

Capitolo 2 – FARE LE OSSERVAZIONI

Istruzioni passo-passo

1. Trovate il campo – Usando un atlante o una mappa stellare, cercate e localizzate il campo o la regione di cielo nella quale si trova la variabile. In questa fase è molto utile conoscere le costellazioni. Prendete la vostra mappa a scala “a” o “b” e orientatela in modo che corrisponda a ciò che vedete nel cielo.

2a. Trovate la variabile (usando il cercatore/puntatore) – Guardate la mappa “a” o “b” e scegliete una “stella di riferimento” luminosa che sia vicino alla variabile. Ora guardate in alto e provate a trovare la stessa stella in cielo. Se non riuscite a vedere quella stella di riferimento ad occhio nudo (a causa del chiaro di luna o di altri problemi) usate un cannocchiale cercatore o un oculare a basso ingrandimento e largo campo, e puntate il telescopio quanto più vicino possibile al punto in cui la stella di riferimento dovrebbe essere. Ricordate che, a seconda della strumentazione che state usando, l’orientazione delle stelle che vedete nel telescopio sarà probabilmente diversa da quella che vedete guardando il cielo ad occhio nudo. Dovrete imparare a ricomporre le direzioni N, E, S, O con la vostra strumentazione (vedete le pagine 12 e 13 per ulteriori spiegazioni). Verificate di aver puntato la stella giusta identificando delle stelle telescopiche più deboli nelle sue vicinanze, come mostrate sulla mappa.

Ora spostatevi con lo strumento (“star-hop”) nella direzione della variabile, identificando delle particolari configurazioni stellari (dette anche asterismi) mentre procedete. Fino a quando il campo non vi sarà familiare, dovrete spostare lo sguardo molte volte –dalla mappa al cielo, e poi attraverso il cercatore, e quindi ricominciare per poi raggiungere l’asterismo nelle immediate vicinanze della variabile. Prendetevi il tempo necessario per essere certi dell’identificazione. A volte può essere d’aiuto disegnare sulla mappa delle linee che connettono le stelle caratteristiche dei vari asterismi.

2b. Trovate la variabile (usando i cerchi graduati) – Se il vostro telescopio è dotato di cerchi graduati abbastanza accurati (analogici o digitali), potreste utilizzare questi per trovare la stella variabile. Prima di cominciare, assicuratevi che il vostro telescopio sia correttamente

stazionato. Le coordinate al 2000 riportate nella parte superiore della mappa dovrebbero quindi essere usate per puntare la variabile. L’inclusione delle coordinate al 1900 vi permette di applicare le correzioni della precessione allontanandosi dall’anno 2000. Ricordate che la variabile potrebbe non essere subito evidente. Anche se fosse nel campo di vista, dovrete comunque identificare le stelle nelle immediate vicinanze della variabile per una conferma positiva. Spesso noterete che è utile perlustrare il campo circostante per localizzare una stella di riferimento luminosa o un asterismo che potrete poi identificare sulla mappa. Da lì potrete poi avvicinarvi alla variabile.

3. Trovate le stelle di confronto – Una volta sicuri di aver identificato correttamente la variabile, siete pronti ad effettuare una stima della sua luminosità confrontandola con altre stelle di luminosità costante e nota. Queste, note come stelle “di confronto” (comparison o comp) , sono di solito situate nei pressi della variabile sulla mappa. Trovatele nel campo del telescopio, ancora una volta assicurandovi di averle identificate correttamente.

4. Stimare la luminosità – Per stimare la magnitudine della stella variabile, valutate quali stelle di confronto siano più simili ad essa in luminosità. A meno che la variabile non sia esattamente della stessa luminosità di una delle stelle di confronto, dovrete interpolare tra una stella più luminosa ed una più debole della stessa variabile. L’esercizio di interpolazione in Fig. 2.1 (pag. 11) aiuta ad illustrare questa procedura.

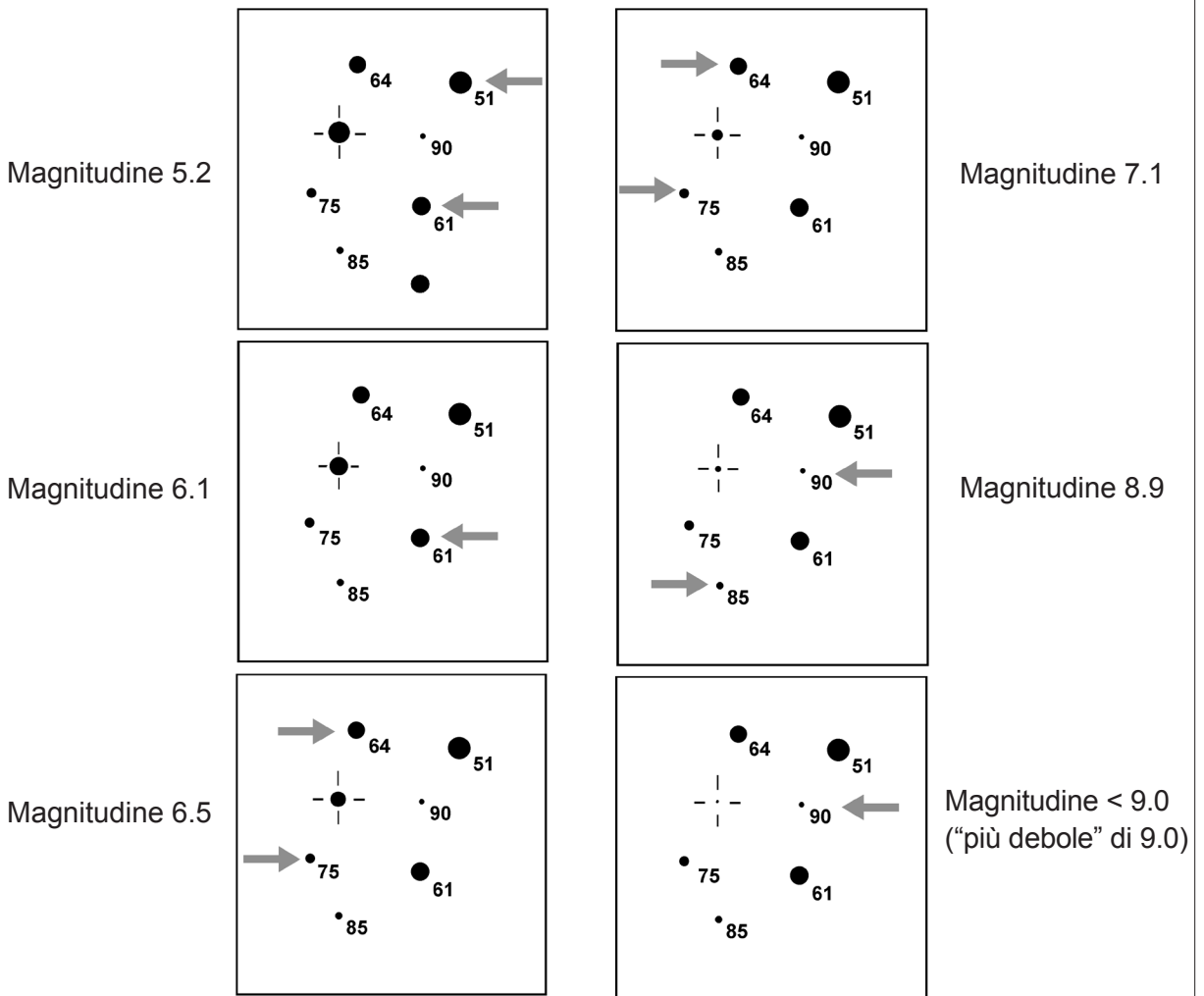
5. Registrate le vostre osservazioni – I dati seguenti dovrebbero essere annotati nel vostro registro quanto prima possibile dopo ciascuna osservazione:

- **nome e designazione** della variabile (vedete pag. 19 e 20 per ulteriori informazioni sull’argomento)
- **data e ora** della vostra osservazione
- **magnitudine** stimata della variabile
- **magnitudine delle stelle di confronto** usate per la stima
- **identificazione della mappa utilizzata**
- **note** su tutto ciò che possa influenzare il seeing (p. es. nuvole, foschia, chiaro di luna, vento forte, etc.)

Figura 2.1 – *Esercizi di interpolazione*

Questi sono alcuni esempi grafici che mostrano come interpolare tra le stelle di confronto per ottenere la magnitudine della variabile. Ricordate che in realtà tutte le stelle appaiono come punti luminosi, non come dischetti di varie dimensioni. Le stelle usate per l'interpolazione in ciascun degli esempi sottostanti sono indicate con delle frecce.

Per ulteriori informazioni sull'interpolazione, provate ad usare il "Telescope Simulator" (simulatore di telescopio) – una presentazione dinamica su come effettuare stime di magnitudini di stelle variabili – accessibile attraverso il sito web AAVSO all'indirizzo <http://www.aavso.org/aavso/about/powerpoint.shtml>.



6. Preparate il vostro rapporto – Esiste un formato molto specifico per comunicare le vostre osservazioni e ci sono diversi modi per inviare il vostri rapporti alla Sede AAVSO. Le istruzioni per comunicare le vostre osservazioni sono date in dettaglio nel Capitolo 6 di questo manuale.

Ulteriori Consigli Osservativi

Campo di vista

Gli osservatori principianti dovrebbero verificare le dimensioni approssimate del campo di vista dei rispettivi telescopi con i differenti oculari (si veda anche pag. 4). Puntate il telescopio verso una regione di cielo non lontana dall'equatore celeste e, senza muovere lo strumento, lasciate che una stella luminosa attraversi il campo. Una stella vicina all'equatore si muove ad una velocità di un grado ogni quattro minuti. Per esempio, se la stella impiega due minuti per attraversare diametralmente il campo da bordo a bordo, il diametro del campo reale è di mezzo grado.

Una volta determinato il campo dello strumento è possibile disegnare un cerchio di diametro appropriato sulla mappa, tenendo al centro la variabile, come aiuto nell'identificazione di un nuovo campo. Potrebbe anche essere utile

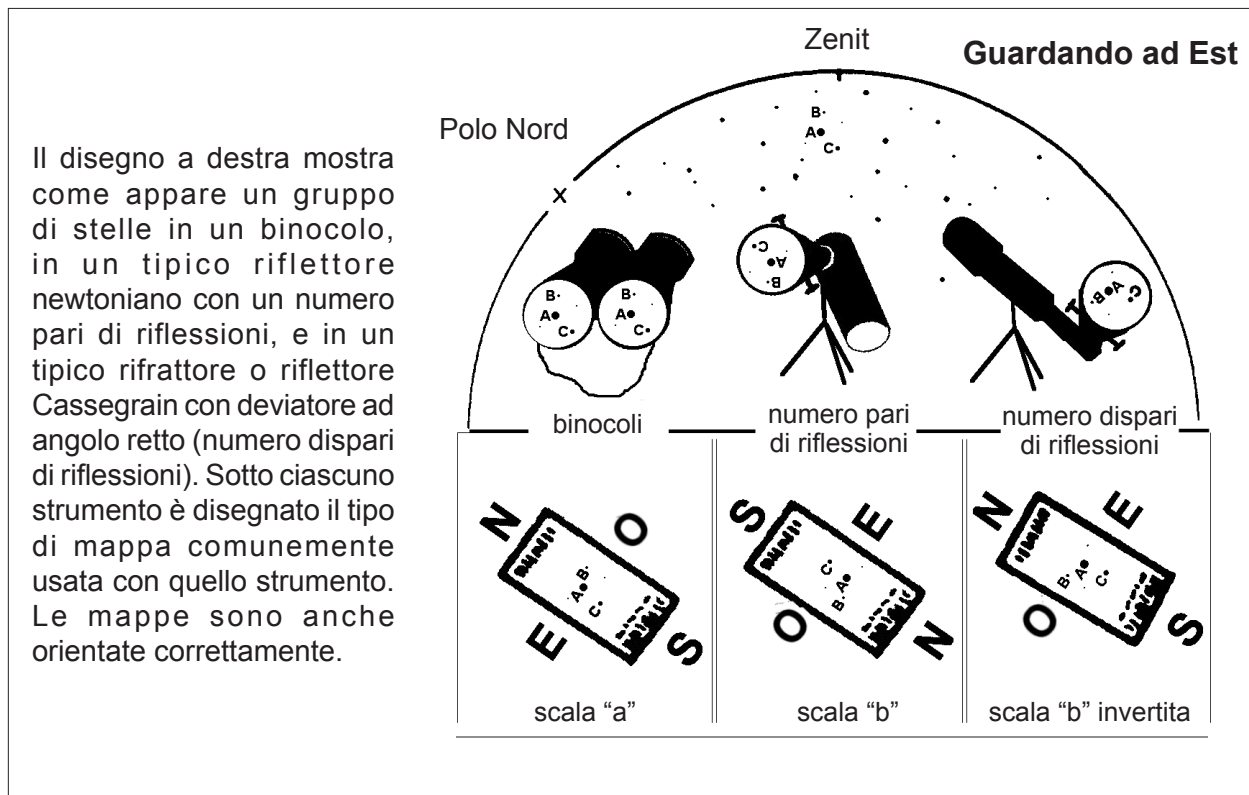
rappresentare il campo sulla mappa mediante un foglio di cartoncino con un foro di diametro opportuno, oppure costruendo un anello con filo metallico da posare sulla mappa, etc.

Orientazione delle mappe

Per usare le mappe in modo proficuo, dovrete imparare come orientarle rispetto al cielo. Nelle mappe AAVSO di scala "a", "aa" e "ab", il Nord è in alto e l'Est è a sinistra. Queste mappe sono adatte all'uso con occhio nudo o con binocoli.

Per le mappe di scala "b" o maggiore, il Sud è in alto e l'Ovest è a sinistra. Queste mappe vanno usate con telescopi con un numero pari di riflessioni, che producono un'immagine rovesciata. Con telescopi rifrattori o con riflettori di tipo Schmidt-Cassegrain viene di solito usato un deviatore ad angolo retto, che rende dispari il numero di riflessioni. Ciò produce un'immagine diritta ma con est ed ovest rovesciati (cioè un'immagine speculare). In questo caso, quando possibile, è bene usare le mappe AAVSO invertite, nelle quali il Nord è in alto e l'Ovest è a sinistra. Se avete necessità di un mappa invertita che ancora non esiste, potete invertirla da voi rovesciando la mappa e ridisegnandola in trasparenza sul lato

Figura 2.2 – Tipi di mappe



ORIENTAZIONE DELLE MAPPE

Indipendentemente da quale tipo di mappa state usando, la posizione della variabile cambia rispetto all'orizzonte al ruotare della Terra, e la mappa deve essere orientata secondo le regole seguenti:

1. Rivolgetevi nella direzione verso la quale la distanza della variabile dall'orizzonte è minore.
2. Tenete la mappa sulla vostra testa a fianco della stella variabile

3. Con mappe normali a scala "b" o più profonde, ruotate la mappa in modo che il Sud punti verso la stella Polare (nell'emisfero australe, puntate il Nord della mappa verso il Polo Sud celeste). Quando usate una mappa a scala "a" o una mappa invertita (reversed), puntate il nord verso la Polare.

4. Abbassate la mappa verso una posizione di lavoro più confortevole senza variane l'orientazione.

Emisfero Nord

Guardando a Est

Zenit
Polo Nord X
Orizzonte

Scala "a" "b"-e" o più profonde Scala "b" invertita

Guardando a Sud

Zenit
Polo Nord X
Orizzonte

Scala "a" "b"-e" o più profonde Scala "b" invertita

Guardando a Ovest

Zenit
Polo Nord X
Orizzonte

Scala "a" "b"-e" o più profonde Scala "b" invertita

Guardando a Nord – notare la differenza se la variabile è sopra o sotto il Polo Nord Celeste (Polare).
Le mappe illustrate sono in scala "b"

Zenit Zenit
Polo Nord X Polo Nord X
Orizzonte Orizzonte

Variabile tra Polare ed orizzonte Variabile tra Polare e zenit

Emisfero Sud

Guardando a Ovest

Zenit
Polo Sud X
Orizzonte

Scala "a" "b"-e" o più profonde Scala "b" invertita

Guardando a Nord

Zenit
Polo Sud X
Orizzonte

Scala "a" "b"-e" o più profonde Scala "b" invertita

Guardando a Est

Zenit
Polo Sud X
Orizzonte

Scala "a" "b"-e" o più profonde Scala "b" invertita

Guardando a Sud – notare la differenza se la variabile è sopra o sotto il Polo Sud Celeste. Le mappe illustrate sono in scala "b"

Zenit Zenit
Polo Sud X Polo Sud X
Orizzonte Orizzonte

Variabile tra Polo Sud Celeste ed orizzonte Variabile tra Polo Sud Celeste e zenit

posteriore, oppure utilizzando un programma di elaborazione grafica su un computer.

La scala delle magnitudini

La scala delle magnitudini può inizialmente indurre confusione, poiché maggiore è il valore, meno luminosa è la stella. Il limite medio della visibilità ad occhio nudo è la 6^a magnitudine. Stelle come Antares, Spica e Polluce sono di 1^a magnitudine, Arturo e Vega sono di magnitudine 0. La brillantissima stella Canopo è di magnitudine -1 (meno uno) e la stella più brillante del cielo, Sirio, è -1.5.

Sulle mappe AAVSO le stelle di confronto sono contrassegnate con numeri che ne indicano la magnitudine con l'approssimazione del decimo. Il punto decimale viene omissso per evitare confusione con i puntini che rappresentano le stelle. Quindi 84 e 90 indicano stelle le cui magnitudini sono rispettivamente 8.4 e 9.0.

Le magnitudini delle stelle di confronto usate nelle carte AAVSO sono state accuratamente determinate con strumenti speciali (fotometr ad iride, fotometri fotoelettrici e CCD) e vanno considerate come dei regoli per stimare la magnitudine della variabile.

Siccome la scala della magnitudine è in realtà logaritmica, una stella “due volte più debole” di un'altra non avrà una magnitudine semplicemente doppia (si veda il riquadro sulla destra, *Misurare la luminosità delle stelle*, per una spiegazione più dettagliata). Per questa ragione, l'osservatore deve sempre essere attento ad usare stelle di confronto che non siano troppo distanti in luminosità – non oltre 0.5 o 0.6 magnitudini di differenza – quando si fanno stime di luminosità.

Magnitudine limite

La cosa migliore è usare lo strumento più piccolo in grado di permettere di vedere la variabile con facilità. In generale, se la variabile è più luminosa della 5^a magnitudine, l'occhio nudo è il più adatto; tra la 5^a e la 7^a è consigliabile il cercatore o un buon binocolo; se è più debole della 7^a magnitudine, bisognerebbe usare un binocolo a forte ingrandimento o un telescopio di 7-8 cm di diametro o più, a seconda della magnitudine della variabile. **Le stime di luminosità sono più facili da eseguire e più accurate quando sono tra 2 e 4 magnitudini sopra il limite dello strumento.**

Misurare la luminosità delle Stelle

—Estratto dall'AAVSO Hands-On
Astrophysics Manual

Il metodo che oggi usiamo per confrontare la magnitudine apparente delle stelle ha radici nell'antichità. Ad Ipparco, un astronomo greco vissuto nel secondo secolo a.C., viene di solito attribuita la codifica di un sistema per classificare la luminosità delle stelle. Egli definì le stelle più luminose di ciascuna costellazione di “prima magnitudine”. Tolomeo, nel 140 d.C., ridefinì il sistema di Ipparco e usò una scala da 1 a 6 per definire la luminosità stellare, indicando con 1 le stelle più luminose e con 6 le più deboli.

Gli astronomi della metà dell'800 quantificarono meglio questi numeri e modificarono il vecchio sistema greco. Le misurazioni dimostrarono che le stelle di 1^a magnitudine erano 100 volte più luminose delle stelle di 6^a magnitudine. E' stato anche calcolato che l'occhio umano percepisce un aumento di una magnitudine come 2.5 volte più brillante, sicché un aumento di 5 magnitudini viene percepito come 2.5^5 (o circa 100) volte più brillante. Quindi, una differenza di 5 magnitudini è stata definita come uguale a un fattore esattamente 100 in luminosità apparente.

Ne consegue che una differenza di una magnitudine corrisponde ad un rapporto tra le luminosità pari alla radice quinta di 100, o circa 2.5; quindi, la luminosità apparente di due oggetti può essere confrontata sottraendo la magnitudine di quello più luminoso da quella di quello più debole, ed elevando 2.5 ad un esponente uguale a quella differenza. Per esempio, Venere e Sirio hanno una differenza in luminosità di circa 3 magnitudini. Questo significa che Venere appare 2.5^3 (o circa 15) volte più luminosa di Sirio all'occhio umano. In altre parole, ci vorrebbero 15 stelle con la luminosità di Sirio, nello stesso punto del cielo, per uguagliare la luminosità di Venere.

Su questa scala, alcuni oggetti sono così luminosi da avere magnitudini negative, mentre i telescopi più potenti (come il telescopio spaziale Hubble) possono “vedere” oggetti fino ad una magnitudine di circa 30.

Magnitudini apparenti di alcuni oggetti:

Sole	-26.7	Sirio	-1.5
Luna piena	-12.5	Vega	0.0
Venere	-4.4	Polare	2.5

La tavola sottostante serve come guida approssimativa per determinare la magnitudine limite in funzione delle dimensioni del telescopio/strumento. Ciò che voi potrete effettivamente vedere con la vostra strumentazione potrebbe essere abbastanza diverso da questo, a causa delle condizioni variabili di visibilità e della qualità del telescopio. Voi potreste voler compilare la vostra tabella personale di magnitudini limite usando un atlante o mappa stellare con magnitudini date per stelle non variabili facilmente identificabili.

Tabella 2.1 – *Magnitudini limite tipiche*

		Occhio	Binoc.	15cm	25cm	40cm
Città	medio	3.2	6.0	10.5	12.0	13.0
	migliore	4.0	7.2	11.3	13.2	14.3
Semi-buio	medio	4.8	8.0	12.0	13.5	14.5
	migliore	5.5	9.9	12.9	14.3	15.4
Molto buio	medio	6.2	10.6	12.5	14.7	15.6
	migliore	6.7	11.2	13.5	15.6	16.5

Quando una stella di confronto debole si trova vicino ad una variabile, assicuratevi che le due stelle non vengano confuse l'una con l'altra. Se la variabile è vicino al limite di visibilità e ci sono dubbi sulla identificazione, indicatelo sul vostro rapporto.

L'osservatore esperto non spreca tempo su variabili sotto il limite del proprio strumento.

Identificazione della variabile

Ricordate che la variabile potrebbe essere più o meno visibile col vostro telescopio nel momento in cui la state cercando, a seconda che la stella sia vicino alla luminosità massima o minima, o all'interno di questi limiti.

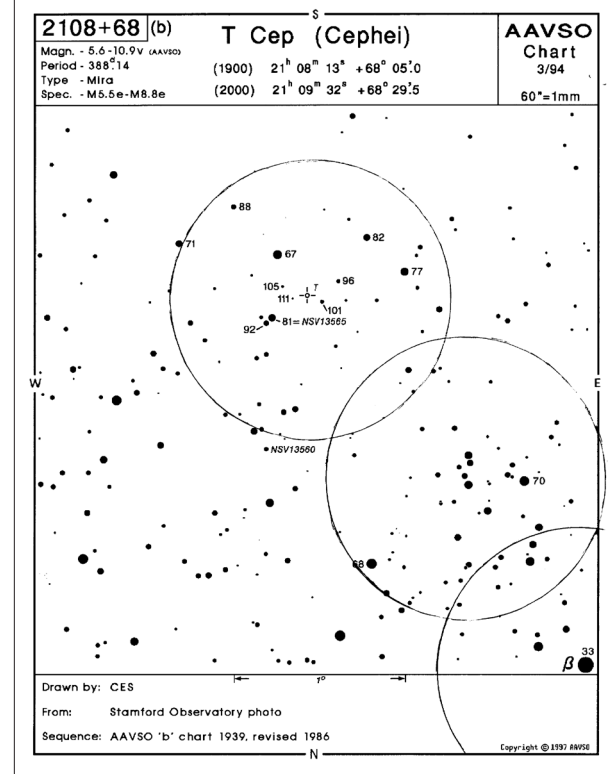
Quando pensate di aver trovato la variabile, confrontate con molta cura la regione circostante con la mappa. Se nel campo ci sono delle stelle che non sembrano corrispondere, in luminosità o posizione, potreste star guardando la stella sbagliata. Riprovateci.

Quando la variabile è debole o immersa in un campo stellare affollato, è necessario un oculare a maggior ingrandimento. Inoltre, in tal caso,

probabilmente è necessario usare mappe a scala "d" o "e", per essere certi di identificare la variabile. Quando state osservando, rilassatevi. Non sprecate tempo su variabili che non riuscite a localizzare. Se non riuscite a trovare una stella variabile nonostante un ragionevole sforzo, prendetene nota e spostatevi sulla vostra successiva variabile. Al termine della sessione osservativa, riesaminate l'atlante e le mappe e provate a capire perché non avete trovato la variabile. Alla sessione osservativa successiva riprovateci!

Figura 2.3 – *Star Hopping (Saltare da stella a stella)*

La mappa sottostante viene usata per illustrare un tipico star hop (salto da stella a stella) da una stella di riferimento luminosa, beta Cep, fino alla stella variabile, T Cep. Notate che il campo di vista telescopico dell'osservatore è stato riportato sulla mappa e che un asterismo luminoso viene usato per aiutarsi a trovare la strada da beta a T Cep.



Stima della luminosità della variabile

Il potere risolutivo di ogni strumento è maggiore al centro del campo. Quindi, quando la stella di confronto e la variabile sono molto distanti, esse non dovrebbero essere guardate simultaneamente ma piuttosto portate successivamente al centro del campo.

Se la variabile e la stella di confronto sono vicine, dovrebbero essere messe ad uguale distanza dal centro, e la linea che unisce le due stelle dovrebbe essere quanto più parallela possibile alla linea congiungente i vostri occhi, in modo da prevenire il cosiddetto “errore da angolo di posizione”. Se ciò non è, girate la vostra testa oppure il deviatore (se lo usate) . L'effetto dell'angolo di posizione può produrre errori fino a 0.5 magnitudini.

Bisogna insistere sulla necessità che tutte le osservazioni vengano fatte vicino al centro del campo. Gran parte dei telescopi non hanno un'illuminazione del 100% sul campo di tutti gli oculari, e l'immagine contiene aberrazioni tanto più grandi quanto più essa è distante dal centro del campo.

Usate almeno due stelle di confronto, e se possibile, più di due. Se l'intervallo tra stelle di confronto è molto grande, come 0.5 magnitudini o maggiore, ponete grande attenzione nel confrontare l'intervallo tra la stella di confronto più brillante e la variabile e quello tra la variabile e la stella di confronto più debole.

Registrate esattamente ciò che vedete, indipendentemente da apparenti discrepanze nelle vostre osservazioni. Voi dovrete affrontare ogni sessione osservativa con mente sgombra; non lasciate che la vostra stima venga influenzata dalle vostre stime precedenti o da cosa voi PENSATE che la stella debba fare.

Se la variabile risultasse invisibile per l'estrema debolezza, per foschia, o per il chiarore lunare, prendete nota della più debole stella di confronto visibile nella zona. Se tale stella fosse di magnitudine 11.5, annotate la vostra osservazione della variabile come <11.5 , che significa che la variabile è invisibile e deve essere stata sotto, o più debole, della magnitudine 11.5. Il simbolo $<$, in questo caso, significa “più debole di”.

Quando si osservano variabili di colore nettamente rosso, è consigliabile che la stima venga fatto col metodo cosiddetto “a prima vista” piuttosto che “fissando” la stella in modo prolungato. A causa dell'effetto Purkinje, le stelle rosse tendono ad eccitare la retina dell'occhio quando vengano guardate per un periodo di tempo prolungato; di conseguenza, le stelle rosse apparirebbero eccessivamente

brillanti rispetto alle stelle blu, producendo quindi un'impressione erronea delle relative magnitudini.

Un'altra tecnica molto raccomandata per fare stime di magnitudini di stelle rosse è il cosiddetto “metodo fuori fuoco”. L'oculare va estratto fuori fuoco fino a quando le stelle non siano visibili come dischetti senza colore. In tal modo si evita un errore sistematico dovuto all'effetto Purkinje. Se il colore della variabile resta visibile anche quando le stelle sono fuori fuoco, dovrete usare un telescopio più piccolo o diaframmare lo strumento.

Nel caso di stelle deboli, potreste provare a fare le vostre stime usando la visione indiretta. Per far questo, tenete la variabile e le stelle di confronto vicino al centro del campo mentre dirigete lo sguardo di lato, quindi usando la vostra visione periferica. Il motivo per cui questo metodo funziona è spiegato nella prossima pagina.

Registrazione dei dati

Per registrare i dati osservativi bisognerebbe usare un registro rilegato (come un registro contabile). Mantenete sempre intatti i vostri registri osservativi originali. Qualsiasi correzione alle vostre annotazioni, o riduzioni, dovrebbe essere annotata con inchiostro di diverso colore e datata. Un secondo quaderno, possibilmente a fogli staccati, può essere usato per raccogliere registrazioni di totali mensili, copie dei rapporti inviati, avvisi di allerta, ed altre informazioni. Le registrazioni computerizzate devono essere salvate ed archiviate per future consultazioni.

Le vostre annotazioni osservative dovrebbero anche includere i fattori di distrazione, come persone presenti, luci, rumori, o quant'altro possa aver avuto un effetto sulla vostra concentrazione.

Se, per qualsiasi motivo, avete dei dubbi sulla vostra stima di magnitudine, annotatelo nei vostri appunti, spiegando il motivo del dubbio.

E' essenziale che i registri osservativi vengano tenuti in modo tale che l'osservatore non venga influenzato dal fatto di sapere di quale magnitudine fosse la variabile quando è stata osservata in precedenza. L'osservatore deve fare in modo che tutte le stime siano indipendenti l'una dall'altra senza riferimenti ad osservazioni precedenti.

Nell'intestazione di ciascuna pagina del vostro registro, annotate il Giorno Giuliano (spiegato nel Capitolo 4) e il giorno della settimana, così come l'anno, mese e giorno di osservazione. E' consigliabile usare la notazione di "doppia data" per evitare confusione nelle osservazioni fatte prima della mezzanotte; per esempio, JD 2453647, Martedì-Mercoledì, 3-4 Ottobre 2005. Nel caso si faccia un errore nell'una, l'altra aiuta a capire quale è corretta.

Se si dispone di più di uno strumento, annotare quale di essi viene usato per ciascuna osservazione.

La luce delle stelle nei vostri occhi – tratto dall'AAVSO Hand-On Astrophysics Manual

L'occhio umano assomiglia ad una macchina fotografica. L'occhio è dotato di un sistema incorporato di pulizia e lubrificazione, di un esposimetro, di un puntatore automatico, e di una scorta continua di pellicola. La luce proveniente da un oggetto entra nella cornea, un rivestimento trasparente sulla superficie dell'occhio, e passa attraverso una lente trasparente, il cristallino, sorretto dai muscoli ciliari. L'iride, di fronte al cristallino, si apre o si chiude come il diaframma di una macchina fotografica per regolare la quantità di luce che entra nell'occhio, mediante contrazione o dilatazione involontaria della pupilla. L'iride si rimpicciolisce gradualmente con l'età: i bambini e gli adulti giovani hanno pupille che possono dilatarsi fino a un diametro di 7 o 8 mm o maggiore, ma giunti ai 50 anni di solito il diametro massimo della pupilla si riduce a 5 mm, riducendo fortemente la capacità di raccolta di luce dell'occhio. La cornea e il cristallino, insieme, funzionano come un obiettivo di lunghezza focale variabile, che concentra la luce proveniente da un oggetto per formare un'immagine reale sulla superficie posteriore dell'occhio, chiamata retina. Dato che la pupilla si rimpicciolisce con l'età, la retina di una persona di 60 anni raccoglie circa un terzo della luce rispetto a quella di un trentenne.

La retina funziona come la pellicola di una macchina fotografica. Essa contiene circa 130 milioni di cellule fotosensibili chiamate coni e bastoncelli. La luce assorbita da queste cellule innesca reazioni fotochimiche nei nervi collegati a coni e bastoncelli. I segnali dei singoli coni e bastoncelli vengono combinati in una complessa rete di cellule nervose e trasferiti dall'occhio al cervello tramite il nervo ottico. Ciò che vediamo dipende da quali coni e bastoncelli vengono eccitati assorbendo la luce e dal modo in cui i segnali elettrici dai diversi coni e bastoncelli vengono combinati ed interpretati dal cervello. I nostri occhi "ragionano" molto su quali informazioni vengono inviate e quali vengono scartate.

I coni sono concentrati in una parte della retina detta fovea. La fovea ha un diametro di circa 0.3 mm e contiene 10000 coni e nessun bastoncello. Ogni cono in questa zona ha una fibra nervosa separata che porta al cervello lungo il nervo ottico. A causa del gran numero di nervi provenienti da questa piccola area, la fovea è la zona migliore della retina per risolvere dettagli minuti di un oggetto luminoso. Oltre a fornire una regione di grande acutezza visiva, i coni nella fovea e in altre parti della retina sono specializzati per captare i diversi colori della luce. La capacità di "vedere" i colori delle stelle è molto ridotta poiché l'intensità dei colori non è abbastanza grande per stimolare i coni. Un'altra ragione è che la trasparenza del cristallino diminuisce con l'età per l'aumentare dell'opacità. I bambini hanno cristallini molto trasparenti che trasmettono luce a lunghezze d'onda fino a 3500 Ångstrom, nel profondo violetto.

La concentrazione dei coni diminuisce all'esterno della fovea. In queste regioni periferiche predominano i bastoncelli. La loro densità sulla retina è all'incirca la stessa di quella dei coni nella regione della fovea. Tuttavia, i segnali luminosi captati da un centinaio di bastoncelli adiacenti sono convogliati insieme in una singola cellula nervosa che giunge al cervello. Questa combinazione dei segnali dei bastoncelli riduce la nostra capacità di distinguere dettagli minuti di un oggetto, ma ci aiuta a vedere oggetti debolmente illuminati, poiché tanti piccoli segnali vengono combinati per produrre un segnale intenso. Questo è il motivo per cui è più facile stimare la magnitudine di una stella variabile debole guardando non direttamente la stella, ma lateralmente a questa.

Un occhio normale può mettere a fuoco un oggetto in un intervallo di distanze da circa 8 cm all'infinito. Questa capacità di mettere a fuoco su oggetti a diverse distanze è detta accomodamento. Diversamente dalla macchina fotografica, che usa un obiettivo a lunghezza focale fissa ed una distanza dell'immagine variabile per accomodare diverse

distanze dell'oggetto, l'occhio ha una distanza dell'immagine fissa di 2.1 cm (la distanza da cornea e cristallino alla retina) e un obiettivo a lunghezza focale variabile. Quando l'occhio guarda oggetti distanti, il muscolo ciliare attaccato al cristallino dell'occhio si rilassa, e la lente diventa meno curva. Quando è meno curva, la lunghezza focale aumenta e l'immagine si forma sulla retina. Se il cristallino rimane appiattito e l'oggetto si sposta più vicino al cristallino stesso, l'immagine si

muove all'indietro al di là della retina, generando un fascio di luce confuso sulla retina. Per evitare questo, i muscoli ciliari si contraggono e producono un aumento della curvatura del cristallino, riducendone la lunghezza focale. Con una lunghezza focale ridotta, l'immagine si sposta nuovamente in avanti formandosi nitidamente sulla retina. Se i vostri occhi si stancano dopo molte ore di lettura, è perché i muscoli ciliari sono stati contratti per mantenere curvi i cristallini dei vostri occhi.

Il punto remoto dell'occhio è la maggior distanza di un oggetto che un occhio rilassato può mettere a fuoco. Il punto vicino dell'occhio è la minor distanza di un oggetto che un occhio contratto può mettere a fuoco. Per un occhio normale, il punto remoto è in effetti all'infinito (noi possiamo mettere a fuoco la Luna e le stelle lontane), mentre il punto vicino è a circa 8 cm. Questo "obiettivo zoom" variabile si modifica con l'età, e la minima distanza di messa a fuoco cresce fino a quando non diventa difficile mettere a fuoco su oggetti distanti anche 40 cm, rendendo mappe e strumenti più difficili da leggere. L'occhio che invecchia altera gradualmente il modo in cui percepiamo l'universo.

