

SPETTROSCOPIA CON UN RETICOLO DI DIFFRAZIONE: LE LINEE TELLURICHE

D. TREZZI

(davide@astrotrezzi.it)

08/04/2013

In questo articolo sono riportate le misure di lunghezza d'onda delle linee telluriche (più correttamente *bande telluriche*) effettuate su quattro stelle di tipo B (ϵOri , γOri , ζTau e βOri). In particolare vengono considerate le linee relative all'assorbimento dell'Ossigeno (bande A e B) e delle molecole d'acqua presenti nell'atmosfera terrestre. Ricordiamo infine che la banda A dell'Ossigeno è utilizzata per il processo di seconda calibrazione degli spettri stellari in quanto le misure non sono generalmente soggette a spostamenti Doppler. In caso contrario tale linea dovrà essere esclusa dal processo di seconda calibrazione.

INTRODUZIONE

Tra le numerose linee di assorbimento che caratterizzano gli spettri stellari ve ne sono alcune di origine terrestre note come linee telluriche. Queste sono generate dall'assorbimento della radiazione luminosa ad opera delle molecole che costituiscono l'atmosfera del nostro pianeta. Gli assorbimenti molecolari risultano però diversi da quelli atomici e quelle che, data la risoluzione dello spettrometro, possono sembrare linee in realtà sono delle vere e proprie bande di assorbimento. Tra tutte le molecole che costituiscono l'atmosfera terrestre solo alcune sono caratterizzate dall'essere in grado di assorbire la luce nel range di lunghezze d'onda accessibili ad un sensore a semiconduttore (350 – 1100 nm). Tra queste ricordiamo quelle che forniscono le bande di assorbimento più intense e quindi visibili con un reticolo di diffrazione del tipo Star Analyser 100: l'Ossigeno (molecolare) e l'acqua.

Le bande di assorbimento principali dell'Ossigeno sono quelle che vengono classificate come A e B rispettivamente a 7605 e 6870 Å. La prima viene utilizzata come linea di seconda calibrazione mentre la seconda è stata analizzata dettagliatamente in [1].

Anche l'acqua presenta due bande di assorbimento principali (7186 e 8185 Å), anche se più ampie di quelle dell'Ossigeno. Infatti se per l'Ossigeno aveva ancora un senso parlare di lunghezza d'onda di banda, per l'acqua tale definizione risulta piuttosto approssimativa. Esistono infine bande telluriche anche a lunghezze d'onda superiori ai 800 nm [1], ma in questa regione l'efficienza quantica del sensore cade sensibilmente e la possibilità di osservare tali bande diviene praticamente nulla.

ACQUISIZIONE DEGLI SPETTRI DI ASSORBIMENTO

Gli spettri di assorbimento sono stati ottenuti grazie all'ausilio di un reticolo di diffrazione modello Star Analyser 100 montato su un telescopio riflettore Newton 200mm f/4 dotato di camera Magzero MZ-5m. Le misure per le stelle ϵOri , γOri , ζTau e βOri sono state effettuate presso Briosco (MB, Italia) il giorno 19/12/2012. Gli spettri sono stati successivamente calibrati come descritto in [1],[2] e [3].

Da una prima indagine della regione 600 – 800 nm mostrata in figura 1, è stato possibile osservare le linee O2(6870), O2(7605) e la banda H2O(7186). I valori delle lunghezze d'onda del massimo ottenuti a partire da un fit gaussiano degli spettri per tre delle quattro stelle analizzate sono riportati in tabella 1.

Analizzando invece la regione compresa tra 700 e 900 nm possibile scorgere con difficoltà la banda di assorbimento H2O(8185). Questa presenta una vera e propria struttura a banda priva di un picco particolarmente intenso. Anche se con difficoltà questa banda è stata fittata con una gaussiana al fine di trovare la lunghezza d'onda relativa al massimo assorbimento. Il valore così ottenuto per solo una delle quattro stelle analizzate è riportato in tabella 1. Sempre in tabella sono riportate le misure relative al picco O2(7605) ed al picco O2(6870) presenti in tutti gli spettri stellari studiati.

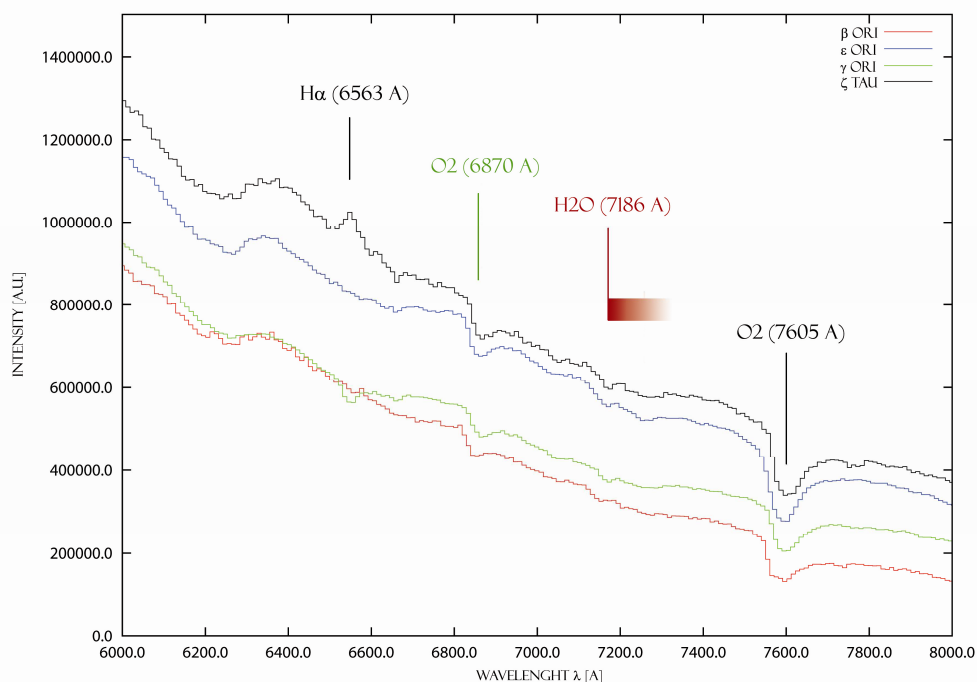


Fig 1: spettro di assorbimento per le quattro stelle di tipo B prese in esame. La banda di assorbimento O2(6870 Å) analizzata in [1] è visualizzata in verde. Le linee Hα e la banda O2(7605 Å) utilizzata per la calibrazione degli spettri è visualizzata in nero. Infine la banda H2O(7186 Å) è visualizzata in rosso.

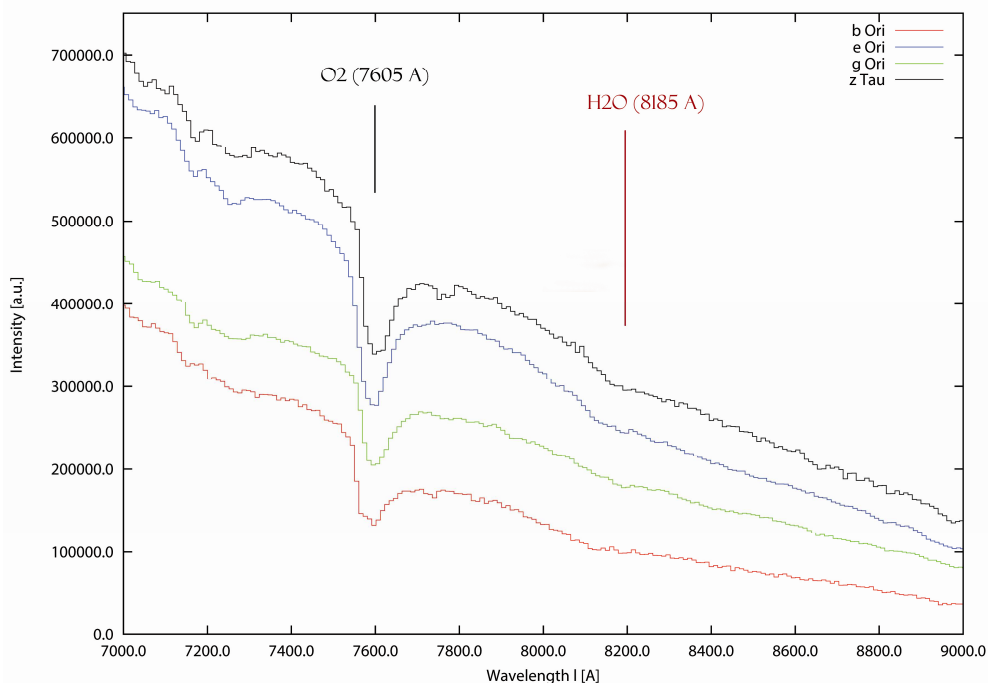


Fig 2: spettro di assorbimento per le quattro stelle di tipo B prese in esame. La banda di assorbimento O2(7605 Å) utilizzata per la calibrazione degli spettri è visualizzata in nero. La banda H2O(8185 Å) è invece visualizzata in rosso. Seppur visibile in ogni spettro, solo in uno dei quattro è stato possibile effettuare un fit gaussiano.

Stella	O2(6870)	H2O(7186)	O2(7605)	H2O(8185)
ϵOri	6869	7178	7604	non pervenuta
γOri	6875	7181	7604	8197
ζTau	6878	7185	7604	non pervenuta
βOri	6865	non pervenuta	7605	non pervenuta

Tab. 1: lunghezze d'onda delle linee telluriche osservate negli spettri delle stelle di tipo B ϵOri , γOri , ζTau e βOri . Con l'etichetta "non pervenuta" si intende l'incapacità di effettuare un fit gaussiano della regione di interesse privo di un vero e proprio massimo evidente.

ANALISI DATI

Effettuando una media aritmetica delle misure riportate in tabella 1 otteniamo:

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_{O2(6870)} &= 6872 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{sis} \pm 6 \text{ \AA}_{stat} \\ \bar{\lambda}_{H2O(7186)} &= 7181 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{sis} \pm 3 \text{ \AA}_{stat} \\ \bar{\lambda}_{O2(7605)} &= 7604 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{sis} \pm 0.5 \text{ \AA}_{stat} \\ \bar{\lambda}_{H2O(8185)} &= 8197 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{stat}\end{aligned}$$

Come è ben possibile notare tutte le misure sono compatibili entro l'errore tranne l'ultima, costituita da una sola misura, che è compatibile entro soli 1.2σ . L'errore statistico è ovviamente minore per la linea O2(7604) dato che è stata utilizzata come linea di seconda calibrazione.

Consideriamo l'insieme complessivo delle misure effettuate sino ad ora che include oltre alle quattro stelle di tipo B in esame altre 16 misure effettuate su stelle di tipo A [2]. La distribuzione delle singole misure è illustrata in figura 3, 4, 5 e 6.

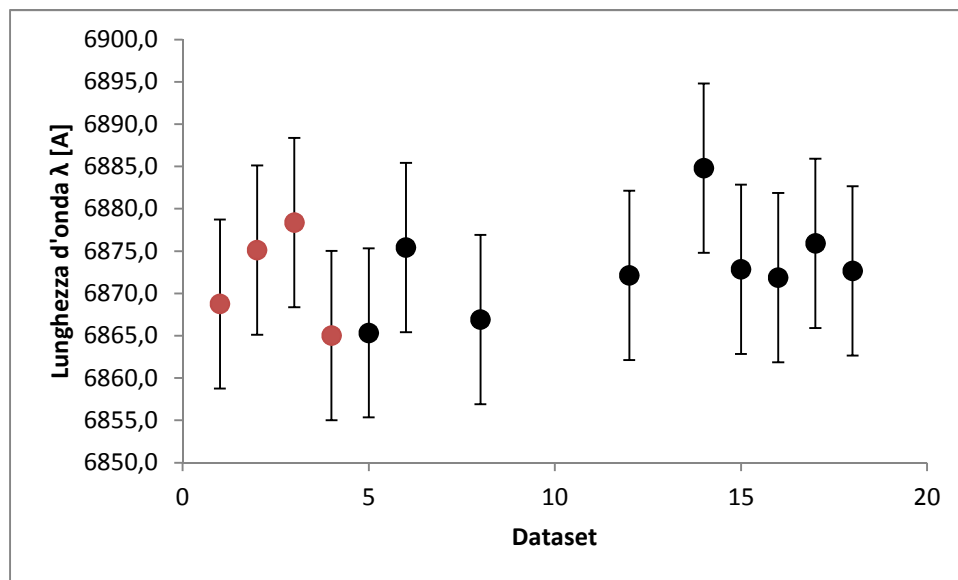


Fig. 3: Misure della riga O2(6870 Å) effettuata con stelle di tipo B in rosso e A in nero.

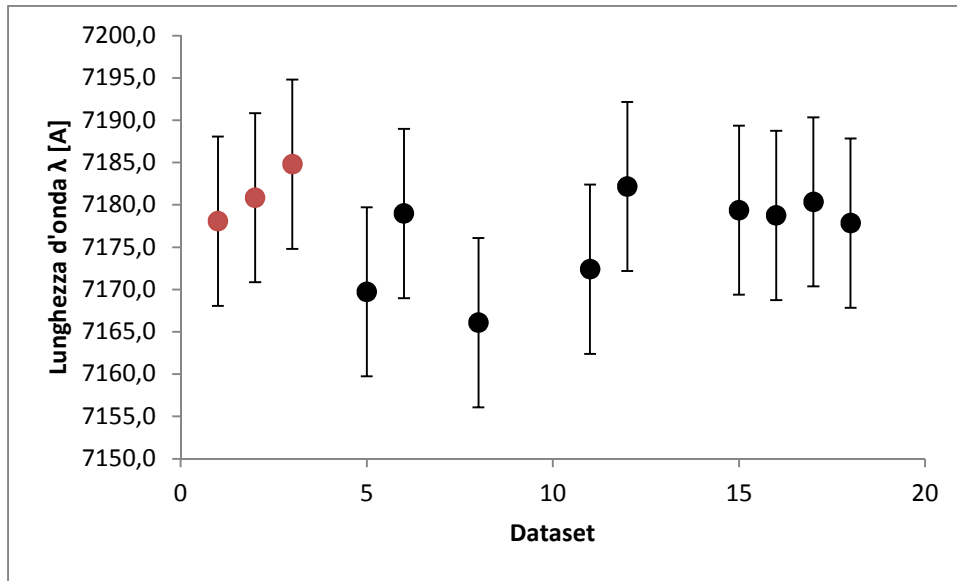


Fig. 4: Misure della riga H2O(7186 Å) effettuata con stelle di tipo B in rosso e A in nero.

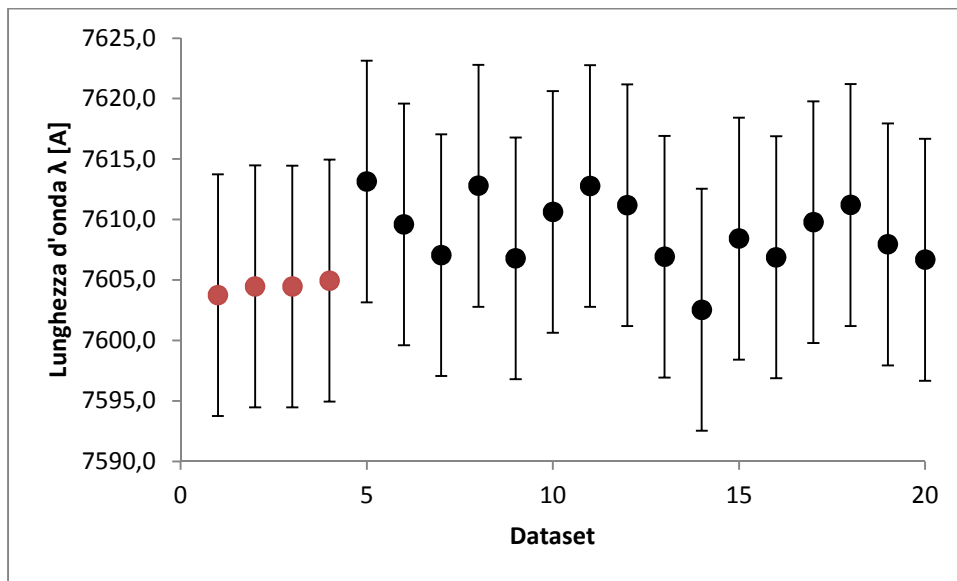


Fig. 5: Misure della riga O2(7605 Å) effettuata con stelle di tipo B in rosso e A in nero.

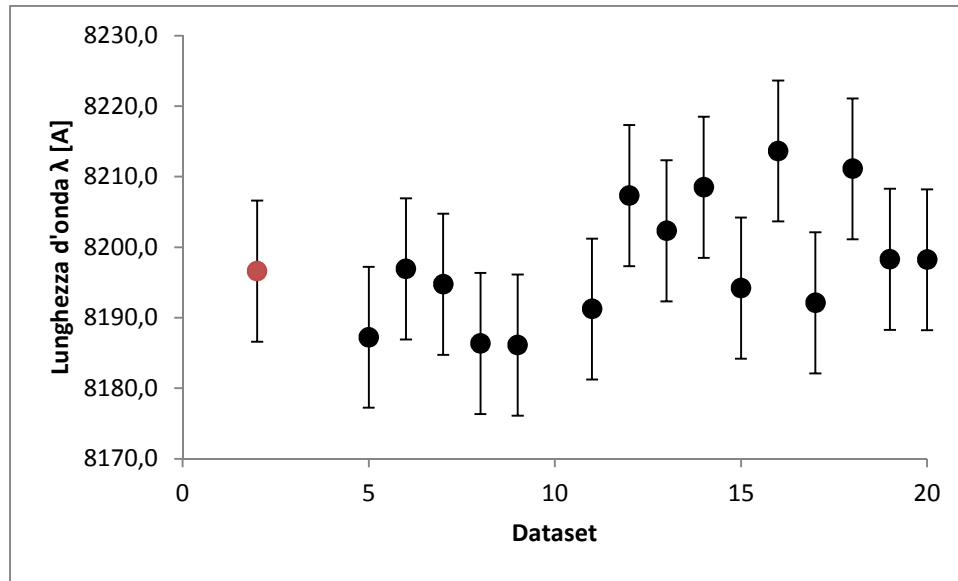


Fig. 6: Misure della riga O2(7605 Å) effettuata con stelle di tipo B in rosso e A in nero.

Effettuando una media su tutti i dati sperimentali a nostra disposizione otteniamo per ciascuna linea il seguente valore di lunghezza d'onda:

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_{O2(6870)} &= 6873 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{sis} \pm 6 \text{ \AA}_{stat} \\ \bar{\lambda}_{H2O(7186)} &= 7177 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{sis} \pm 5 \text{ \AA}_{stat} \\ \bar{\lambda}_{O2(7605)} &= 7608 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{sis} \pm 3 \text{ \AA}_{stat} \\ \bar{\lambda}_{H2O(8185)} &= 8198 \text{ \AA} \pm 10 \text{ \AA}_{stat} \pm 9 \text{ \AA}_{stat}\end{aligned}$$

Ancora una volta le discrepanze sono compatibili con l'errore statistico. Le linee di assorbimento relative all'acqua sono quelle che presentano una discrepanza maggiore dai dati teorici. Questo potrebbe essere giustificato dal fatto che queste molecole mostrano in maniera più marcata rispetto a quelle dell'Ossigeno una struttura a banda e non a riga. Il massimo teorico delle bande dell'acqua è infatti difficile da determinare da un fit gaussiano del massimo e allo stesso tempo da stimare dal punto di vista teorico.

CONCLUSIONI

Le principali linee telluriche relative alle molecole d'acqua e Ossigeno sono state identificate e misurate. I valori ottenuti per le lunghezze d'onda associate sono compatibili con i valori teorici. Si ha una maggiore discrepanza per le linee dell'acqua, probabilmente a seguito di una struttura a bande più complessa di quella dell'Ossigeno e meno assimilabile ad un picco.

Come è possibile osservare in figura 1 esiste una struttura di assorbimento intorno a $\lambda = 626 \text{ nm}$. Al momento l'unica ipotesi è quella di associarla alla linea tellurica dell'acqua a 628 nm anche se l'intensità della linea e la discrepanza dal valore teorico sembrerebbero invece suggerirne una natura diversa.

Anche la linea H2O(8185) è stata inizialmente identificata con la linea P ∞ (8203) dell'Idrogeno. Questo supportato da una minore discrepanza tra lunghezze d'onda misurate e teoriche. La presenza però di tale linea in stelle di tipo B, dove le linee dell'idrogeno sono meno intense e quindi la P ∞ (8203) è prevista essere completamente coperta dal fondo, ha fatto ipotizzare la natura tellurica di tale linea. A supporto di questo ci sarebbe anche la struttura a banda di tale linea spettrale. Ulteriori misure effettuate su stelle di classi spettrale differenti saranno in grado di chiarire definitivamente questo problema.

Sempre in figura 1 è visibile in alcune stelle di tipo B una struttura a 777 nm. Questa risulta ben marcata nello spettro relativo alla stella ζTau . La misura di tale linea sarà oggetto di futuri approfondimenti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Trezzi, *Articoli di Astronomia Amatoriale*, **2** (2013) 1-4
- [2] D. Trezzi, *Articoli di Astronomia Amatoriale*, **1** (2012) 1-5
- [3] <http://www.astrotrezzi.it/?p=192>