

L'algoritmo di correzione per l'estinzione atmosfera a occhio nudo e studi su foto da webcam e da SOHO

Costantino Sigismondi (ICRA/Sapienza, IIS Caffè, Rome, AAVSO)

submitted January 29, 2019 accepted June 4, 2020

Abstract: The perceived luminosity of a star changes with the star's altitude above the horizon. We adopt a plane-parallel atmosphere down to 15° above the horizon and a linear extinction from 3 to 5 airmasses between 0° and 15° of altitude. The extinction in Rome is 0.236 magnitudes per airmass. The observation of Betelgeuse of 29 January 2019 in Rome, has been exemplified. Data on Nova Cen 2013 (all sky camera), Eta Carinae (visual), Antares, Delta Sco with SOHO coronagraph are also discussed.

Riassunto: La luminosità percepita di una stella dipende principalmente dalla sua altezza sull'orizzonte, e bisogna "scorporare" l'effetto dovuto all'altezza dalle variazioni intrinseche di luminosità stellare, che sono inerenti alla variabilità stellare in studio, spesso molto piccole. Abbiamo messo a punto un sistema di correzione per l'estinzione atmosferica basato sul calcolo delle masse d'aria in atmosfera piano-parallela fino a 15° sopra l'orizzonte, dove sono 3 masse d'arie e lineare da 15° a 0° dove sono 5 masse d'aria. La singola massa d'aria estingue 0.236 magnitudini. L'algoritmo è esemplificato sull'osservazione pubblica del 29/1/2019 di Betelgeuse. Dati dai coronografi di SOHO relativi ad Antares e Delta Scorpìi, e dati dalla all-sky camera sulla Nova Centauri 2013 insieme a dati visuali su Eta Carinae sono anche presentati in questo articolo.

Introduzione

IL 29 gennaio 2019 abbiamo fatto insieme una osservazione che ha prodotto un dato: la magnitudine di Betelgeuse.

Abbiamo confrontato questa stella che era a 45° di altezza ($1.41 \pm 0.23 = 0.32$ magnitudini di estinzione) con Aldebaran (magnitudine 0.85 a 50° di altezza $1.3 \pm 0.23 = 0.30$ magnitudini estinzione) e con Procione (magnitudine 0.37 a 20° di altezza $0.23 \times 3 = 0.69$ mag. est.) e con Marte (che era anche lui a 45° 0.32 mag. est.)

L'ora di riferimento per questa osservazione sono le 19:00 locali (18 UT).

I dati relativi all'altezza degli astri oltre che con un quadrante possono essere calcolati, a posteriori conoscendo l'orario, con stellarium o stellarium web, ma la valenza didattica dell'osservazione con lo strumento costruito da sé è impagabile.



L'estinzione atmosferica per Roma (Villa Pamphili, tramonti nel gennaio 2003) vale 0.236 magnitudini per ogni massa d'aria, ed è indicata tra parentesi per ogni astro.

Stima della luminosità della stella mediante confronti con le altre

Abbiamo convenuto che la scala di luminosità questa sera fosse "Procione più brillante di Betelgeuse più brillante di Aldebaran=Marte"
e che Betelgeuse fosse a metà lucentezza tra Procione e Aldebaran

Questa valutazione è il **metodo di Argelander**, nel caso particolare, più semplice, in cui la stella variabile è a metà tra altre due. Ma se non fosse stata a metà si poteva fare lo stesso con un'**interpolazione lineare**.

Per ogni altezza h° si calcola $1/\sin(h^\circ) = \text{airmass}$, ad esempio Procione era a 20° di altezza $1/\sin(20^\circ) = 2.92$ masse d'aria. Poi si calcola l'estinzione in magnitudine $= 0.236 * \text{airmass} = 2.92 * 0.236 = 0.69$ magnitudini

Adesso sostituiamo alle stelle le magnitudini e aggiungiamo le estinzioni.

Procione $0.37 + 0.69 = 1.06$

Betelgeuse $X + 0.32$

Aldebaran $0.85 + 0.30 = 1.15$

Il **sistema di disequazioni** diventa

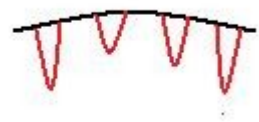
1.06 è più brillante di $X + 0.32$ che è più brillante di 1.15

da cui ricaviamo che X è meno brillante di 0.74

e anche che X è più brillante di 0.83

collocandoci a metà di questa finestra possiamo dire che X ha magnitudine compresa tra $m_v = 0.78 \pm 0.05$

Come risultato "ancillare" abbiamo anche la magnitudine di Marte che valeva 0.83 , due centesimi di magnitudine più brillante di Aldebaran



perché Marte era un po' più basso di Aldebaran pur apparendo di uguale luminosità.

E i due centesimi sono dati proprio dalla differenza tra 0.32 che è l'estinzione per 45° e 0.30 che è quella per 50° di altezza.

Verifiche del metodo

il sito calsky.com dà per Marte il 29/1/2019 una magnitudine visuale di 0.8 alla data di oggi, in ottimo accordo con la nostra stima. Abbiamo anche che l'incertezza di ± 0.05 è realistica.

Prima di salire le scale la maggior parte di voi sapeva che cosa rappresentavano le grandezze stellari, ma non che queste potessero avere decimali. Adesso le abbiamo misurate con i nostri occhi con una precisione di 5 centesimi di magnitudine.

Misure più precise richiedono l'uso di un quadrante, per avere al grado di precisione le altezze e fare i calcoli sulle masse d'aria ancora più precisi.

Ho fatto misure di luminosità con una precisione del centesimo di magnitudine.

Costruzione del quadrante per osservazioni ad occhio nudo

Per costruire il quadrante potete ispirarvi al sito

http://www.astrofiliarubicone.it/pdf/140321_Sestante_AAR.pdf

dove trovate pure la pagina da stampare con la scala graduata (e la frase di Pascoli) già pronta per l'uso

smanettando un po' potete anche cambiare frase...e logo

su quest'altro sito il quadrante viene raccomandato ai ragazzini di fine elementari e medie...

[http://www.planetariodicaserta.it/wp-](http://www.planetariodicaserta.it/wp-content/uploads/quadrante_scheda_didattica_2013.pdf)

[content/uploads/quadrante_scheda_didattica_2013.pdf](http://www.planetariodicaserta.it/wp-content/uploads/quadrante_scheda_didattica_2013.pdf)

sarà per questo che non lo ho mai fatto, invece preparando per voi questa lezione lo ho rivalutato tantissimo e ve lo raccomando.

come reference è utile avere il testo *Astronomia e Navigazione dell'Università di Palermo*



che qui trovate in pdf, scritto da Giuliano d'Eredità per il Progetto Lauree Scientifiche

https://www.unipa.it/strutture/laureescientifiche/.content/documenti_Attrivita_lezioni2011/Astronomia_e_Navigazione.pdf

Il quadrante per valutare lo spessore dell'atmosfera e quindi la massa d'aria, al tempo dell'astrolabio era sul lato *verso* dello strumento, che nel *recto* era destinato alla misura dell'altezza degli astri, e veniva usato per valutare l'altezza di un albero, una torre, o una montagna (Patrologia Latina 139, 6 Gerberti Geometria e Gerbertus **11**, 2018 p. 69-72).

Il calcolo della massa d'aria

Infine due parole sulle masse d'aria.

Per definizione sulla nostra testa allo zenit, al livello del mare, abbiamo una massa d'aria.

Poi usiamo il modello di atmosfera piano-parallela fino a 15° sull'orizzonte. Cioè approssimiamo l'atmosfera che, come la Terra, è sferica come uno strato orizzontale.

Le masse d'aria che possiamo calcolare semplicemente sono quelle a 90° 1

a 60° 1.15 = $2/\text{radice}(3)$

a 45° 1.41 = $\text{radice}(2)$

a 30° 2

a 15° 3 masse d'aria

poi sotto i 15° faccio un ragionamento di raccordo, "ad hoc", alla teoria di Garstang, che nel 1989 ha valutato pari a 5 le masse d'aria all'orizzonte (altezza= 0°).

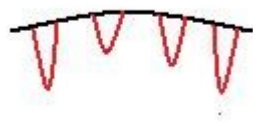
il raccordo tra l'orizzonte e 30° lo faccio con una retta, si chiama "raccordo lineare".

e quindi per passare da 15° 3 masse d'aria a 0° con 5 masse d'aria avro'

a 15° 3 masse d'aria

a 7.5° 4 masse d'aria

a 0° 5 masse d'aria



per tutti i valori intermedi potete usare l'interpolazione lineare.

I valori a 60° , 45° e 30° li potete ottenere studiando le proporzioni tra i lati delle vostre due squadre da disegno, tra l'ipotenusa e il cateto verticale che rappresenta 1 massa d'aria da noi verso lo zenit.

Se avete visto i quadranti proposti dal planetario di Caserta, come facevano gli antichi, suggeriscono di decorarli anche nel lato dietro. ed io vi propongo di preparare una tabella con le masse d'aria corrispondenti ai vari angoli.

Verrà un piccolo capolavoro.

Se poi volete andare ancora più sul dettaglio potete calcolare non solo le masse d'aria ma anche le magnitudini di estinzione per ogni altezza, moltiplicando le masse d'aria per 0.236.

Chi lo farà un voto in più!

Su questo link trovate le mie osservazioni di Betelgeuse (alf Ori sta per alfa Orionis) e SGQ è la mia sigla.

https://www.aavso.org/apps/webobs/results/?star=alf+ori&obscode=SGQ&num_results=200&obs_types=all#

Conclusioni e sviluppi della tecnica

Questo metodo, ad occhio nudo, è particolarmente efficace perché consente di raggiungere una precisione migliore di 0.05 magnitudini con delle osservazioni ad occhio nudo, senza altri strumenti.

Queste osservazioni diventano quasi indispensabili nel caso di stelle molto luminose come Betelgeuse, per le quali le stelle di confronto, se ci sono, possono trovarsi a grande distanza angolare dalla stella in istudio.

Per questo è necessario fare la correzione per le masse d'aria, che normalmente può essere omessa in caso di osservazioni "differenziali" in cui la stella e i riferimenti sono molto vicini tra loro, senza differenza sostanziale di airmass. In altre parole mentre lo studio di una stella

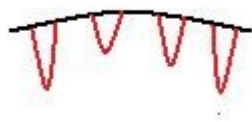


variabile, ad esempio R Leonis verso il suo minimo oltre la magnitudine 9, deve essere fatto confrontando R Leonis con stelle di simile magnitudine ed in 15' ($\frac{1}{4}^\circ$) di campo visivo si trovano almeno 2 o 3 stelle di nona grandezza, per Betelgeuse, che è di prima grandezza, abbiamo altre sette stelle luminose come lei per ciascun emisfero, ossia un campo di vista di 90° di raggio. Da cui la necessità di lavorare con stelle che si trovano anche a grande differenza di altezza tra loro.

Può accadere che si abbia il tempo di aspettare che sia Betelgeuse sia la stella di riferimento raggiungano la stessa altezza sull'orizzonte, oppure -ad altezze diverse- raggiungano la stessa luminosità: sono due tecniche di confronto che si mettono a punto a partire da questo metodo, con l'esperienza. La prima la ho adottata per certificare che Betelgeuse era effettivamente più debole di Beta Geminorum, Polluce, durante il grande minimo del 2020, e la seconda per asseverare il raggiunto massimo di maggio 2020 non essendo possibile trovare stelle di confronto adatte, oltre Polluce, che però era molto più alta di Betelgeuse presso l'orizzonte.



Fig. 1 Quadranti per la misurazione diretta delle masse d'aria progettati dall'autore e realizzati al Liceo Galilei di Pescara a *Science by Night* 2020



Calibrare le osservazioni di variabili brillanti con l'estinzione atmosferica: i casi di Antares e Betelgeuse (2014)

Il contenuto di questo paragrafo è stato preparato per il congresso SIF di Pisa del 2014 quando lavoravo per l'Observatorio Nacional e UFRJ/Rio de Janeiro. Antares e Betelgeuse sono variabili irregolari di prima grandezza, di cui abbiamo solo tratti discontinui e con grandi errori delle curve di luce. Queste stelle non hanno riferimenti più brillanti vicini ed anche la fotometria d'apertura¹ realizzata su immagini digitali richiede la calibrazione con l'estinzione atmosferica.

Osservazioni ad occhio nudo, comparando le stelle a diverse altezze sull'orizzonte, sono ridotte con i dati sull'estinzione atmosferica in banda V forniti da Stellarium 0.12.4, ottenendo un ottimo accordo con le misure in banda V digitali ed un miglioramento dell'accuratezza delle misure visuali entro 0.05 magnitudini. Molti studenti potranno avvicinarsi allo studio della variabilità stellare anche in città, cominciando proprio con l'osservazione accurata di queste stelle ad occhio nudo. L'uso di videocamere è stato testato con IRIS, Bimo (2020) lo fa per gli smartphones

Misure della variabilità di Delta Scorpis con il satellite SOHO (2014)

Dello stesso periodo in cui ho lavorato all'Observatorio Nacional e UFRJ/Rio de Janeiro tra il 2011 e il 2014

Delta Scorpis è una gigante di classe spettrale B0 e binaria con periastro ogni 11 anni in cui le atmosfere stellari vengono in contatto. Diverse campagne osservative sono state dedicate alla fotometria e alla spettroscopia di Delta Scorpis a partire dal 2000 quando se ne riconobbe la variabilità da osservazioni ad occhio nudo.

Nei dati di SOHO Delta Scorpis, stella zodiacale che è in congiunzione con il Sole nei giorni finali di Novembre, è visibile nel coronografo LASCO 2.

La calibrazione dei dati che estendono la serie storica di Delta Scorpis fino al 1996, conferma l'andamento già noto ed aggiunge nuovi dati.

Questa esperienza è stata proposta al Laboratorio di Astrofisica della Sapienza cattedra del Prof. De Bernardis, con risultati positivi.

1 Con il software IRIS di Christian Buil, scaricabile dal zeb



Misure in banda R della Nova Centauri 2013 e di R Centauri con la all sky camera dell'Osservatorio di Perth (2014)

Ancora del periodo di lavoro all'Observatorio Nacional e UFRJ/Rio de Janeiro, legata all'esigenza di avere altre osservazioni di raffronto di questa Nova, tra le più brillanti degli ultimi anni. Gli studenti del corso di Laboratorio di Astrofisica della Sapienza hanno potuto seguire la Nova con il metodo suggerito, fin tanto che la webcam di servizio la ha rilevata.

La Nova Centauri 2013, esplosa il 2 dicembre 2013 e la sua luminosità ne ha consentito lo studio della sua fase di declino fino alla magnitudine 6 con i dati della All Sky Camera dell'Osservatorio di Perth nell'Australia Occidentale. R Centauri presenta una differenza V-R di circa 2 magnitudini, e risulta uno degli oggetti più brillanti della regione stellare tra Beta ed Alfa Centauri osservata nella banda R.

Metodi di calibrazione fotometrica e risultati da Gennaio fino a Maggio 2014 sono qui presentati.

Misure visuali e digitali in banda V di Eta e w Carinae in banda V con immagini digitali e visuali dall'Observatorio Nacional di Rio de Janeiro (2014)

Lavoro svolto in collaborazione con Alexandre Amorim, dell'AAVSO American Association of Variable Stars Observer a Florianopolis, Santa Catarina, Brasile, iniziato durante il mio lavoro a Rio de Janeiro sulla celeberrima Eta Carinae, richiamata nel mio contributo al convegno su Betelgeuse Dimming di Gennaio 2020.

La più famosa variabile irregolare, Eta carinae, già nota come eta Argos e misurata da Halley sin dal 1670 è stata analizzata insieme alla w Car in una serie di osservazioni condotte in Brasile.

Si discute l'andamento della luminosità di Eta Carinae negli ultimi 15 anni in aumento costante, e quello di w Car (V520 Car) comparata solo ai dati della missione Hipparcos/Tycho del 1989-1993. Attualmente la magnitudine della stella è compatibile con il suo valore massimo. La rilevanza statistica delle misure è discussa in dettaglio.

Referenze SIF Pisa Congress 2014; S. Bimo, JAAVSO, **48**, 1-4 (2020)

