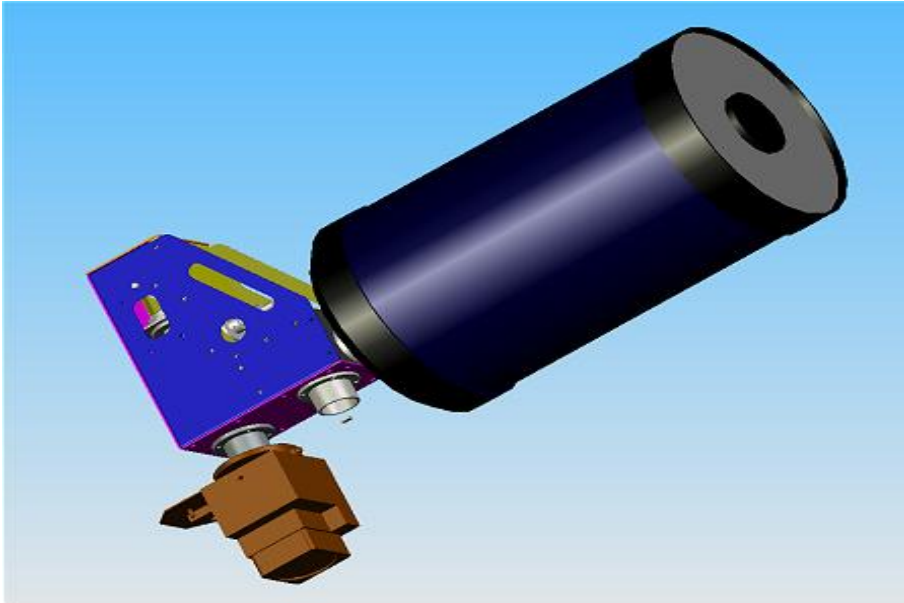


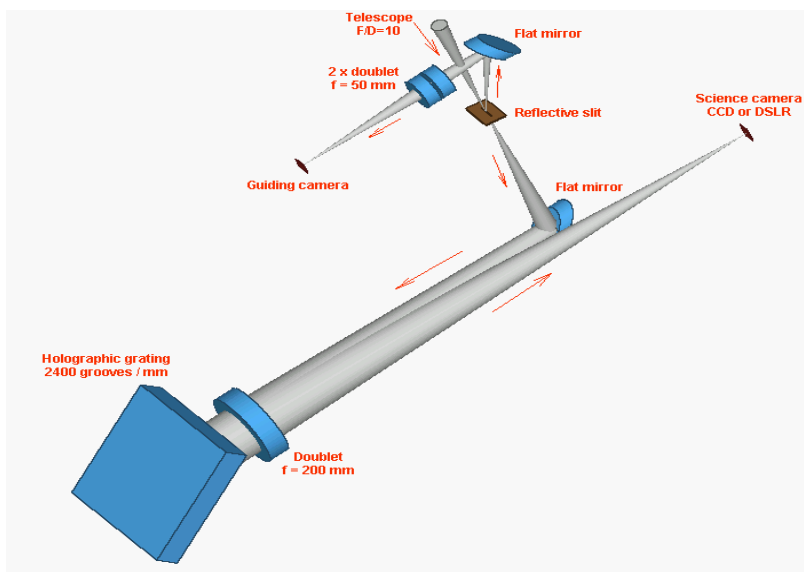
IL LAYRES III[^]

Lo spettroscopio dell'Osservatorio Astronomico Monte Baldo "A.Gelodi"



L'osservatorio del Monte Baldo dispone di uno spettroscopio "Lhires III" della francese Shelyak. Montato in cupola su di un Meade da 250 mm. viene utilizzato sia per la ricerca sia per la didattica.

Il Lhires III è uno spettroscopio scientifico che può raggiungere una risoluzione di 0.1 Angstrom per pixel (con pixel da 9 micron), adatto, grazie alla sua estrema versatilità, all'osservazione e alla fotografia per attività di ricerca in ambito didattico e professionale. Il segreto della sua semplicità e versatilità sta nello schema utilizzato (Littrow in auto collimazione a doppio passaggio) che permette di diminuire le dimensioni e il numero di componenti utilizzati.



Disegno ottico dello spettroscopio. Lo la luce entra attraverso la fenditura, viene riflessa e collimata attraverso una lente di collimazione, arriva poi sul reticolo di diffrazione che riflette con angoli diversi le varie lunghezze d'onda, attraversa una lente di messa a fuoco ed arriva infine al CCD.

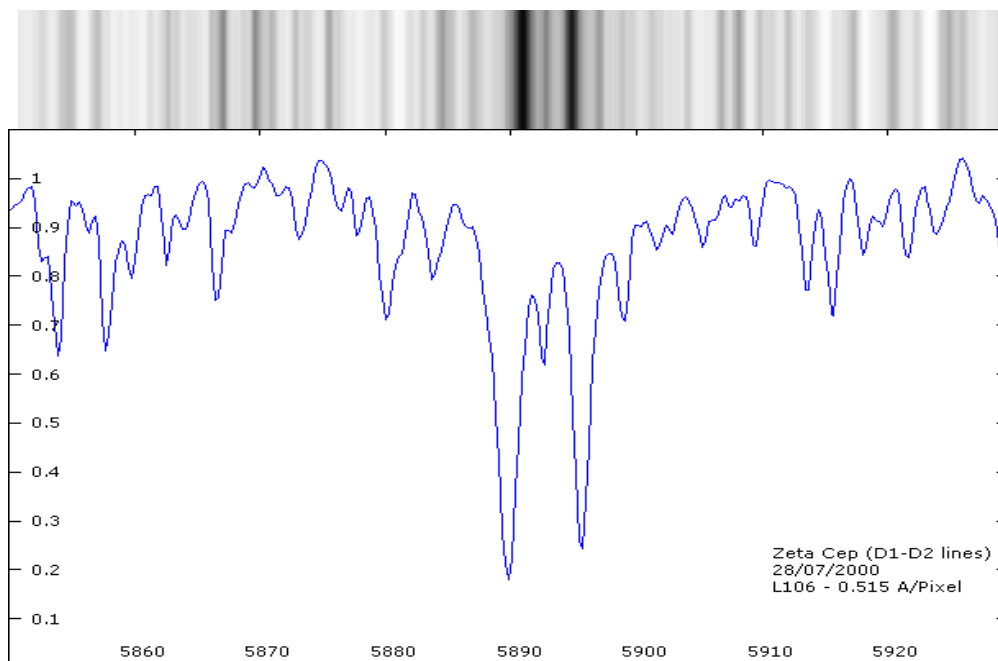
Nel Lhires III il reticolo è facilmente sostituibile, in modo da poter adattare la risoluzione al tipo di oggetto (Sole, stelle, nebulose planetarie, galassie, comete, ecc).

Il sistema può essere collegato a qualsiasi tipo di telescopio, sia esso rifrattore, Newton, SCT o altro, e può accettare come sistemi di ripresa sia CCD che fotocamere reflex.

Reticoli di diffrazione e fenditure disponibili:

- 2400 l/mm: utilissimo per lavori in alta risoluzione;
- 1200 l/mm : valido per spettroscopia di oggetti deboli e stelle novae
- 600 l/mm: una soluzione intermedia per riprendere oggetti del cielo profondo con ragionevole risoluzione;
- 300 l/mm: ideale per classificazione stellare ed ottimo per uso didattico;
- Sono disponibili fenditure con passi da 15, 19, 26 e 29 micron da scegliere a seconda dell'uso.

Le pareti della fenditura sono costituite da piani ottici di precisione e consentono da un lato di posizionare con accuratezza l'oggetto da riprendere e dall'altro di utilizzare i bordi specchiati della fenditura come ottica di guida fuori asse, permettendo così di guidare direttamente sull'oggetto. Il risultato è uno strumento di altissima qualità, senza compromessi, predisposto per la spettroscopia visuale o fotografica di moltissimi oggetti celesti grazie all'intercambiabilità dei reticoli e delle fenditure.



Risoluzione di prova della versione a $R = 5500$ (dispersione di $0,515 \text{ \AA} / \text{pixel}$) su una piccola porzione dello spettro della stella Zeta Cepheus (tipo spettrale K1). le lunghezze d'onda del doppietto del Sodio (D1-D2) sono a $5889,97$ e $5895,94 \text{ \AA}$.

Caratteristiche tecniche dello strumento:

- Schema Littrow;
- rapporto R riferito alla lunghezza d'onda di 6562.8 \AA : 17000;
- dispersione per pixel: 0.012 nm pari a 0.1 \AA (con pixel $9 \mu\text{m}$);
- ottimizzato per strumenti a $f/10$;

- fenditura con pareti specchiate per guida fuori asse;
- lampade interne disponibili per calibrazione al Neon e all'Argon;
- lampada interna per il Flat;
- peso circa 1700g
- dimensioni 250 x 200 x 85 mm.

I principali utilizzi:

- Spettroscopia del Sole;
- spettro eliografia (ripresa del Sole in varie lunghezze d'onda con la tecnica dello scanning);
- spettroscopia di Stelle e Novae fino alla undicesima magnitudine (a seconda del diametro del telescopio);
- spettroscopia di nebulose;
- spettroscopia di galassie;
- spettroscopia di comete;
- stelle binarie spettroscopiche;
- effetti doppler come la rotazione di pianeti, velocità radiale delle stelle, ecc.

L'utilità della fenditura

Nel campo amatoriale esistono spettroscopi senza fenditura, come quello realizzato da Fulvio Mete (www.lightfrominfinity.org).

Per la ripresa solare, e sino ad un certo punto per quella stellare, questi strumenti funzionano perfettamente (nel caso di stelle la risoluzione spettrale dipende dal seeing), ma hanno dei problemi nel momento in cui si vuol riprendere una sorgente diffusa. Gli spettroscopi con la fenditura invece permettendo di ritagliare una fettina della nebulosa, o della galassia, ed il reticolo di diffrazione crea una serie di linee verticali che non sono altro che altrettante immagini della stessa fenditura disperse sulle varie lunghezze d'onda. Lo spettro di una nebulosa è quindi una banda di altezza pari alla dimensione della fenditura, e la sua risoluzione è pari alla larghezza di questa.

Calibrazione in lunghezza d'onda

Al momento della lettura del CCD il software legge automaticamente una serie di valori digitalizzati corrispondenti ai pixel del detector, perciò, non appena acquisiti, i dati spettrali sono già in forma di intensità lungo l'asse y e di valore lungo l'asse X di dispersione del reticolo. Comunque è certamente più utile convertire i valori di dispersione in una unità di misura più significativa e ciò diventa assolutamente indispensabile per procedere al riconoscimento delle righe spettrali dei vari elementi.

La calibrazione in lunghezza d'onda è ottenuta determinando la relazione fra i pixel e la vera lunghezza d'onda ed è espressa da un polinomio di terzo grado:

$$lp = l + C1p + C2p^2 + C3p^3$$

Fortunatamente i software per spettroscopia assolvono automaticamente a questa funzione, semplicemente con l'identificazione di alcune righe spettrali su spettri di lampade di riferimento.

Il metodo è quello di riprendere una stella di tipo spettrale "A" per la calibrazione, nelle vicinanze dell'oggetto da calibrare (qualche grado) subito prima o dopo l'oggetto stesso.

Perché una stella di classe “A”? Perché esse mostrano evidenti righe in assorbimento dovute alla serie di Balmer dell'idrogeno ($H\eta$ 3835, $H\zeta$ 3889, $H\epsilon$ 3970, $H\delta$ 4101, $H\gamma$ 4340, $H\beta$ 4861, $H\alpha$ 6563); difficile sbagliarsi, le righe dell'idrogeno sono prominenti rispetto a tutte le altre.

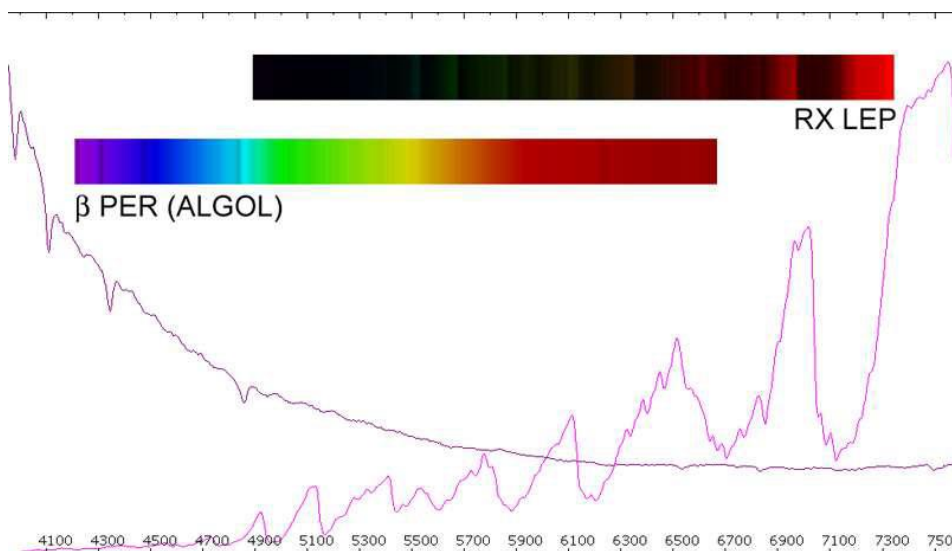
Utilizzando poi la lampada di calibrazione Ne/Ar (presente all'interno dello spettroscopio) si ottengono i valori dell'equazione da utilizzare nella calibrazione dell'oggetto.

Calibrazione della risposta strumentale

L'intensità del continuo di una stella, alle varie lunghezze d'onda, dipende dalla sua temperatura.

Una stella molto calda, ad esempio una “O”, emetterà soprattutto nel violetto, mentre una stella fredda, come una “M”, avrà il suo picco di emissione nell'infrarosso.

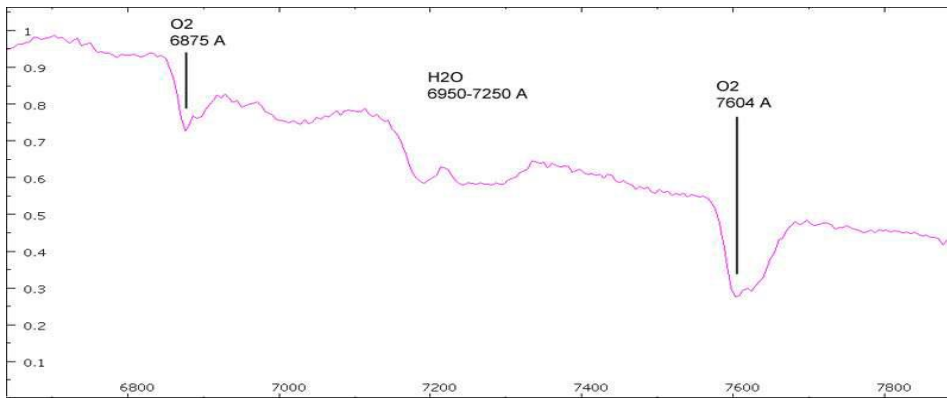
Vedi sotto:



L'intensità relativa di flusso alle varie frequenze permette quindi di stabilire la temperatura superficiale della stella che segue quello che in fisica viene chiamata “radiazione di corpo nero”.

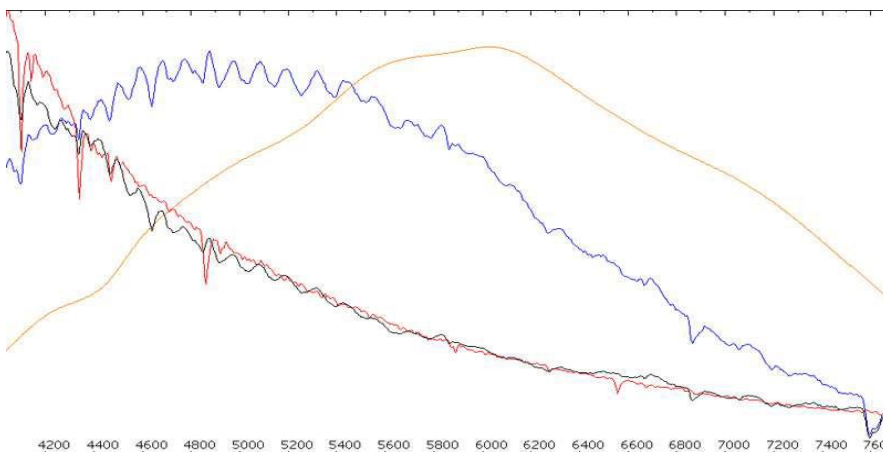
Il problema è che il sistema atmosfera-ottica-spettroscopio-ccd, purtroppo, non ha una risposta spettrale lineare.

In prima approssimazione: nella finestra del visibile, quello che più conta è la risposta del CCD, e mentre nel blu e ancor più nell'ultravioletto l'atmosfera (o meglio polveri e pollini) assorbono notevolmente (specie se si lavora a quote basse), nel rosso e, ancor meglio nell'infrarosso, si manifestano gli assorbimenti dell'O₂ e dell'H₂O.



Una buona parte di questi problemi possono venir risolti dividendo lo spettro della stella di calibrazione con uno già calibrato del medesimo oggetto (i programmi di spettroscopia hanno una libreria con molti spettri di stelle visibili dal nostro emisfero).

Nell'immagine sotto si può vedere nel profilo arancione la risposta strumentale calcolata utilizzando lo spettro della stella Epsilon Orionis, classe B0Ia, tratto dalla libreria del programma di calibrazione;



si può notare come il profilo non calibrato della stella (in blu) e quello dopo la calibrazione (in nero) siano totalmente diversi; questo perché una stella di tipo "B" emette per la maggior parte nella zona blu-violetta dello spettro, mentre lo spettroscopio ha la massima efficienza nel rosso.

Campi di impiego

Lo spettroscopio Lhires III, avendo la fenditura dà modo di lavorare con oggetti diffusi e di mantenere basso il disturbo luminoso causato dal fondo cielo. Una calibrazione attenta in lunghezza d'onda, permette la misura delle righe spettrali di oggetti con precisione uguale o migliore di 1 Å.

Tutto ciò fa del Lhires III uno strumento estremamente versatile, adatto allo studio delle stelle, delle variabili cataclismiche, nove, nebulose e galassie. La grandissima sensibilità del sistema allarga il campo d'indagine sino alle galassie attive e ai quasar, usando tempi di posa accettabili anche per magnitudini piuttosto basse.