale incerta.

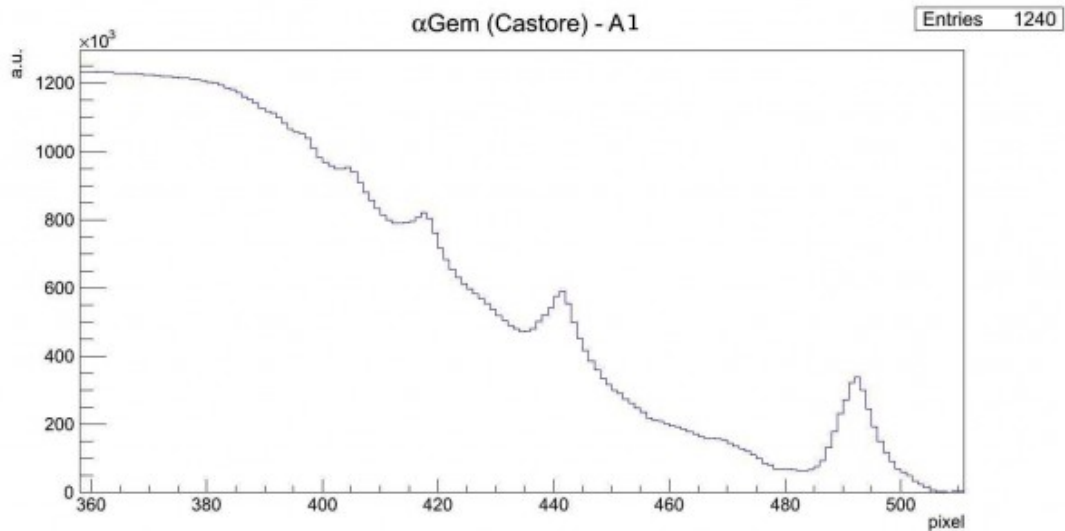
L'immagine in figura rappresenta lo spettro di  $\alpha$ Gem ripresa il giorno 03 maggio 2012 alle ore 22.17 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla  $H\alpha$  alla  $H\epsilon$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 19.3740 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato (Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea  $H\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:



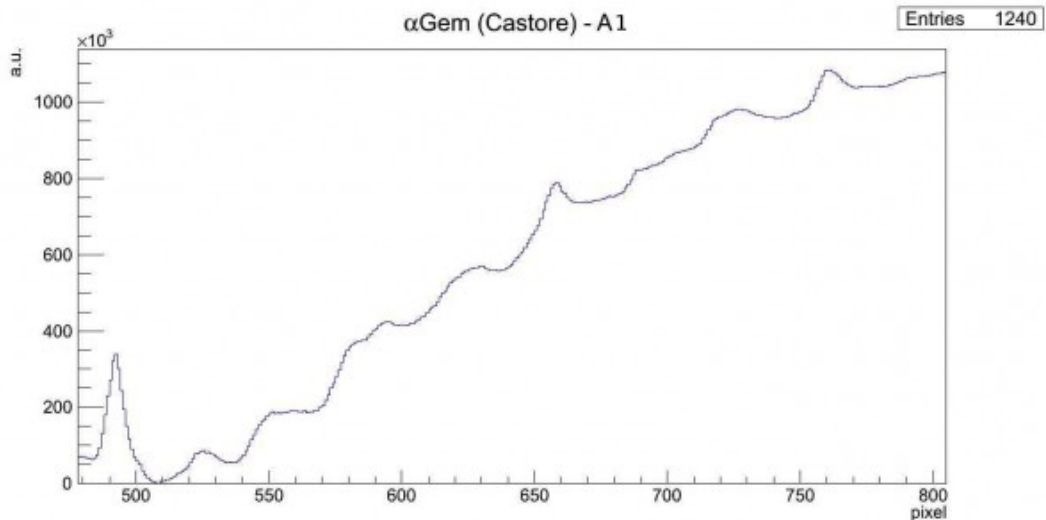


Spettro di  $\alpha$ Gem nella regione compresa tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- intorno ai 395 pixel – assorbimento anomalo (linea  $H\zeta$  dell'HI 3888.6 Å)
- 403.5 pixel = 3946.8 Å – *linea  $H\varepsilon$  dell'HI (3969.7 Å) difficoltà nel fit.*
- 417.1 pixel = 4087.1 Å – *linea  $H\delta$  dell'HI (4101.3 Å)*
- 441.1 pixel = 4333.3 Å – *linea  $H\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)*
- intorno ai 470 pixel – assorbimento anomalo (HeI 4471 Å )
- 492.2 pixel = 4856.9 – *linea  $H\beta$  dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea  $H\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:

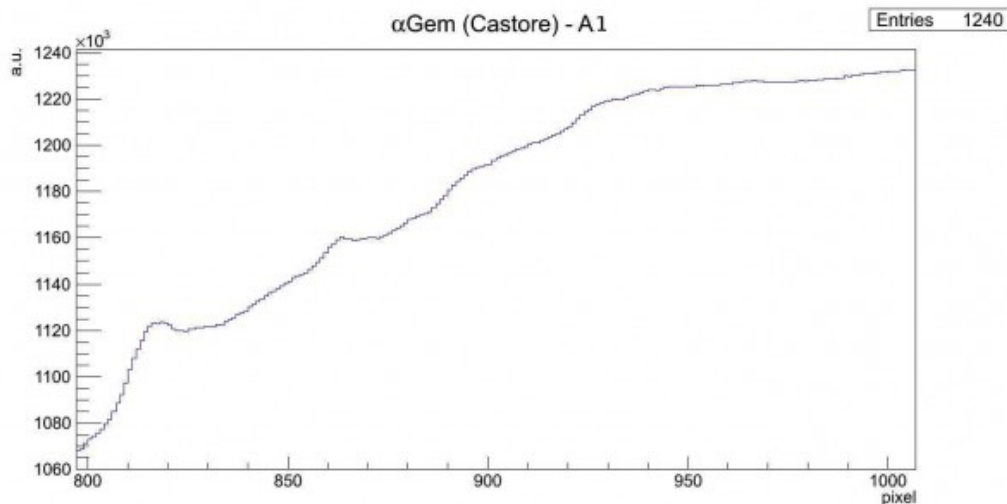


Spettro di  $\alpha$ Gem nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 526.0 pixel = 5203.8 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 552.2 pixel = 5472.0 Å – *linea da identificare (NiI 5476.9 Å?)*
- 584.3 pixel = 5801.3 Å – *linea da identificare (HgI, banda tellurica 03, ...?)*
- 594.8 pixel = 5909.4 – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*
- 629.7 pixel = 6267.8 – *assorbimento anomalo*
- 658.5 pixel = 6562.8 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
- *intorno ai 690 pixel – assorbimento anomalo (banda tellurica 02 6884 Å?)*
- 727.3 pixel = 7268.7 – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 761.6 pixel = 7620.1 Å – *banda tellurica 02 (7621 Å)*

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm a 1000 nm, mostrato nella figura sottostante:

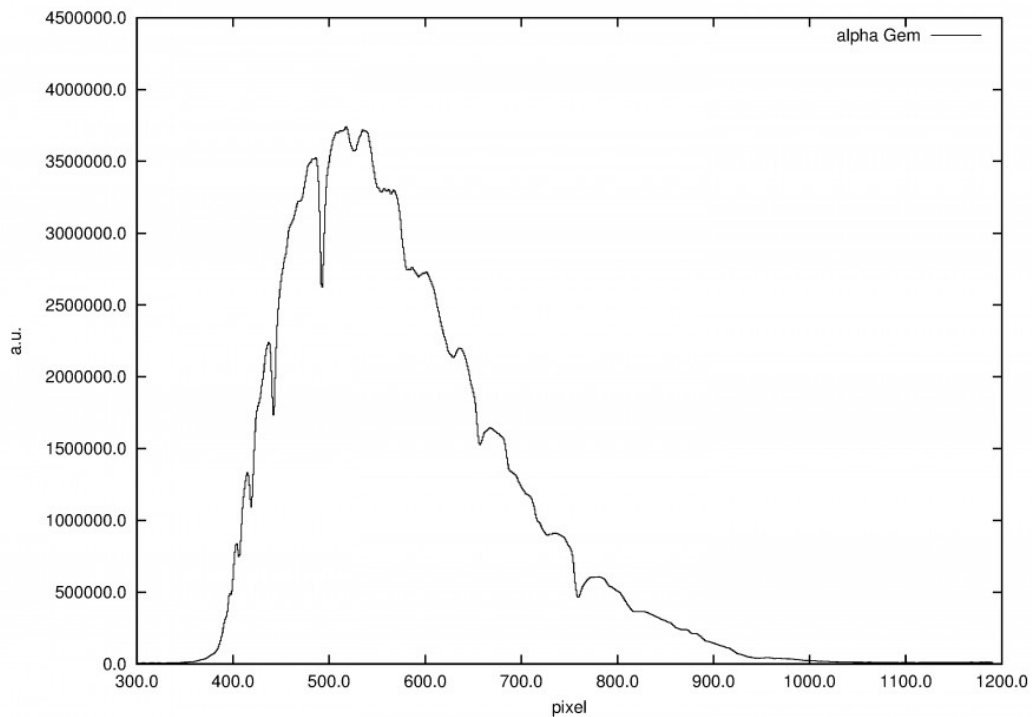


Spettro di  $\alpha$ Gem nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 818.5 pixel = 8204.1 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- tra i 845 ed i 850 pixel – struttura di assorbimento complessa
- 864.3 pixel = 8673.4 – *linea del CaII (8662 Å)*
- intorno ad 894 pixel – assorbimento anomalo
- intorno ai 930 pixel – assorbimento anomalo
- 968.2 pixel = 9739.7 Å – linea da identificare difficoltà nel fit

Riportiamo di seguito la seconda campagna di misure effettuate da Briosco (MB) il 03/12/2012 alle 22.05 (TMEC) . Telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. In figura è mostrato lo spettro di assorbimento e successivamente le linee identificate e misurate. Non sono stati considerati assorbimenti anomali. Offset misurato 19.5704 pixel, massimo dello spettro a 5119.6 Å. [Scarica il file di testo della misura.](#)



Spettro di  $\alpha$ Gem tra 300 e 1200 pixel

Linee identificate:

- 3894.7 Å
- 3976.9 Å
- 4107.5 Å
- 4346.1 Å
- 4867.0 Å
- 5206.4 Å
- 5498.8 Å
- 5553.8 Å
- 5601.3 Å
- 5792.3 Å
- 5900.8 Å
- 6261.0 Å
- 6551.6 Å
- 7287.5 Å
- 7604.9 Å

L'immagine visuale dello spettro elettromagnetico è riportata qui sotto.



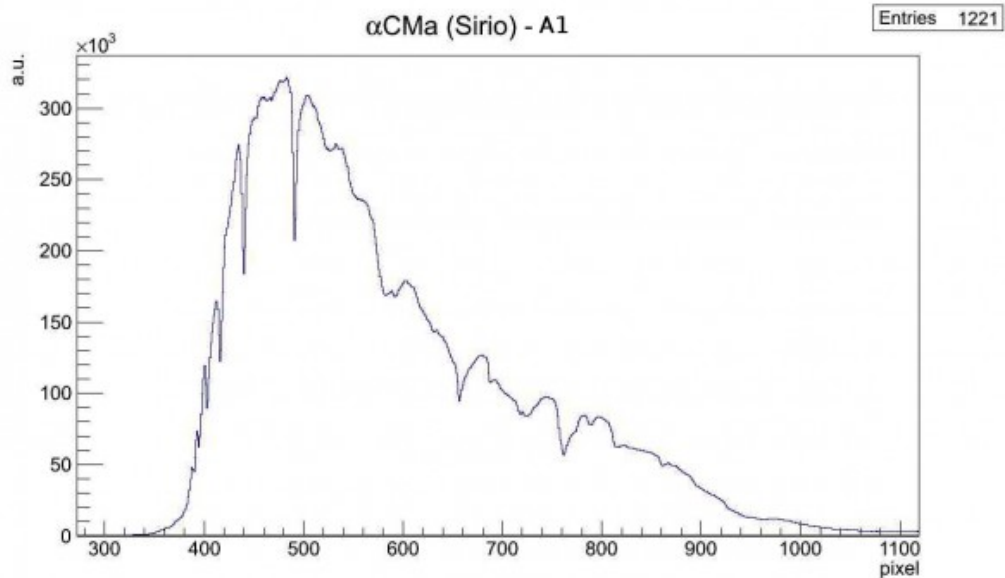
Spettro di  $\alpha$ Gem ripreso il 03/12/2012

---

## A1- $\alpha$ CMa (Sirio)

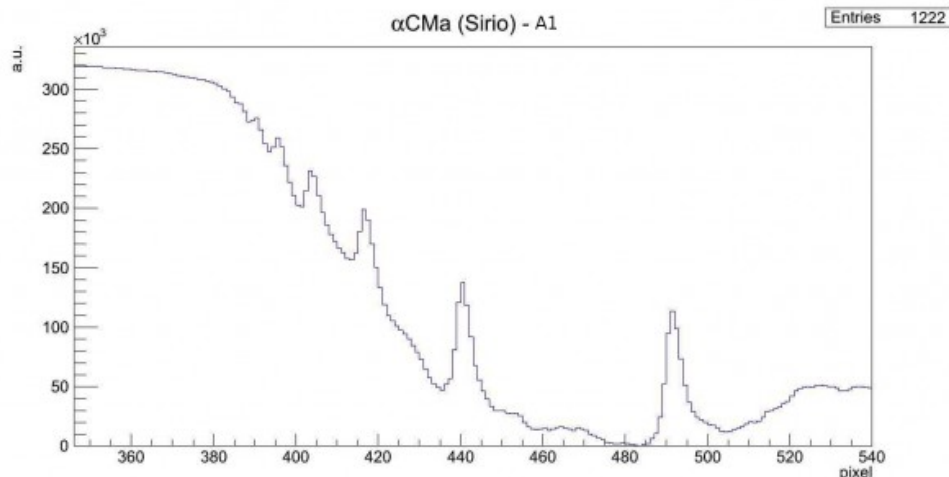
La stella  $\alpha$  della costellazione del Cane Maggiore è di tipo A1Vm e si trova a 8.6 A.L. dal Sole. La sua massa è circa 2.4 volte quella del Sole mentre il suo raggio è praticamente il doppio. La temperatura effettiva è di 9'940 K e ruota su se stessa ad una velocità pari a 16 km/s. In realtà Sirio è un sistema doppio. Sirio B è una nana bianca di classe spettrale DA2-5 con una temperatura di ben 24'000 K.

L'immagine in figura rappresenta lo spettro di  $\alpha$ CMa ripreso con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla H $\alpha$  alla H $\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 17.6765 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato (Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm), mostrata nella figura sottostante:



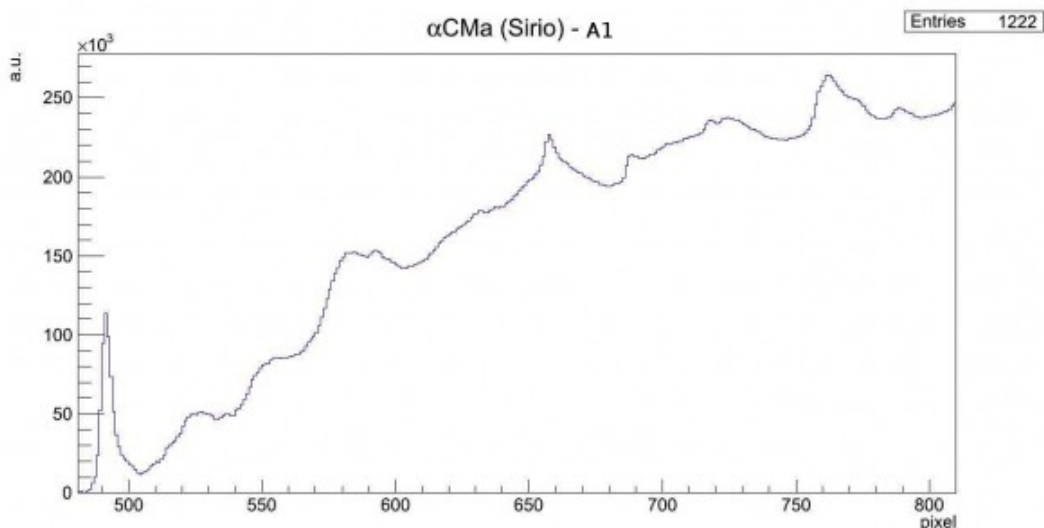
Spettro di  $\alpha$ CMa nella regione compresa tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 390.1 pixel = 3827.6 Å – linea H $\eta$  dell'HI (3835.0 Å)
- 395.5 pixel = 3882.8 Å – linea H $\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)

- 403.9 pixel = 3969.1 Å – *linea Hε dell'HI (3969.7 Å)*
- 416.8 pixel = 4101.0 Å – *linea Hδ dell'HI (4101.3 Å)*
- intorno ai 427 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)
- 440.6 pixel = 4345.6 Å – *linea Hγ dell'HI (4340.0 Å)*
- intorno ai 452 pixel – assorbimento anomalo (HeI 4471 Å)
- 464.1 pixel = 4586 Å – *linea da identificare*
- 468.3 pixel = 4628.8 Å – *linea del FeII (4630 Å)*
- 479.3 pixel = 4742.5 Å – *linea da identificare*
- 491.7 pixel = 4869.5 – *linea Hβ dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea Hβ dell'Idrogeno a 800 nm mostrato nella figura sottostante:



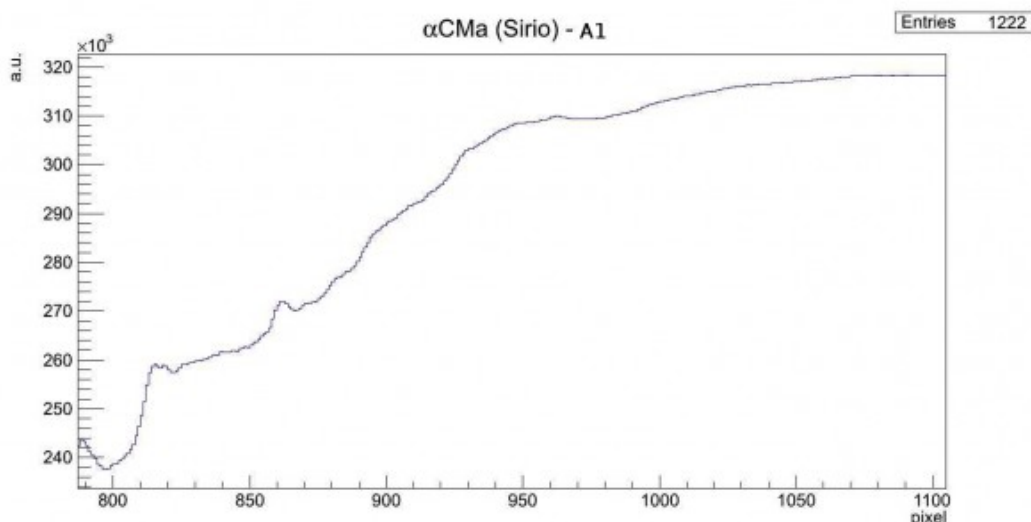
Spettro di  $\alpha$ CMa nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 524.4 pixel = 5204.8 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 527.6 pixel = 5237.7 Å – *linea del FeII (5227.2 Å)*
- 537.4 pixel = 5337.4 Å – *linea da identificare (FeII 5316.6 Å)*
- intorno a 550 pixel – assorbimento anomalo (NiI 5476.9 Å?)
- 583.8 pixel = 5814.2 Å – *linea da identificare (HgI,*

- banda tellurica 03, ...?)
- 592.7 pixel = 5905.3 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*
  - intorno ai 620 pixel – assorbimento anomalo
  - 632.2 pixel = 6310 Å – *linea da identificare*
  - 657.7 pixel = 6572.1 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
  - 688.9 pixel = 6892.2 Å – *banda tellurica 02 (6884 Å)*
  - intorno a 702 pixel – assorbimento anomalo
  - 718.4 pixel = 7194.3 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
  - 724.6 pixel = 7258.4 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
  - 762.3 pixel = 7645.4 – *linea da identificare (tellurica 02 7621 Å?)*
  - intorno a 775 pixel – assorbimento anomalo
  - 789.1 pixel = 7919.6 – *linea da identificare*

Consideriamo infine la terza parte da 800 nm a 1000 nm mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\alpha$ CMa nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 815.8 pixel = 8194.0 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*



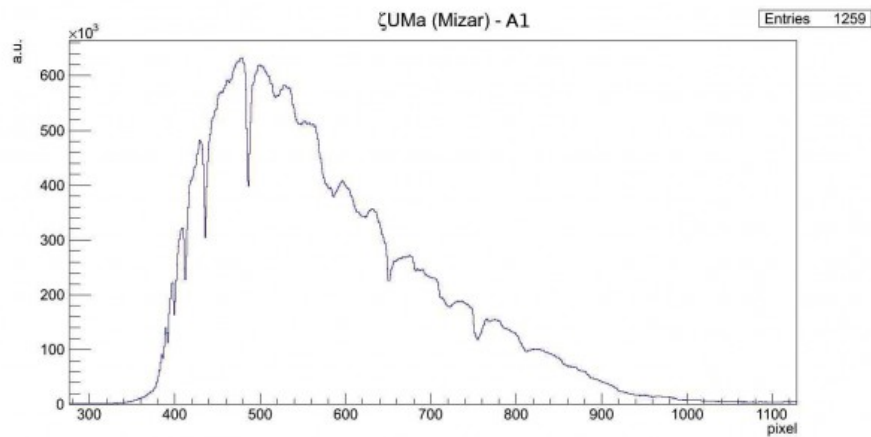
- 818.8 pixel = 8224.6 Å – linea da identificare
- tra i 825 ed i 850 pixel – struttura di assorbimento complessa
- 862.2 pixel = 8670.0 Å – linea del CaII (8662 Å)
- intorno ai 890 pixel – assorbimento anomalo
- tra i 905 ed i 910 pixel – assorbimento anomalo
- intorno ai 930 pixel – assorbimento anomalo
- 962.5 pixel = 9699.0 Å – linea da identificare

## A1-ζUMa (Mizar)



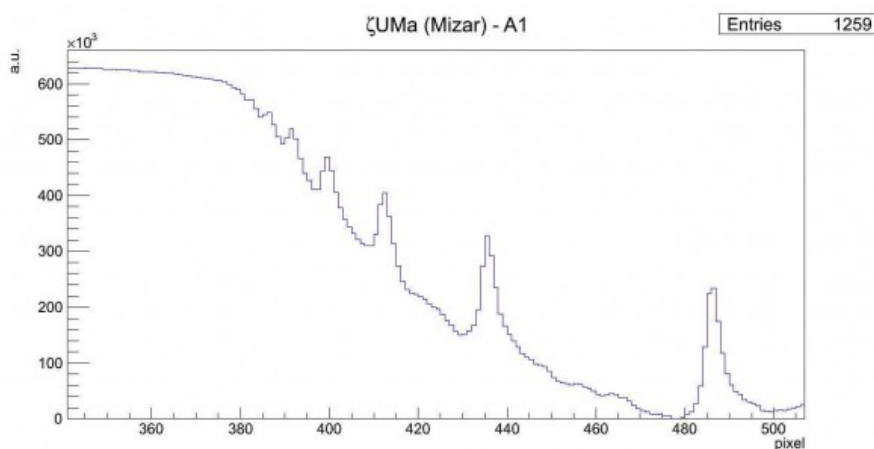
La stella ζ della costellazione dell'Orsa Maggiore è di tipo A1V e si trova a 85.8 A.L. dal Sole. In realtà ζUMa è un sistema binario (Mizar A mag. 2.40, Mizar B 4.0) il primo ad essere stato osservato al telescopio da Giovanni Battista Riccioli nel 1650. Mizar B si trova a 380 UA da Mizar A e vi ruota attorno con un periodo orbitale di circa duemila anni. Mizar A e B sono a loro volta doppie spettroscopia, tutte di classe spettrale A1 con temperatura media pari a 9700 K.

L'immagine in figura rappresenta lo spettro di ζUMa ripresa il giorno 03 maggio 2012 alle ore 22.54 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla H $\alpha$  alla H $\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 12.5568 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato  
(Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:



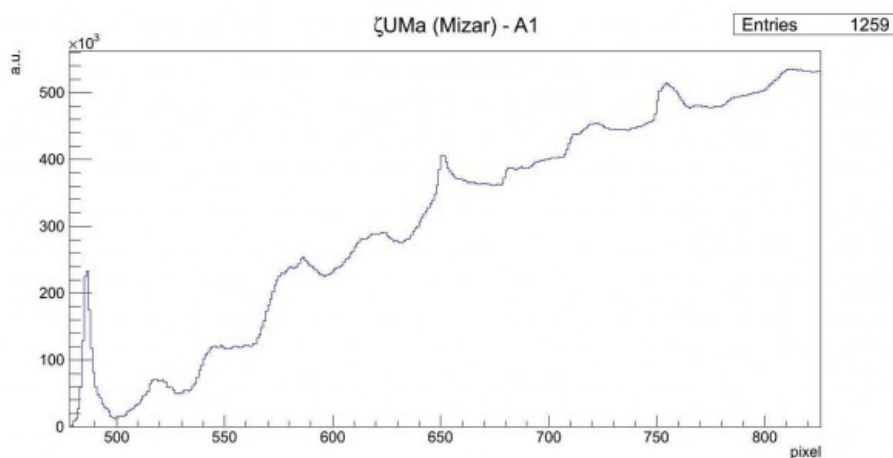
Spettro di  $\zeta$ UMa nella regione compresa tra  
380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 382.1 pixel = 3797.3 Å – linea H10 dell'HI (3797.5 Å)
- 385.7 pixel = 3834.6 Å – linea H $\eta$  dell'HI (3835.0 Å)
- 391.2 pixel = 3891.0 Å – linea H $\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)
- 399.6 pixel = 3976.7 Å – linea H $\epsilon$  dell'HI (3969.7 Å)
- 412.3 pixel = 4107.8 Å – linea H $\delta$  dell'HI (4101.3 Å)

- intorno ai 424 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)
- 435.6 pixel = 4346.5 Å – *linea H $\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)*
- 447.6 pixel = 4469.9 Å – *linea del HeI (4471 Å)*
- 455.4 pixel = 4549.6 Å – *linea del FeII (4550 Å)*
- 463.4 pixel = 4631.0 Å – *linea del FeII (4630 Å)*
- 486.3 pixel = 4866.9 Å – *linea H $\beta$  dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea H $\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm mostrato nella figura sottostante:



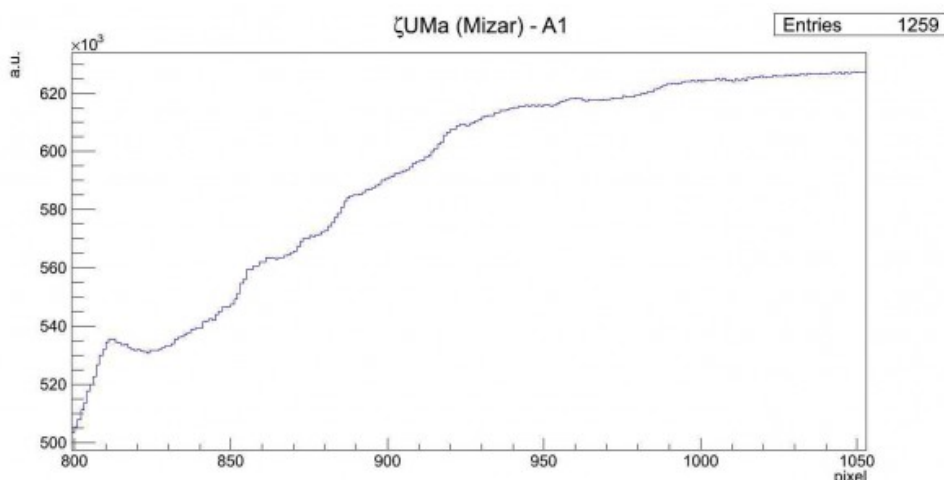
Spettro di  $\zeta$ UMa nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 517.7 pixel = 5188.5 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 520.8 pixel = 5220.5 Å – *linea del FeII (5227.2 Å)*
- 532.2 pixel = 5337.7 Å – *linea da identificare (FeI 5340-5341 Å?)*
- 545.5 pixel = 5473.3 Å – *linea da identificare (NiI 5476.9 Å?)*
- 548.3 pixel = 5502.0 Å – *linea da identificare (FeI 5501.0 Å?)*
- 555.4 pixel = 5574.9 Å – *linea da identificare (OI 5577 Å o OV 5572 – 5598 Å da nebulose, FeI 5572.8 Å?)*
- 560.0 pixel = 5622.8 Å – *linea da identificare (FeI 5624.5 Å?)*

- 577.2 pixel = 5798.3 Å – linea da identificare (CrI 5791 Å?)
- 581.0 pixel = 5838.3 Å – linea da identificare (HgI, banda tellurica 03, ...?)
- 586.5 pixel = 5894.1 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*
- intorno ai 605 e 615 pixel – assorbimento anomalo
- 619.7 pixel = 6234.6 Å – linea da identificare
- 623.5 pixel = 6273.9 Å – linea da identificare
- 652.1 pixel = 6558.2 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
- 682.4 pixel = 6878.2 Å – *banda tellurica 02 (6884 Å)*
- intorno ai 705 pixel – assorbimento anomalo
- 712.7 pixel = 7188.6 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 722.0 pixel = 7283.7 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 754.6 pixel = 7618.1 Å – *banda tellurica 02 (7621 Å)*
- 769.0 pixel = 7766.6 Å – *linea dell'OI (7771 Å)*
- 772.4 pixel = 7801.4 Å – linea da identificare
- 787.4 pixel = 7954.5 Å – linea da identificare
- 790.4 pixel = 7937.6 Å – linea da identificare

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm al vicino infrarosso (1000 nm) mostrato nella figura sottostante:



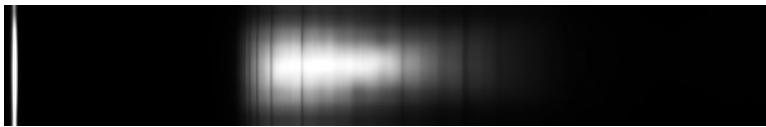
Spettro di ζUMa nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 812.7 pixel = 8214.9 – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- 862.0 pixel = 8719.9 Å – *linea da identificare*
- intorno agli 890 pixel – *assorbimento anomalo*
- da 900 a 1000 pixel – *assorbimento anomalo*
- 868.4 pixel = 8738.4 Å – *linea da identificare (HI linea P12 8748 Å?)*
- 878.6 pixel = 8842.3 Å – *linea da identificare*
- intorno ai 900 pixel – *assorbimento anomalo*
- intorno ai 930 pixel – *assorbimento anomalo*
- 963.1 pixel = 9709 pixel – *linea da identificare*

---

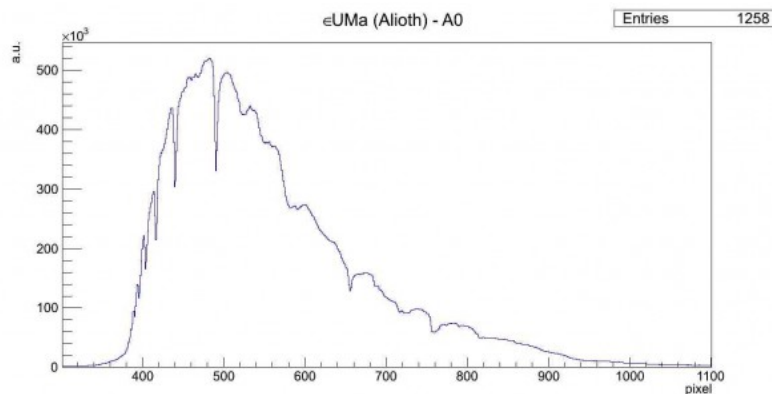
## A0-εUMa (Alioth)



La stella ε della costellazione dell'Orsa Maggiore è di tipo A0Vp e si trova a 81 A.L. dalla nostra stella. La sua massa è 3.0 volte quella del Sole mentre il suo raggio è 4.2 volte. La temperatura effettiva è di 9'340 K e ruota su se stessa ad alta velocità (38 km/s).

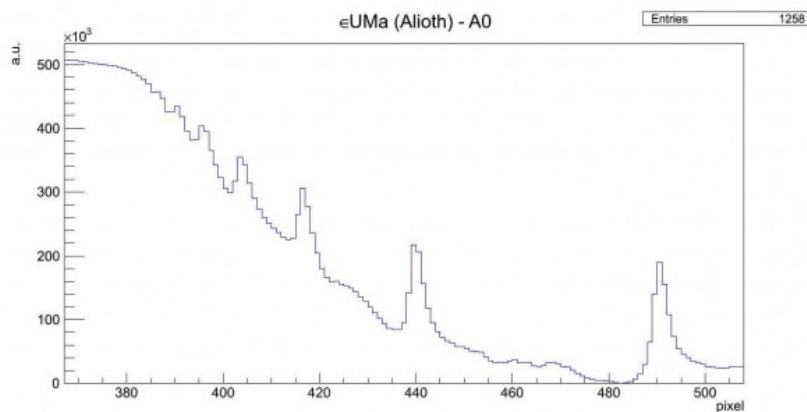
L'immagine in figura rappresenta lo spettro di εUMa ripreso il giorno 03 maggio 2012 alle ore 22.47 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla H $\alpha$  alla H $\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano

è 17.2056 pixel.



Spettro di assorbimento non calibrato  
(Visual Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:



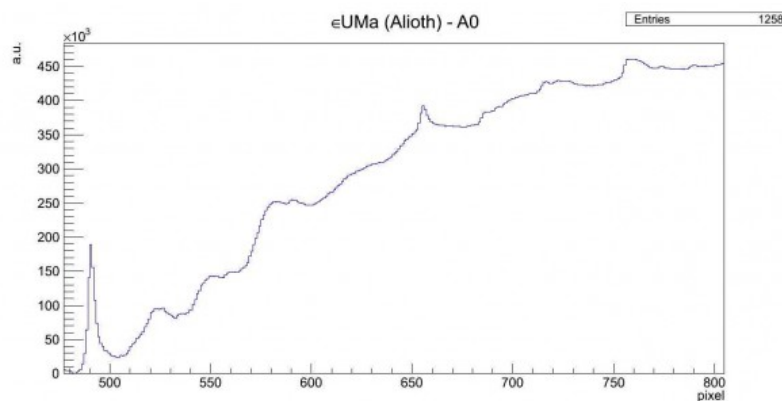
Spettro di  $\epsilon$ UMa nella regione compresa  
tra 380 e 520 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 386.1 pixel = 3790.7 Å – linea H $\epsilon$  dell'HI (3797.5 Å)
- 390.3 pixel = 3834.2 Å – linea H $\zeta$  dell'HI (3835.0 Å)
- 395.4 pixel = 3886.0 Å – linea H $\eta$  dell'HI (3888.6 Å)
- 403.9 pixel = 3973.4 Å – linea H $\theta$  dell'HI (3969.7 Å)

- 416.5 pixel = 4102.7 Å – *linea H $\delta$  dell'HI (4101.3 Å)*
- intorno ai 427 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227 Å?)
- 440.0 pixel = 4344.1 Å – *linea H $\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)*
- intorno ai 453 pixel – assorbimento anomalo (HeI 4471 Å?)
- 460.1 pixel = 4549.5 Å – *linea del FeII (4550 Å)*
- 468.2 pixel = 4632.8 Å – *linea del FeII (4630 Å)*
- 490.8 pixel = 4864.5 Å – *linea H $\beta$  dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea H $\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\epsilon$ UMa nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

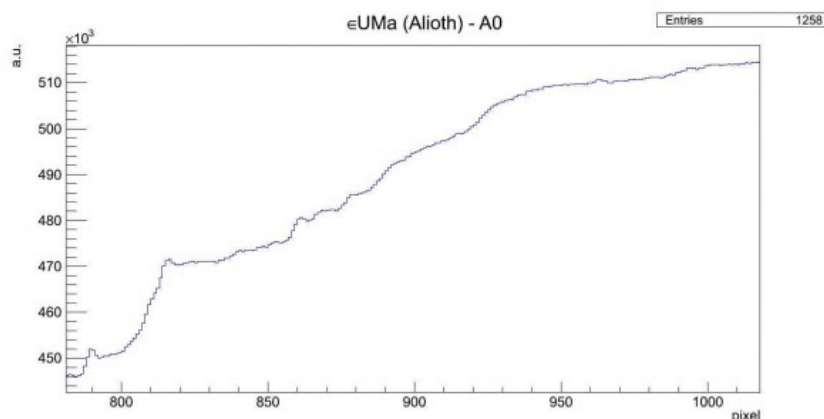
Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 523.3 pixel = 5198.1 Å – *linea del FeII (5197.6 Å)*
- 526.1 pixel = 5227.0 Å – *linea del FeII (5227.2 Å)*
- 536.1 pixel = 5329.3 Å – *linea del FeII (5316.6 Å)*
- 550.6 pixel = 5478.1 Å – *linea da identificare (NiI 5476.9 Å?)*
- 552.9 pixel = 5502.2 Å – *linea da identificare (FeI 5501.0 Å?)*
- 559.9 pixel = 5573.8 Å – *linea da identificare (OI 5577 Å o OV 5572 – 5598 Å da nebulose, FeI 5572.8 Å?)*
- 582.9 pixel = 5809.8 Å – *linea da identificare (HgI, banda tellurica 03, ...?)*
- 590.7 pixel = 5890.1 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*

Å)

- 595.2 pixel = 5936.3 Å – linea da identificare (NII 5932-5942 Å?)
- intorno ai 625 pixel – assorbimento anomalo
- 656.1 pixel = 6560.1 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
- 687.4 pixel = 6881.7 Å – banda tellurica O2 (6884 Å)
- intorno ai 705 pixel – assorbimento anomalo
- 717.1 pixel = 7186.0 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 724.5 pixel = 7262.5 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 759.2 pixel = 7617.7 Å – *banda tellurica O2 (7621 Å)*
- 773.6 pixel = 7765.7 Å – *linea dell'OI (7771 Å)*
- 790.4 pixel = 7937.6 Å – linea da identificare

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm al vicino infrarosso (1000 nm) mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\epsilon$ UMa nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 816.6 pixel = 8206.5 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- tra i 820 ed i 840 pixel – struttura di assorbimento complessa
- 848.1 pixel = 8530.2 Å – *linea del CaII (8542 Å)*
- 852.5 pixel = 8575.4 Å – linea da identificare

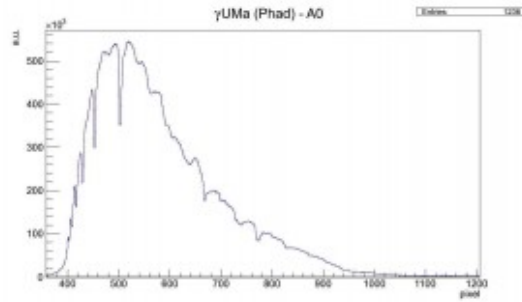


- 861.7 pixel = 8669.9 Å – *linea del CaII (8662 Å)*
- 868.4 pixel = 8738.4 Å – *linea da identificare (HI linea P12 8748 Å?)*
- 878.6 pixel = 8842.3 Å – *linea da identificare*
- intorno ai 900 pixel – *assorbimento anomalo*
- intorno ai 930 pixel – *assorbimento anomalo*
- 963.1 pixel = 9709 pixel – *linea da identificare*

## A0-γUMa (Phad)

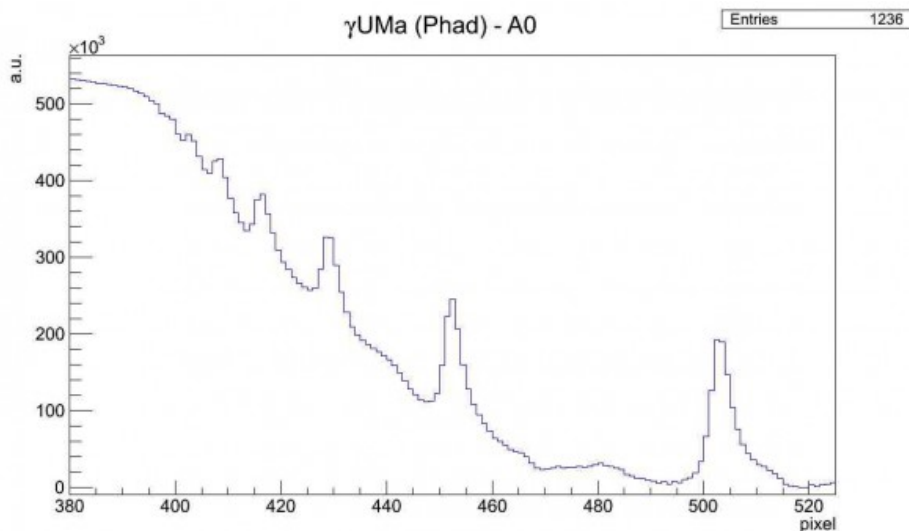


La stella  $\gamma$  della costellazione dell'Orsa Maggiore è di tipo A0Ve e si trova a 83.2 A.L. dalla nostra stella. La sua massa è 2.6 volte quella del Sole mentre il suo raggio è praticamente il triplo. La temperatura effettiva è di 9'355 K e ruota su se stessa ad alta velocità (178 km/s). L'immagine in figura rappresenta lo spettro di  $\gamma$ UMa ripresa il giorno 03 maggio 2012 alle ore 22.36 (TMEC) da Briosco (MB) con un telescopio Newton SkyWatcher 200mm f/4 + reticolo di diffrazione StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m. Una prima analisi dello spettro di assorbimento mostra in modo marcato la presenza della serie di Balmer ed in particolare le linee dalla H $\alpha$  alla H $\eta$ . Di seguito è riportato l'istogramma della regione di interesse. L'offset ottenuto tramite fit gaussiano è 29.7741 pixel.



Spettro di assorbimento  
non calibrato (Visual  
Spec)

A questo punto si è proceduto alla realizzazione dello spettro MAX-assorbimento al fine di semplificare le future operazioni di fit. Prendiamo in particolare in considerazione la regione dello spettro tra la linea H $\beta$  ed il vicino UV (circa 400 nm) mostrata nella figura sottostante:



Spettro di  $\gamma$ UMa nella regione compresa tra  
380 e 520 pixel

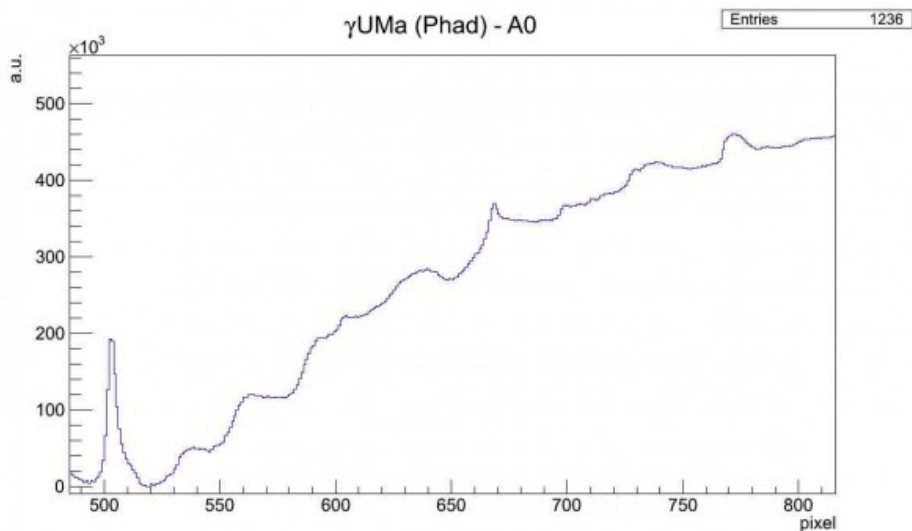
Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 402.3 pixel = 3828.1 Å – linea H $\eta$  dell'HI (3835.0 Å)
- 408.0 pixel = 3886.2 Å – linea H $\zeta$  dell'HI (3888.6 Å)
- 416.1 pixel = 3969.4 Å – linea H $\epsilon$  dell'HI (3969.7 Å)
- 428.9 pixel = 4101.5 Å – linea H $\delta$  dell'HI (4101.3 Å)
- intorno ai 440 pixel – assorbimento anomalo (CaI 4227)

Å?)

- 452.5 pixel = 4343.2 Å – *linea H $\gamma$  dell'HI (4340.0 Å)*
- intorno ai 465 pixel – possibile picco (HeI 4471 Å o MgI 4481 Å?)
- 479.2 pixel = 4617.5 Å – *linea del FeII (4630 Å)*
- 503.4 pixel = 4865.0 Å – *linea H $\beta$  dell'HI (4860.8 Å)*

Consideriamo ora la seconda parte dello spettro dalla linea H $\beta$  dell'Idrogeno a 800 nm, mostrato nella figura sottostante:



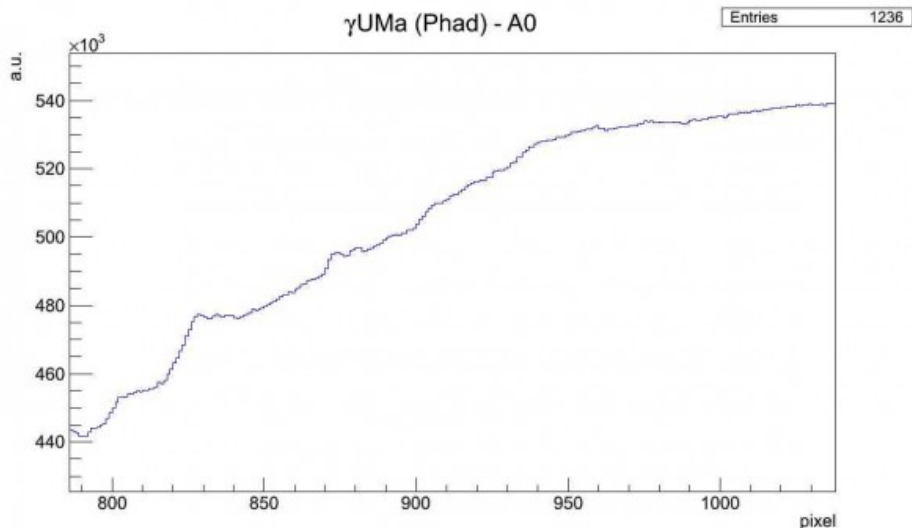
Spettro di  $\gamma$ UMa nella regione compresa tra 500 e 800 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- 539.4 pixel = 5234.3 Å – *linea del FeI (5235 Å)*
- 564.8 pixel = 5494.9 Å – *linea da identificare (FeI 5497 Å?)*
- 593.9 pixel = 5793.2 Å – *linea da identificare (HgI, banda tellurica 03, ...?)*
- 604.7 pixel = 5903.8 Å – *linea dell'NaI (5890 Å – 5896 Å)*
- intorno ai 625 pixel – *assorbimento anomalo*
- 639.9 pixel = 6265.3 Å – *banda tellurica 02 (6278 Å)*
- 669.0 pixel = 6563.8 Å – *linea H $\alpha$  dell'HI (6562.1 Å)*
- 699.9 pixel = 6880.8 Å – *banda tellurica 02 (6884 Å)*
- 706.0 pixel = 6943.2 Å – *linea da identificare (banda tellurica H $_2$ O?)*

- 711.3 pixel = 6997.3 Å – linea da identificare (banda tellurica H2O?)
- 718.6 pixel = 7073.0 Å – linea da identificare (banda tellurica H2O?)
- 729.8 pixel = 7187.1 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 738.9 pixel = 7281.3 Å – *banda tellurica H2O (7160 – 7400 Å)*
- 773.3 pixel = 7633.3 Å – *banda tellurica O2 (7621 Å)*
- 786.8 pixel = 7772.2 Å – *linea dell'OI (7771 Å)*

Consideriamo infine la terza parte dello spettro da 800 nm al vicino infrarosso (1000 nm) mostrato nella figura sottostante:



Spettro di  $\gamma$ UMa nella regione compresa tra 500 e 1000 pixel

Effettuando un fit gaussiano sui picchi otteniamo:

- intorno ai 805 pixel – assorbimento anomalo
- 829.6 pixel = 8211.0 Å – *linea limite di Paschen dell'HI (8204 Å)*
- 834.7 pixel = 8263.1 Å – linea da identificare
- 838.2 pixel = 8302.2 Å – linea da identificare
- 874.4 pixel = 8670.6 Å – linea da identificare (CaII 8662 Å?)
- 881.0 pixel = 8738.4 Å – linea da identificare (HI linea

P12 8748 Å?)

- intorno ai 920 pixel – assorbimento anomalo
  - intorno ai 950 pixel – assorbimento anomalo
- 

# Calibrazione di uno spettro acquisito con reticolo di diffrazione

Il processo di calibrazione di uno spettro elettromagnetico è il primo passo per riuscire a dare una descrizione quantitativa di quanto acquisito per esempio con un reticolo di diffrazione come lo StarAnalyser 100. Per fare questo si è deciso di acquisire lo spettro di 9 stelle differenti di classe A. La scelta di questa classe spettrale deriva dal fatto che a quella temperatura sono ben visibili le linee della serie di Balmer dell'Idrogeno neutro HI, in grado con la banda tellurica dell'Ossigeno O<sub>2</sub> a 7620 Å, di coprire l'intero spettro del visibile.

A questo punto la procedura seguita è la seguente:

- acquisizione dello spettro elettromagnetico della stella (file AVI) modificando tempi di esposizione e messa a fuoco al fine di ridurre eventuali errori sistematici;
- elaborazione del filmato AVI con Registax 6 al fine di ottenere l'immagine somma (file TIFF)
- rotazione dello spettro in modo da portarlo in posizione orizzontale. Selezione dello stesso ed espansione dell'immagine a 200 pixel di altezza;
- conversione del file TIFF in file PIC con IRIS;
- importazione del file PIC in Visual Spec, creazione dell'istogramma luminosità vs pixel in formato DAT;

- elaborazione di quest'ultimo con il software di analisi ROOT.

Per avere maggiori informazioni sui singoli passi riportati qui sopra fate riferimento agli altri post dedicati su ASTROtrezzi.

Obiettivo della calibrazione è trovare la relazione tra pixel e lunghezza d'onda  $\lambda$  della radiazione elettromagnetica. Fortunatamente per i reticoli di diffrazione questa relazione è in prima approssimazione di tipo lineare. Lunghezza d'onda zero corrisponde all'immagine dell'ordine zero della sorgente, ovvero nel nostro caso la stella in esame.

Quindi l'ideale sarebbe avere nel sistema di coordinate luminosità vs pixel come lunghezza d'onda zero il valore di pixel zero che in termini pratici si traduce nel porre la stella nell'origine del sistema di coordinate. Visual Spec purtroppo misura la distanza in pixel partendo dal lato sinistro dell'immagine che importiamo. Dato che la stella non è mai sul bordo, allora questa assumerà una posizione in pixel diversa da zero (offset). Per risolvere questo problema abbiamo fittato con una distribuzione gaussiana il picco di luminosità corrispondente all'immagine della stella in esame e shiftato lo spettro del valore medio di tale distribuzione (che dovrebbe coincidere con la posizione del centro della stella misurato in pixel). Dato che ogni stella in esame si troverà rispetto al lato sinistro dell'immagine acquisita ad una distanza diversa allora anche il relativo offset sarà differente. Di seguito riportiamo i valori degli offset per il campione di stelle utilizzato:

- 80 UMa (A5): 16.4 pixel
- $\epsilon$  UMa (A0): 17.2 pixel
- $\alpha$  Gem (A2): 19.4 pixel
- $\beta$  Leo (A3): 24.3 pixel
- $\delta$  UMa (A3): 17.9 pixel
- $\beta$  UMa (A1): 21.9 pixel

- $\zeta$  UMa (A0): 12.6 pixel
- $\gamma$  UMa (A0): 29.8 pixel
- $\delta$  Leo (A3): 19.6 pixel

A questo punto tutti gli spettri hanno lo stesso offset e se volete potete sovrapporli. Da una rapida occhiata noterete che tutti i picchi della serie di Balmer stanno praticamente nella stessa posizione. Questo non è del tutto vero in quanto potrebbero esserci degli errori. Per prenderli correttamente in considerazione abbiamo pertanto determinato la posizione in pixel dei picchi  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$ ,  $H\delta$ ,  $H\epsilon$ ,  $H\zeta$ ,  $H\eta$  ed O2(7620 Å) per ogni stella in esame. I valori ottenuti nei singoli set di dati ed il valore medio con relativa incertezza statistica sono riportati in tabella:

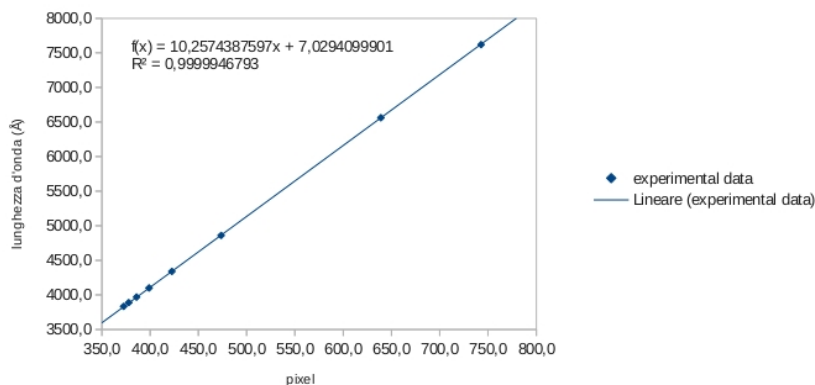
Linee	$\theta$ UMa	$\epsilon$ UMa	$\alpha$ Gem	$\beta$ Leo	$\delta$ UMa	$\beta$ UMa	$\zeta$ UMa	$\gamma$ UMa	$\delta$ Leo	Media	Varianza
$H\eta$	372,7	373,1	XX	372,3	372,2	372,3	373,6	372,5	371,8	<b>372,6</b>	<b>0,6</b>
$H\zeta$	377,9	378,1	XX	377,3	377,6	377,8	378,7	378,2	377,3	<b>377,9</b>	<b>0,5</b>
$H\epsilon$	386,2	386,7	384,9	385,9	385,6	385,9	387,0	386,3	385,6	<b>386,0</b>	<b>0,6</b>
$H\delta$	399,1	399,3	397,6	399,0	398,6	398,9	399,7	399,2	398,6	<b>398,9</b>	<b>0,6</b>
$H\gamma$	422,6	423,0	421,4	422,5	422,2	422,4	423,3	422,7	422,4	<b>422,5</b>	<b>0,5</b>
$H\beta$	473,8	473,7	472,8	474,0	473,3	473,4	473,8	473,6	473,5	<b>473,5</b>	<b>0,4</b>
$H\alpha$	638,9	638,8	639,0	639,7	638,7	638,9	639,5	639,2	639,0	<b>639,1</b>	<b>0,3</b>
telluric O2	742,4	742,8	742,3	742,7	742,1	743,4	742,9	743,5	742,9	<b>742,8</b>	<b>0,5</b>

Valore in pixel dei vari picchi di assorbimento ottenuti per mezzo di un fit gaussiano.

Ora non ci resta che riportare in un grafico il valore teorico delle lunghezze d'onda per la serie di Balmer (calcolabili analiticamente) e per la banda tellurica O2 approssimata ad un picco a  $\lambda = 7620 \text{ \AA}$ , in funzione del rispettivo valore misurato in pixel.

Un fit lineare del tipo  $y = mx$  permetterà di ottenere il valore sperimentale di  $m$  (dispersione del reticolo). Questo purtroppo non ha fornito risultati soddisfacenti portando ad errori sulla determinazione delle lunghezze d'onda spesso superiori a  $30 \text{ \AA}$ . Si è quindi proceduto effettuando fit con polinomi di ordine sempre maggiore ottenendo al sesto grado un errore inferiore ai  $10 \text{ \AA}$ . Questo ha il vantaggio di permettere misure precise di lunghezze d'onda, ma essendo un polinomio la relazione tra lunghezza d'onda e pixel perdeva di significato fisico per  $\lambda > 800 \text{ nm}$ .

Dato che gli spettri acquisiti mostrano strutture anche per  $\lambda > 800$  nm allora abbiamo abbandonato questa strada. Il risultato finale mostrato in figura è stato invece ottenuto utilizzando come curva di fit  $y = mx + q$ .



### Determinazione della curva di calibrazione (fit lineare)

Il valore di  $q$  non nullo (comunque inferiore alla risoluzione dello strumento utilizzato) è da ricercarsi probabilmente in un offset intrinseco legato all'errore nella determinazione del centro della stella.

La curva di calibrazione che utilizzeremo per l'analisi degli spettri eseguiti con la strumentazione Newton SkyWather Wide Photo 200 mm f/4 + StarAnalyser 100 + camera Magzero MZ-5m è la seguente:

$$\text{lunghezza d'onda} = 10.2574387597 * \text{canale} + 7.0294099901$$

Il massimo spread ottenuto tra i dati misurati e quelli teorici utilizzando questa curva di calibrazione è pari a 15.5 Å e sarà utilizzato come errore sulla misure effettuate. Un veloce test effettuato sulla stella  $\alpha$ CMa ripresa con la medesima strumentazione mesi prima delle misure effettuate per la calibrazione mostra un accordo per la serie di Balmer e banda 02(7620 Å) con un errore inferiore ai 13.5 Å.