

Usare il telescopio astronomico

di Davide Ballerini (2005)

1. Il telescopio

Il telescopio è un'apparecchiatura costituita fundamentalmente da tre parti ben distinte: tubo ottico, montatura (o supporto) e cavalletto.

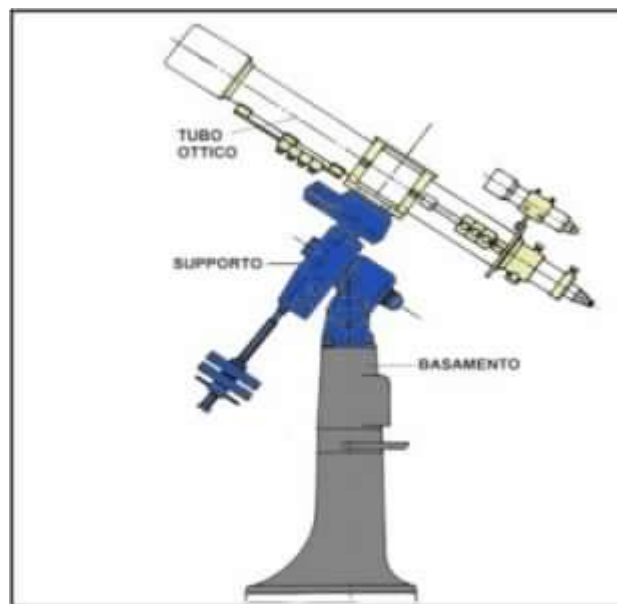


Fig. 1.1 - Rappresentazione di un telescopio generico

Il **tubo ottico** è l'elemento principale del telescopio; esso raccoglie la luce proveniente da un astro e la proietta dentro un barilotto, generalmente posto dietro il tubo stesso (ad eccezione degli schemi ottici newtoniani), dove i nostri occhi, poi, tramite l'utilizzo di un oculare, la catturano. I telescopi si distinguono in riflettori, rifrattori e misti (catadiottrici) a seconda dell'obbiettivo impiegato: specchio parabolico nel primo caso, lenti nel secondo caso e specchio e lenti opportunamente combinati nel terzo caso.

Per quanto riguarda la **montatura** c'è da ricordare che anche questa ha la sua importanza poiché dalla tipologia, dalla robustezza e solidità ne derivano sia la qualità sia le tecniche d'osservazione nonché le potenzialità dello strumento. Le montature sono concepite con due sistemi ben contraddistinti: altazimutale ed equatoriale.

Il **cavalletto** è quella struttura invece che assolve il compito di sostenere la montatura. Può essere costituito da un semplice treppiede (tipo quello fotografico) o da una colonna (mobile o fissa) o, nei casi di strumenti più professionali, da una base cementata permanente.

1. Rifrattori

In questo tipo d'obiettivo l'elemento ottico che raccoglie la luce è costituito (nel caso più semplice) da una **lente** che, grazie alla sua caratteristica d'essere convergente, concentra tutti i raggi luminosi in un unico punto preciso, chiamato **fuoco**, del suo asse focale.

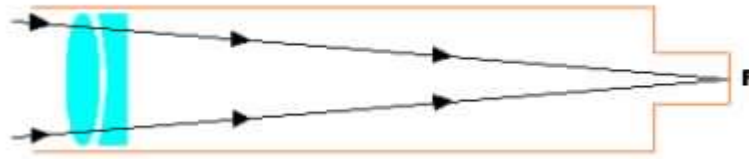


Fig. 1.2 - Schema ottico del rifrattore

Possiamo già ora determinare un parametro che caratterizza un telescopio: la **distanza focale** (F) che è definita come lo spazio che intercorre tra la lente ed il suo fuoco. Ne deriva quindi il **rapporto focale** ($f = F/D$ dove D è il diametro della lente) che definisce la luminosità di un telescopio (es.: rifrattore 80 mm (D) e 400 mm (F) => $f = 400/80 = 5$).

I vantaggi di un rifrattore sono:

- maggiore nitidezza e contrasto delle immagini (dovuto alla mancanza di un'ostruzione);
- immagine più tranquilla (essendo il tubo chiuso la turbolenza dell'aria è assente);
- immagini migliori nel loro insieme (a differenza degli specchi, impiegati nei riflettori, le lenti ammettono un maggior errore nella lavorazione).

Gli svantaggi invece sono:

- limite nel diametro della lente (a parità di diametro, lo spessore di una lente cresce notevolmente comportando il conseguente assorbimento elevato della luce da parte della lente stessa);
- costo elevato (sono strumenti che, a parità di diametro di un riflettore, possono essere dalle due alle otto volte più costosi);
- *aberrazione cromatica* residua (inconveniente che tende a contornare le immagini di una colorazione azzurra violacea).

In conseguenza proprio a questo difetto cromatico, che è spiegato schematicamente nella figura sottostante, è stato necessario utilizzare non più una lente semplice bensì di un **doppio acromatico** in grado di ridurre quell'inconveniente, nel rispetto però di una regola costruttiva che impone di realizzare lenti con lunghezze focali di valore non inferiore al quadrato del diametro della lente.



Fig. 1.3 - Come possiamo notare l'effetto dell'aberrazione cromatica tenderebbe a portare a fuoco due raggi, di diversa lunghezza d'onda, in due punti diversi dell'asse ottico (immagine a sinistra). Con l'introduzione di un altro elemento ottico si è però riusciti ad attenuare molto questo difetto (immagine a destra).

Da qualche anno però, si è riusciti a superare anche questo limite costruttivo, grazie all'introduzione degli **obiettivi apocromatici** nei quali, al doppietto acromatico, viene aggiunta una terza lente.

2. Riflettori

Nei telescopi riflettori gli obiettivi vengono costruiti mediante l'uso di uno **specchio** sferico che dopo aver raccolto la luce, la riflette (da qui il termine riflettore) concentrandola in un punto detto **fuoco**. Tutto ciò funziona però con diametri contenuti poiché, a parità di raggio di curvatura di uno specchio, un aumento del diametro introdurrebbe un difetto riconosciuto come *aberrazione sferica*. Quest'inconveniente provoca il sorgere di vari fuochi, sempre più arretrati lungo l'asse ottico (quindi immagini sfuocate), dovuti alla luce riflessa della zona periferica dello specchio. Tale fenomeno viene eliminato utilizzando al posto dello specchio sferico uno parabolico, la cui curvatura è calibrata affinché la luce riflessa si concentri esattamente in un unico punto. A seconda poi di com'è realizzato il fuoco, si possono avere le seguenti configurazioni ottiche: **a fuoco diretto, Newton o Cassegrain**.

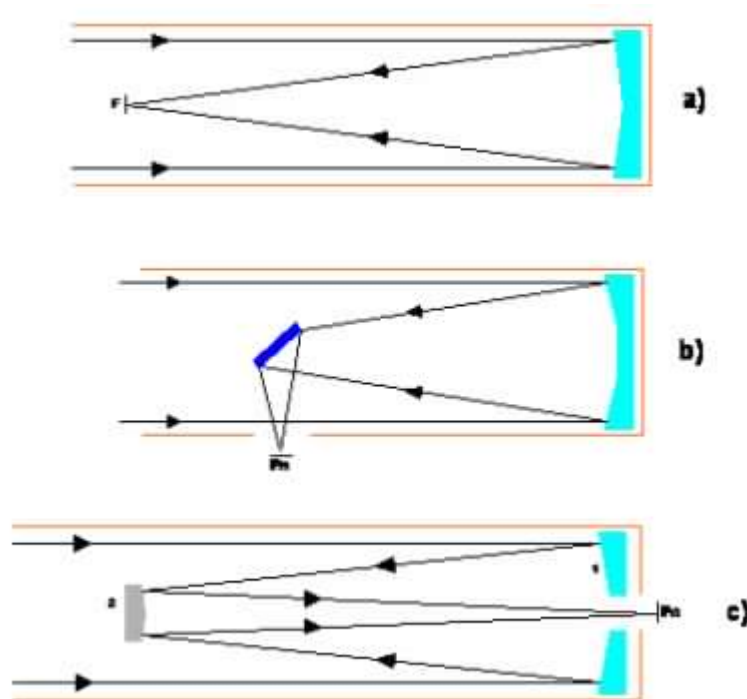


Fig 1.4 - configurazioni ottiche dei riflettori: a fuoco diretto (a), al fuoco Newton (b) e al fuoco Cassegrain (c)

Con gli specchi parabolici purtroppo entra in gioco un altro problema: quello della *coma*. Le immagini al centro ed in prossimità dell'asse ottico sono perfette, mentre quelle che si trovano sempre più distanti da questo, tendono a deformarsi assumendo una forma allungata. Ne consegue che per osservazioni nel visuale, quindi a forti ingrandimenti, la coma non disturba mentre nelle osservazioni e nella realizzazione di fotografie a grande campo tale fenomeno crea grosse difficoltà. Tuttavia anche questo problema col tempo è stato risolto, con l'introduzione di nuovi schemi ottici come i Cassegrain e **Schmidt-Cassegrain**. Qui si è preferito ritornare a adottare uno specchio sferico, ma che vede ora applicati nuovi accorgimenti.

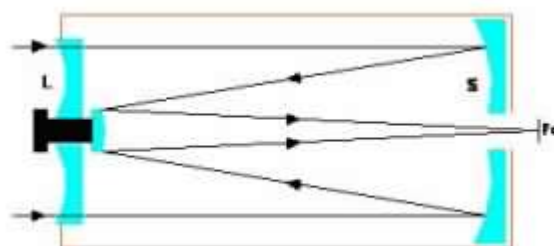


Fig. 1.5 - Configurazione ottica di uno Schmidt-Cassegrain. Con l'introduzione di una lastra correttiva (L) si è riusciti a risolvere il problema di aberrazione sferica sofferto dagli specchi.

La lastra correttrice (L), posta al centro del raggio di curvatura dello specchio (S), ha da una parte un lato piano e dall'altro una curvatura opportunamente lavorata per ovviare a quel difetto d'aberrazione sferica di cui avrebbe sofferto. Nei riflettori Schmidt-Cassegrain, in particolare, la lastra correttrice è collocata nel fuoco dello specchio, permettendo così di realizzare diametri grandi ma con lunghezza del tubo molto ridotta e quindi ingombri minimi. Tutto ciò a discapito del campo utile che, con questo schema ottico, ne esce alquanto limitato.

3. Misti (Catadiottrici)

Con questo termine sono identificati tutti quegli strumenti che, per formare l'immagine, utilizzano sia elementi a riflessione (specchi) che a rifrazione (lenti): gli stessi Schmidt-Cassegrain, in un certo senso, fanno parte di questa categoria. In questo caso la configurazione ottica usuale è quella che possiamo vedere nella figura sottostante.

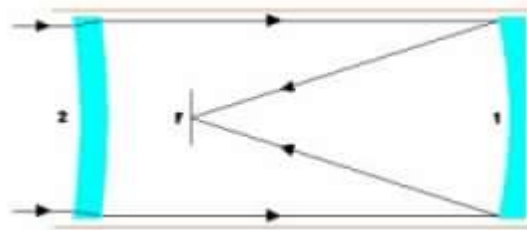


Fig. 1.6 - Schema ottico di un Maksutov. Al posto della lastra correttrice qui viene impiegata una lente, chiamata menisco (2), per sopperire al problema dell' aberrazione sferica sofferta dallo specchio (1).

Al posto di una lastra correttrice, troviamo un elemento chiamato menisco, consistente in una lente di potenza debolmente negativa, acromatica, e con concavità nello stesso senso dello specchio sferico a correggere così l'aberrazione sferica. Il vantaggio del **Maksutov** (com'è denominato questo telescopio), è quello d'avere tubi più corti rispetto agli Schmidt poiché il menisco, in questo caso, può essere posto poco più avanti del fuoco, ma tutto ciò a discapito dell'apertura che è molto limitata.

Una configurazione ottica molto conosciuta e maggiormente impiegata in campo commerciale è quella del **Maksutov-Cassegrain** dove, posteriormente al menisco, è riportata un'alluminatura tramite la quale l'immagine è riflessa lungo l'asse ottico fino a raggiungere il fuoco Cassegrain. Solo dopo varie evoluzioni, però, si è arrivati a realizzare uno schema ottico veramente eccezionale quale quello denominato **Sigler-Maksutov**, dove l'interposizione di uno specchio secondario a metà strada tra il principale ed il correttore ha permesso di ottenere una configurazione con ingombri ridotti con un campo di un paio di gradi privo d'aberrazione sferica, cromatica, coma e astigmatismo pur mantenendo tutte le superfici sferiche. L'unico svantaggio posseduto è la curvatura di campo che ha la concavità rivolta verso il cielo.

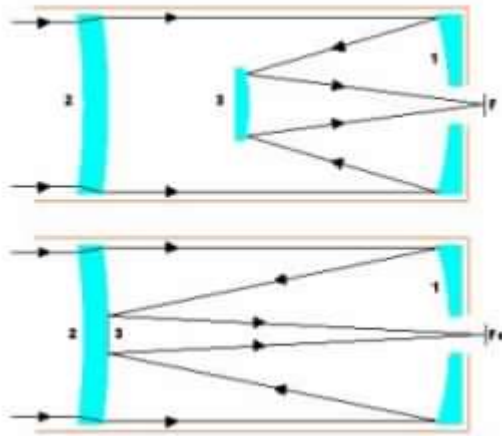


Fig. 1.7 - Schema ottico di un Maksutov-Cassegrain (immagine inferiore). In questa soluzione un alluminatura (3) nella parte posteriore del menisco assolve il compito di riflettere i fasci luminosi al fuoco Cassegrain. Nell'immagine superiore invece è rappresentato lo schema ottico di un Sigler-Maksutov; qui al posto dell'alluminatura viene interposto lungo l'asse ottico, in una posizione più vicina al fuoco, uno specchietto secondario (3). Con questa configurazione, oltre a ridurre gli ingombri, si è riusciti ad eliminare quasi tutte le aberrazioni ottiche.

Visualizza "Appendice A" per scheda tecnica e aberrazioni delle ottiche.

2. Le montature

In un telescopio la montatura non è altro che il supporto meccanico dove viene agganciato il tubo ottico e che gli consente il movimento lungo due assi. L'importanza di questo pezzo è fondamentale poiché dalla sua solidità e robustezza, associata ad un buon cavalletto, dipendono molto il tipo e la qualità delle osservazioni, nonché l'attività astro-fotografica.

Principalmente le montature si dividono in due categorie: **altazimutali** ed **equatoriali**. La prima, per la sua semplicità, ha scarso utilizzo nel settore amatoriale: infatti, è abbinata quasi sempre a strumenti economici o a quelli destinati all'osservazione terrestre. La seconda, invece, ha un più ampio utilizzo nel campo astronomico. Grazie alle sue caratteristiche tecniche, come vedremo più avanti, diventa la soluzione ideale per l'osservazione degli astri. A conferma di questo, sul mercato troviamo un'infinità di modelli di montature equatoriali dalle più economiche/leggere, destinate ai piccoli strumenti, alle più costose/robuste, impiegate per i telescopi professionali.

1. Altazimutali

Come già accennato, questo tipo di soluzione, grazie proprio alla sua semplicità, viene utilizzata per i piccoli strumenti che li rendono di facile trasporto.

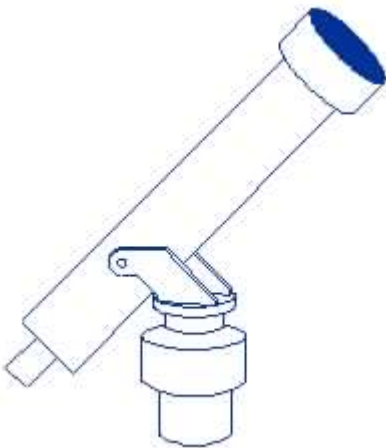


Fig. 2.1 - Rappresentazione di un telescopio rifrattore su montatura altazimutale a forcella

Nelle montature altazimutali, che si dividono principalmente in tre tipologie (a perno, a forcella e a sbalzo), il movimento del tubo ottico avviene attorno a due assi perpendicolari tra loro: l'**asse verticale** che punta lo zenit, ci consente la rotazione in azimut, l'**asse orizzontale**, parallelo al terreno, ci permette lo spostamento in altezza.

Purtroppo, non essendo nessuno di questi due movimenti, anche presi singolarmente, associabili al percorso apparente degli astri nella sfera celeste, questo tipo di montature hanno avuto uno scarso utilizzo nel campo astronomico amatoriale (tenendo presente anche che la tecnologia per l'applicazione di motori per l'inseguimento avrebbe poi richiesto costi elevati, non giustificabili per questo tipo di strumenti).

2. Equatoriali

Concettualmente questo tipo di montatura possiede, come per l'altazimutale, due assi perpendicolari per effettuare il movimento, ma a differenza del primo caso, qui l'asse verticale è diretto verso il polo celeste prendendo il nome di **asse polare** o **asse orario**. L'altro, invece, è chiamato **asse di declinazione** poiché tramite esso imposteremo le coordinate di declinazione di un astro, che non è altro che l'altezza di quest'ultimo, espressa in gradi, dall'equatore celeste.

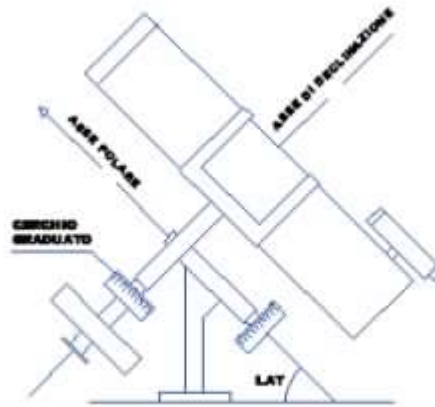
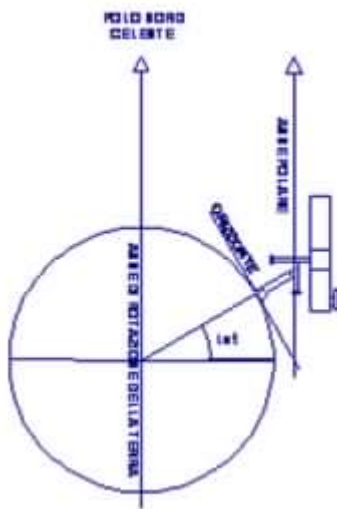


Fig. 2.2 - Rappresentazione di un telescopio Newton su montatura equatoriale. Sono evidenziati l'asse di declinazione e l'asse polare con i rispettivi cerchi graduati. L'asse polare, od orario, dovrà essere sempre puntato verso il polo nord celeste per avere una corretta messa in stazione. Esso pertanto assumerà un'angolazione, rispetto al piano terreno, che coinciderà perfettamente con la latitudine (LAT) del luogo d'osservazione in cui ci troviamo.



La montatura equatoriale possiede un sistema di regolazione con una scala graduata in latitudine che, a seconda del luogo d'osservazione in cui ci si trova, una volta inserito il valore opportuno, permette all'asse polare di orientarsi verso il Polo Celeste (Nord o Sud) assumendo una direzione parallela all'asse di rotazione della Terra.

La montatura equatoriale, grazie alla sua caratteristica, permette di poter orientare il proprio asse polare con il polo celeste da una qualsiasi latitudine ci si trovi ad osservare. Questa prerogativa la rende notevolmente più adatta, rispetto alla montatura altazimutale, all'attività astronomica, dove l'esigenza di ridurre al minimo le vibrazioni durante i movimenti d'inseguimento è fondamentale. Con una corretta messa in stazione, come avremo modo di vedere nei capitoli successivi, riusciremo a dare alla montatura equatoriale un assetto tale da dover poi compiere solo un unico movimento (sull'asse polare) per mantenere centrato nel nostro campo visivo l'astro che stiamo osservando. Fattore importante, inoltre, è che quest'impostazione permette di agganciarsi bene al sistema equatoriale di coordinate celesti per il puntamento degli oggetti del cielo.

Con quest'impostazione è sufficiente un unico movimento attorno all'asse polare ed in opposizione al moto diurno della Terra per inseguire gli astri; ciò viene oggi realizzato, per la maggior parte delle montature, con un semplice ed economico motorino sincrono.



Fig. 2.3 a - Montatura equatoriale alla tedesca. **Fig. 2.3 b** - Montatura equatoriale a forcella

Esistono varie versioni di montature equatoriali, ma le più diffuse sono quelle alla tedesca e quelle a forcella. Le prime (figura 2.3 a) sono più indicate a tubi ottici piuttosto lunghi, come i rifrattori, grazie alla loro libertà d'orientamento ed alla loro compattezza; mentre le seconde (figura 2.3 b) vengono abbinata a strumenti come i riflettori, di dimensioni più corte, con il vantaggio di garantire un'accessibilità a qualsiasi punto del cielo e, a parità di peso e ingombro, una stabilità superiore.

3. Gli oculari

Il compito del tubo ottico è quello, come abbiamo visto, di raccogliere la luce e concentrarla in un punto che viene chiamato fuoco. L'immagine che otteniamo ora in questo punto è talmente piccola che se presa così, il nostro occhio, il cui potere risolutivo è molto basso, non riuscirebbe a distinguere nessun dettaglio. Per ovviare a questo problema si è reso necessario, pertanto, l'impiego di una lente d'ingrandimento capace di rendere accessibili tutti quei particolari contenuti nell'immagine: questa lente prende il nome di **oculare**.

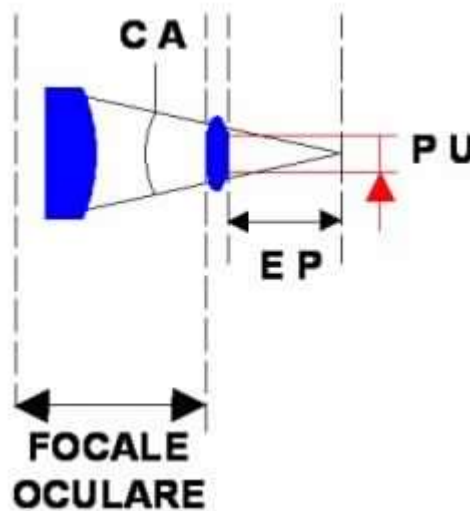


Fig. 3.1 - Rappresentazione dei parametri di un oculare:
Campo apparente (CA), Estrazione pupillare (EP), Pupilla d'uscita (PU), Lente di campo (Lc), Lente dell'occhio (Lo)

Possiamo quindi subito determinare una caratteristica che va a distinguere questi dispositivi ed è il **potere d'ingrandimento** (I_o) identificato col termine "X" (leggi per). Questo valore, che troviamo riportato solitamente sugli oculari destinati ai microscopi, è strettamente legato alla sua focale dalla formula $I_o = 250/fo$. Nell'uso astronomico, invece, per una questione di praticità, viene più propriamente indicata dell'oculare la sua focale. In questo caso, infatti, gli ingrandimenti sono il risultato di un sistema di calcolo globale (obiettivo-oculare) determinato esattamente dal rapporto: *focale obiettivo / focale oculare*. A tal proposito non va dimenticata una regola fondamentale alla quale attenersi durante l'osservazione con il telescopio: e cioè quella che pone un limite massimo e minimo agli ingrandimenti applicabili (vedi [scheda tecnica](#)).

- Il **limite massimo** dipende direttamente dal diametro dello strumento e precisamente dal doppio della sua misura espressa in millimetri. Cioè significa che con un tubo da 200 mm di diametro si possono avere al massimo 400X (200x2). Superare questo limite comprometterebbe la qualità dell'osservazione, poiché le immagini tenderanno a decadere sia in dettaglio sia in nitidezza, apparendo sempre più sfuocate e confuse al nostro occhio man mano che aumentano gli ingrandimenti.
- Per il **limite minimo**, invece, dovremmo tener conto della **pupilla d'uscita** (PU), intesa come diametro del fascio di luce uscente dall'oculare. Essa dipende dal rapporto: *diámetro obiettivo / ingrandimenti*. Poiché l'occhio umano ha un diametro pupillare di circa 7mm ne consegue che l'applicazione d'ingrandimenti che forniscono valori della pupilla d'uscita superiore a questo si tradurranno in una perdita dell'immagine visiva.

Ad esempio se avessimo un telescopio di 250 mm di diametro e di 2000 mm di focale l'utilizzo di un oculare di 40 mm sarebbe da evitare.

Infatti, in base ai calcoli avremmo che:
 $I = F.ob / F.oc = 2000 \text{ mm} / 40 \text{ mm} = 25x \text{ PU} = D(\text{mm}) / I = 250 \text{ mm} / 25 = 10 \text{ mm}$

Un altro parametro che caratterizza un oculare è il **campo apparente** (CA), valore che spesso viene riportato affianco a quello della lunghezza focale, esso rappresenta in pratica l'angolo, espresso in gradi, che sottende la lente di campo verso l'occhio quando questo è accostato all'oculare. Dal campo apparente potremmo essere in grado poi di dedurci il campo reale, cioè il vero campo effettivo che l'osservatore vede guardando con il telescopio, in base al rapporto *campo apparente* / *ingrandimenti*.
 Ad esempio, volendo utilizzare un oculare da 12 mm di focale e 65° di campo apparente su di un telescopio con le caratteristiche identiche a quelle precedenti, avremo:
 $I = F.ob / F.oc = 2000 \text{ mm} / 12 \text{ mm} = 167x \text{ CR} = CA / I = 65^\circ / 167 = 0,39^\circ$
 Quindi 0,39° rappresenta il valore del campo effettivo che noi vedremmo con questa configurazione.

L'**estrazione pupillare** (EP) è definita, invece, come la distanza alla quale dovremmo tenerci con il nostro occhio dall'oculare (precisamente dalla lente dell'occhio) affinché si riesca ad individuare tutto il campo visuale. Purtroppo con il diminuire della lunghezza focale dell'oculare questo valore di EP tende a ridursi. Trovandosi quindi ad utilizzare forti ingrandimenti (oculari a corta focale) si presenta il rischio, dovendo avvicinare di molto l'occhio, di sporcare la lente con il liquido lacrimale, senza poi escludere il fattore scomodità che ne può derivare da una tale osservazione. Pertanto un consiglio è di non trascurare questa caratteristica al momento della scelta dell'oculare, cercando di optare, compatibilmente alle proprie possibilità, per estrazioni pupillari di valore piuttosto elevato.

Anche gli oculari hanno subito nel tempo una loro evoluzione. Un processo che, nel tentativo di migliorare qualità e campo visivo, ha determinato il generarsi di diverse tipologie ottiche (come possiamo vedere schematicamente nella figura 3.2), tutte contraddistinte da una particolare combinazione d'elementi negativi e positivi. Questa ricerca oggi ha trovato nello schema **ortoscopico Abbe** la soluzione ottimale dove il compromesso tra qualità visiva, campo apparente e costo di produzione lo hanno fatto prediligere agli altri.

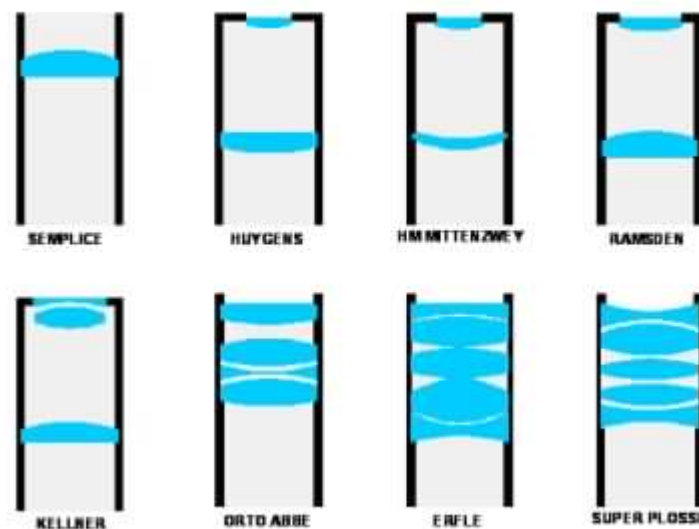


Fig. 3.2 - Rappresentazione di schemi ottici degli oculari più conosciuti. Partendo da quello a lente semplice, posto in alto a sinistra, si è arrivati pian piano con l'evoluzione nel tempo a schemi sempre più sofisticati fino a raggiungere i livelli degli erfle e dei super plossl.

Soltanto con alcuni schemi eccezionali si è riusciti in seguito ad avere un qualche progresso in più, come per esempio per gli oculari **Erfle**. Ma non illudiamoci perché qui di miglioramenti se ne sono avuti solo per il campo apparente che risulta più ampio; per il resto, le prestazioni sono identiche a quelle degli ortoscopici. Oltre a questi, si sono sviluppati altri tipi d'oculari, alcuni dei

quali davvero insoliti: purtroppo però per gli elevati costi di produzione, dovuti alla loro complessità, e per i pochi vantaggi in più che offrivano, non hanno avuto molto successo.

Un'altra cosa importante da sapere sugli oculari, è che vengono costruiti con **barilotti** (così sono chiamate le strutture che contengono le lenti) con tre diversi diametri, che sono: 24,5 mm (in pollici, 1"), 31,8 mm (in pollici, 1,25") e 50 mm (in pollici, 2"). La prima misura interessa una fascia di prodotto piuttosto economica destinata ai piccoli strumenti; la seconda invece ha un ampio utilizzo nel settore amatoriale, per telescopi più impegnativi; infine, la terza fa parte di quel mondo professionale o amatoriale avanzato dove troviamo strumenti di livello nettamente superiore. Tuttavia, in commercio, si trovano degli adattatori speciali che permettono di poter utilizzare sullo stesso tubo le tre diverse misure d'oculare.

4. La messa in stazione

Con la messa in stazione, inizieremo una serie d'argomenti nei quali affronteremo quell'aspetto pratico dell'astronomia relativo all'uso dei telescopi e dei suoi accessori. Avremo anche modo di apprendere le tecniche che vengono impiegate in tutte le operazioni che effettueremo su di uno strumento, volgendo una particolare attenzione alle varie problematiche che man mano si presenteranno.

1. Metodo approssimativo

Naturalmente per procedere ad una messa in stazione dovremo aver già montato il nostro telescopio in tutte le sue parti ed averlo bilanciato. Inizieremo pertanto dal **cavalletto** che andrà sistemato sul terreno cercando di garantirgli la massima stabilità. Otterremo un buon risultato in questo senso se apriremo bene le tre gambe e se limiteremo il loro allungamento. Con una maggiore apertura guadagneremo, infatti, una base d'appoggio più ampia e con un baricentro mantenuto il più basso possibile avremo sicuramente una struttura più salda, anche se a discapito della comodità. Alcuni cavalletti hanno sulla piastra base, dove andrà applicata la montatura, un riferimento per il Nord (di solito viene incisa una "N"): questa sta ad indicarci che quel lato dovrà essere orientato appunto in quella direzione.

Possiamo sistemare, a questo punto, la nostra **montatura** che verrà agganciata tramite un perno filettato, posto sotto la base del cavalletto. Ovviamente, dove è previsto, dovremo prestare attenzione alle due viti antagoniste di regolazione in azimut che dovranno coincidere con il relativo pernetto posto sopra la piastra base in corrispondenza dell'indice Nord ("N"). Una volta posizionata la montatura, si potrà procedere al livellamento. Quest'operazione consiste nel portare il piano della base parallelo al terreno facendo delle piccole correzioni in lunghezza sulle tre gambe del cavalletto; aiutandoci poi con una livella, che ormai la maggior parte delle montature ha in dotazione, controlleremo il nostro lavoro (*messa in bolla*).

L'ultimo pezzo che ci rimane da montare, per completare il nostro telescopio, è il **tubo ottico**. Questo, per rispondere a determinate esigenze di movimento, è dotato di una staffa di collegamento con un profilo sagomato a coda di rondine che andrà ad inserirsi nel corrispondente supporto femmina della montatura; qui verrà poi mantenuto fermo da una vite di bloccaggio.

Assemblato il tutto, siamo finalmente pronti per sottoporre il nostro strumento alle prove di bilanciamento. Queste serviranno a garantire ad entrambi gli assi, orario e di declinazione, un tipo di movimento fluido, omogeneo in tutte le posizioni di lavoro del tubo ottico, ma soprattutto realizzabile con il minimo sforzo. Per l'asse orario raggiungeremo la giusta equilibratura facendo scorrere i contrappesi lungo l'asta di un tanto che vada a controbilanciare dall'altra parte il peso dell'obiettivo comprensivo dei suoi eventuali accessori (tipo oculari, telextender, guida fuori asse, macchina fotografica, etc. etc.). Per effettuare questa correzione dovremo naturalmente ruotare il nostro telescopio in maniera tale da avere l'asse di declinazione parallelo al terreno. Nella stessa posizione poi potremo controllare il corretto bilanciamento anche di quest'asse. Esso sarà ottenuto facendo scorrere il tubo ottico lungo il supporto della montatura, di una quantità tale che gli permetta di mantenersi stabile e quindi di non cadere né in avanti né indietro nei vari spostamenti che subirà. Nei telescopi rifrattori invece, dove al posto delle staffe a coda di rondine avremo degli anelli come sostegno, sarà il tubo stesso che dovrà scorrere al loro interno.

Con lo strumento così preparato potremo passare subito alla sua **messa in stazione**. Questo procedimento permette di sfruttare il gran vantaggio offerto dalla montatura equatoriale, quello di poter controbilanciare il moto di rotazione terrestre con il solo movimento di un asse. Per realizzarlo, dovremo innanzi tutto regolare l'altezza dell'asse polare della montatura impostando nella scala graduata il valore di latitudine del luogo d'osservazione (ricordiamo che in Italia questo valore oscilla per il Settentrione da 44° a 47°, per il Centro da 42° a 44° e per il Meridione

da 37° a 42°). Fatto questo dovremo orientare questo asse verso il Polo Celeste che, nel nostro caso, essendo nell'emisfero boreale, è quello Nord.



Fig. 4.1 - Nell'effettuare la messa in stazione di un telescopio equatoriale, per prima cosa dovremo impostare l'inclinazione dell'asse polare con un angolo pari alla latitudine del luogo, dopodiché si cercherà di puntarlo sulla Polare.

Con il tubo parallelo all'asse orario, quindi, cercheremo di puntare la Stella Polare ad occhio che, come sappiamo, ha una posizione quasi coincidente con il Nord Celeste. Terminata questa operazione, avremo così impostato il nostro telescopio in maniera tale da avere il suo asse polare parallelo all'asse di rotazione terrestre come vediamo rappresentato in figura:

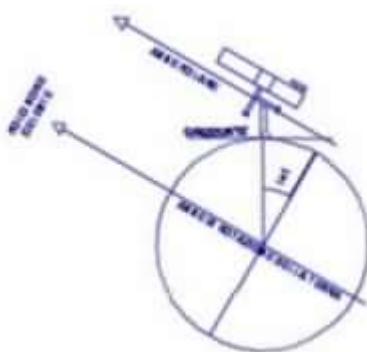


Fig. 4.2 - Messa in stazione del telescopio. In questa maniera l'asse polare risulterà parallelo all'asse di rotazione terrestre; così facendo sarà sufficiente compiere un unico movimento per poter inseguire gli astri.

Tuttavia, non illudiamoci poiché quella che abbiamo eseguito è una messa in stazione grossolana con errore di qualche grado, utile solo per un'osservazione rapida degli oggetti più brillanti del cielo, come la Luna e i pianeti. Se dovessimo invece dedicarci ad un'osservazione più approfondita o, meglio ancora, se volessimo praticare della fotografica astronomica, allora dovremmo rifinire la nostra messa in stazione a tal punto da renderla precisa fino al mezzo grado circa.

Per raggiungere questa perfezione, oggi abbiamo a disposizione diverse tecniche; quella più recente, e anche più rapida, prevede l'utilizzo del cannocchialino polare, ormai presente nella maggior parte delle montature, mentre per quelle che ancora non ne sono provviste rimane idoneo il metodo che utilizza il cercatore, assicurandosi però che esso sia ben collimato con l'ottica principale e con l'asse polare. Tuttavia il procedimento che tecnicamente viene riconosciuto come il più valido è, senza ombra di dubbio, quello proposto dal metodo universale o *Bigourdan* che, oltre ad avere il pregio di garantire una precisione superiore agli altri metodi, ha anche il vantaggio di consentire una messa in stazione in assenza della Polare.

2. Messa in stazione di precisione

La gran parte delle montature, eccetto quelle delle versioni più economiche, oggi vengono progettate con l'asse polare cavo, in considerazione del fatto che qui vi andrà poi alloggiato un piccolo cannocchialino destinato al puntamento della Polare. Con questo accorgimento risulterà molto semplice, ma soprattutto molto rapido, poter stazionare un telescopio. Sarà sufficiente, infatti, orientare in maniera grossolana l'asse orario con il Nord Celeste e poi centrare nel crocicchio illuminato, esistente all'interno del cannocchialino, la Stella Polare, facendo uso però solo dei movimenti in azimuth e in latitudine della montatura. In questo caso l'errore di puntamento non supererà mai il valore di un grado essendo la Polare distante circa 47' dal polo vero.

Questo risultato può essere ancora migliorato se si impiega un tipo di cannocchialino, come quello rappresentato in figura 4.3, dove lungo un asse del crocicchio viene riportata una scala graduata e un cerchietto disegnato esattamente alla distanza di 47' dal centro. Così, portando l'immagine della Polare all'interno di quel cerchietto, significherà ridurre l'errore di puntamento di soli pochi primi d'arco, rendendo la nostra messa in stazione talmente precisa da concederci anche la fotografia a lunga posa.

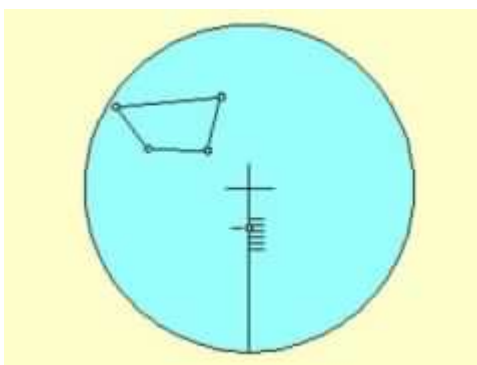
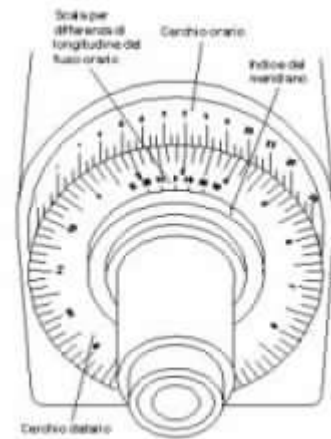


Fig. 4.3 - Guardando attraverso un certo tipo di cannocchiale polare potrebbe capitare di vedere un'immagine come questa. Il mirino centrale è dotato di una scala graduata con un cerchietto; se all'interno di quest'ultimo, rispettando una certa procedura, vi faremo capitare la stella Polare, commetteremo un errore nella messa in stazione di soli pochi primi d'arco. Il trapezio con i cerchietti rappresenta il riferimento per effettuare la messa in stazione nell'emisfero australe, puntando il Polo Sud.

Nel riquadro qui sotto riportiamo la descrizione di una procedura di messa in stazione, con il cannocchiale a scala graduata (tipo quello rappresentato nella figura), presente in alcuni particolari modelli di montatura.

Messa in stazione con cannocchiale polare

Come possiamo vedere dalla figura in questo tipo di montatura, oltre al cerchio orario comune a tutte le altre, compare un cerchio datario. Questo, nel settore esterno riporta la suddivisione dei dodici mesi dell'anno in una scala graduata, mentre in una zona della parte interna è incisa una scala per differenza di longitudine, che misura la nostra distanza angolare, nelle direzioni Est ed Ovest del meridiano del fuso. Allineando il cerchio orario con il cerchio datario, secondo un criterio ben preciso, riusciremo a conoscere, tramite il reticolo interno del cannocchiale polare, l'esatta posizione della polare (il cerchietto) rispetto al Polo Nord Celeste. Per applicare questo procedimento, dovremo conoscere la longitudine della nostra località osservativa. Dalla differenza angolare che essa ha con il meridiano del fuso orario più vicino otterremo un valore che, considerando dove ci troviamo rispetto a questo meridiano (Est od Ovest), andrà opportunamente inserito nella scala per differenza di longitudine, usando come riferimento l'indice del meridiano. Quest'ultimo lo troveremo inciso nell'anello sottostante il cerchio datario, contraddistinto da una tacca bianca.



Facciamo alcuni esempi per capire meglio. Se ci trovassimo in una località con longitudine 13° , la nostra differenza avrebbe valore 2° Ovest, poiché il meridiano del fuso più vicino in questo caso è quello di 15° e la nostra posizione rispetto a questo è ad Ovest. Se ci fossimo invece trovati in un luogo con longitudine 20° la differenza sarebbe stata di 5° Est; il meridiano più vicino sarebbe sempre lo stesso, quello di 15° , ma la nostra posizione rispetto ad esso questa volta sarebbe stata verso Est. Appena trovato questo valore lo andremo ad inserire nel cerchio datario. Poi ruoteremo l'asse polare fino a far coincidere il cerchio datario, che si muoverà contemporaneamente ad esso, con il settore orario per la data e l'ora in cui si sta facendo quest'operazione di stazionamento. Teniamo presente che se è in vigore l'ora legale estiva dovremo sottrarre un'ora. Con quest'impostazione avremo trovato la giusta posizione della Polare rispetto al Nord vero. Ora non ci rimane che centrarla nel cerchietto del reticolo facendo uso dei soli movimenti micrometrici in altezza e in azimut della montatura.

Potremo controllare, a distanza di tempo, la precisione di quest'allineamento: basterà muovere di nuovo l'asse Polare, fino a far coincidere i cerchi datario e orario per la data e l'ora di quel momento e verificare se la Polare si riposiziona all'interno del cerchietto.

Collimazione del cannocchiale polare

Acquistando la montatura, di solito il cannocchiale polare lo troviamo già montato e collimato con l'asse polare e non necessita di nessun'altra messa a punto. Potrebbe capitare, però, che durante il trasporto, questo si possa disallineare oppure può succedere benissimo che la ditta costruttrice lo fornisca a parte come accessorio. Allora in questi casi dovremo essere in grado di compiere da soli quelle operazioni necessarie alla sua installazione e calibrazione. Vediamo passo per passo cosa si dovrà fare in questo procedimento. Sarà utile avere la montatura libera da ogni ingombro, quindi, salvo che non stiamo montando il telescopio per la prima volta, dovremo togliere il tubo ottico e la barra con i contrappesi. Allentando poi la leva di regolazione in altezza, porteremo l'asse polare parallelo al terreno e dopo aver inserito il nostro cannocchialino all'interno della cavità, lo bloccheremo con le tre viti a 120° in una posizione più centrale possibile. Ruoteremo, in seguito, l'asse orario fino a quando la piastra di fissaggio del tubo non si trovi a destra della montatura.

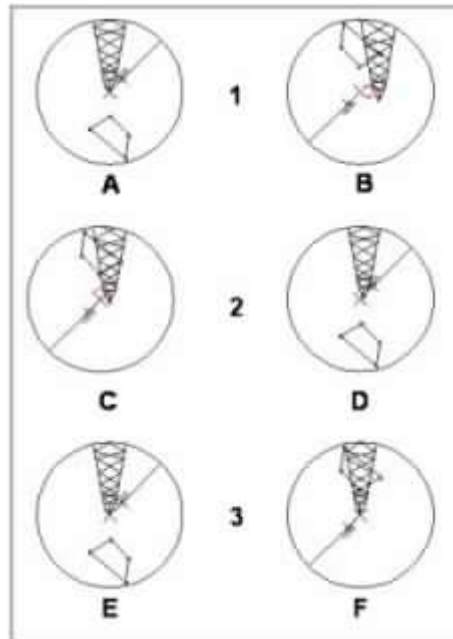


Fig. 4.5 - Sequenza delle operazioni da eseguire per effettuare la collimazione di un cannocchiale polare. Seguire il testo per comprendere la procedura.

Ora dovremo cercare un oggetto esterno posto ad una distanza di circa 2 Km, che abbia una forma idonea per essere preso come riferimento (tipo la punta di un campanile, un'antenna o la cima di un palo) e lo posizioneremo al centro del crocicchio usando i moti micrometrici d'altezza e azimut della montatura, come rappresentato nella figura 4.5 A. Una volta centrato l'oggetto, ruoteremo di nuovo quest'asse di 180° nella parte opposta, portando la piastra di fissaggio del tubo nel lato sinistro del telescopio. Il nostro riferimento con molta probabilità non sarà più centrato, poiché con il movimento di rotazione il centro del crocicchio avrà tracciato un piccolo semicerchio (figura 4.5 B), effetto dovuto al disassamento del cannocchialino con l'asse polare. Da questa posizione, facendo uso delle viti di regolazione poste a 120°, vicino alla messa a fuoco, cercheremo di portare il centro del crocicchio nel centro di questo semicerchio come vediamo in figura 4.5 C. Dopodiché, ruoteremo ancora quest'asse di 180° nel senso opposto, ritornando sul lato destro e controlleremo se il nostro riferimento si è disposto al centro (figura 4.5 D). Sarà difficile che con il primo tentativo avremo raggiunto lo scopo, ma guardando bene ci saremo accorti che con questa seconda rotazione il centro del crocicchio avrà tracciato un semicerchio ancora più piccolo. Utilizzando, quindi, i movimenti in azimut e altezza punteremo di nuovo il nostro riferimento (figura 4.5 E) e ruoteremo l'asse di 180° verificando il corretto allineamento (figura 4.5 F). Queste operazioni andranno ripetute fino a quando il crocicchio girerà solamente su se stesso, a quel punto avremo la certezza di aver collimato alla perfezione il cannocchiale polare con l'asse meccanico.

3. Messa in stazione con il cercatore

Se la nostra montatura non possiede un cannocchiale polare, allora dovremo ricorrere all'uso del cercatore per effettuare la messa in stazione. Per prima cosa in questo procedimento dovremo ruotare il tubo principale fino a che non risulti parallelo all'asse polare, dopodiché piazzeremo il telescopio in maniera che sia orientato verso il Nord celeste. Quando riusciremo ad individuare la polare nel campo del cercatore cercheremo di portarla, attraverso sempre i moti micrometrici in altezza e in azimut, nel centro del crocicchio. Con questo metodo l'errore di puntamento potrà essere contenuto nell'ordine di un grado a patto che abbiamo eseguito una buona collimazione tra cercatore e tubo principale.

Collimazione del cercatore

Appena montato il nostro telescopio, la prima cosa che dobbiamo fare è quella di allineare bene il cercatore con il tubo principale. In quest'operazione, che va fatta possibilmente di giorno, dovremo prendere dei punti di riferimento esterni lontani da noi circa un paio di chilometri e con forme che possano facilitare il puntamento, come la cima di un campanile, la punta di un traliccio elettrico o un'antenna televisiva.

Dopo aver inserito il cercatore nell'apposito supporto scegliamo un riferimento e, usando un oculare a basso ingrandimento, lo punteremo con il tubo principale portandolo al centro del campo visivo. A questo punto il cercatore dovrà essere regolato utilizzando le tre viti a 120 gradi del supporto, fino a che non centriamo nel suo crocicchio l'obbiettivo prescelto. Una volta trovata la posizione giusta, cambieremo l'oculare inserendone uno ad alto ingrandimento e facendo le dovute correzioni sul cercatore potremo raffinare la precisione del nostro allineamento.

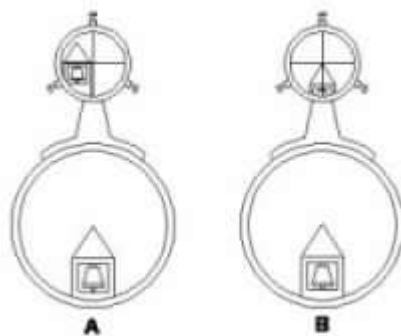


Fig. 4.6 - Collimazione del cercatore. Nell'immagine A viene raffigurato un esempio di cercatore non allineato con il tubo principale. Prendendo un riferimento esterno riusciremo a correggere questa impostazione agendo sulle viti a 120 gradi del cercatore (immagine B).

Questa collimazione però, a causa di vibrazioni e colpi accidentali, nel tempo potrebbe venire meno, quindi sarebbe opportuno, di tanto in tanto, o addirittura meglio, prima di iniziare la nostra osservazione, controllarla ed eventualmente ripristinarla.

4. Messa in stazione con il metodo universale (Bigourdan)

Questo procedimento, che viene chiamato anche metodo Bigourdan, dal suo scopritore, ha il grande vantaggio di permettere una messa in stazione in assenza della stella Polare e con telescopi privi di cerchi graduati. A differenza degli altri metodi qui le operazioni da eseguire sono un po' più lunghe e un po' più laboriose, ma sicuramente vengono ripagate dall'elevata precisione che si può raggiungere nell'impostazione dello strumento.

Inizieremo cercando di orientare in maniera approssimativa l'asse orario del telescopio con il Nord celeste, poi andremo a puntare con il tubo una stella che sia prossima all'equatore celeste e che sia sulla linea del meridiano, con una tolleranza di circa 30 minuti. Usando un oculare ad alti ingrandimenti, possibilmente dotato di un reticolo o di un semplice crocicchio, ne controlleremo, compensando il movimento della Terra, il comportamento al centro del campo visivo. Se la stella tende a spostarsi verso Nord (quindi in basso nella visione telescopica), significa che l'asse polare è stato orientato verso Ovest. Per correggere l'errore, quindi, dovremo spostarlo verso Est, usando il movimento in azimut. Naturalmente se la stella tende a dirigersi verso Sud (in alto in questo caso), allora l'asse punta verso Est e andrà corretto nell'altra direzione. Continueremo a controllare lo spostamento della stella, facendo regolazioni sempre più fini, fin tanto che non la vedremo mantenere una posizione fissa al centro dell'oculare per almeno 5 minuti. Solo dopo avremo la certezza che l'asse polare è stato registrato bene in azimut.

Ora, dovremo regolare l'altezza, per questa prenderemo in esame una stella posta a circa 6 ore dal meridiano e ad una declinazione di $+40^\circ$ o $+50^\circ$. Se l'astro che puntiamo si trova ad Est del meridiano, avremo una deriva verso Nord con l'asse polare regolato più alto del dovuto, mentre viceversa uno spostamento della stella verso Sud ci indicherà che l'asse ha un'altezza troppo bassa. E' ovvio che se prenderemo in considerazione una stella situata ad Ovest del meridiano gli effetti saranno opposti; se la stella si dirige a Nord significa che l'asse polare punta troppo basso e viceversa nell'altro caso (ricordiamo sempre che l'immagine del telescopio è rovesciata, l'alto corrisponde al Sud e il basso al Nord!).

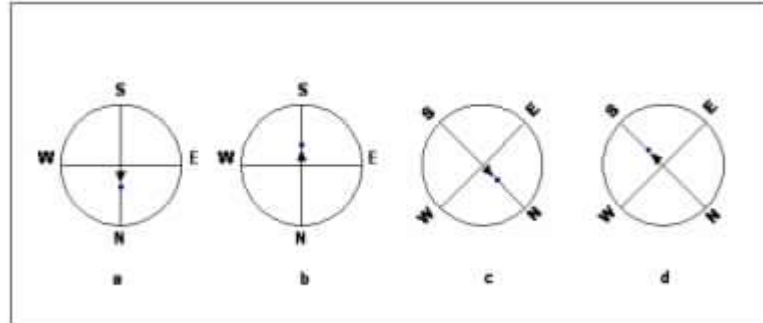


Fig. 4.7 - Rappresentazione di quello che potrebbe accadere ad una stella durante un'operazione di messa in stazione con il metodo universale. Nella figura "a" la stella migra in basso (quindi Nord per la visione telescopica), ciò sta a significare che il nostro asse polare punta ad Ovest. Nella figura "b", invece, accade il contrario l'asse polare punta ad Est. Nelle figure "c" e "d", a seconda se prendiamo in esame una stella ad Est o ad Ovest del meridiano, avremo una deriva verso il basso (Nord) o verso l'alto (Sud) in conseguenza ad un orientamento dell'asse polare più alto o più basso del necessario.

Tutte queste correzioni andranno fatte sulla regolazione d'altezza, o latitudine, della montatura e termineranno, come nella situazione precedente, solo quando la stella cesserà di migrare in alto o in basso nel campo visivo dell'oculare.

5. Il puntamento degli astri

In questo capitolo finale ci occuperemo di quelle operazioni che si dovranno seguire per puntare correttamente un astro nel cielo. Avremo modo di analizzare i diversi metodi che si possono applicare a tal fine in considerazione anche del tipo d'osservazione che intendiamo intraprendere. Anche se oggi, con l'avvento dei sistemi GPS computerizzati, introdotti nelle strumentazioni astronomiche, l'applicazione di questi procedimenti, come la messa in stazione e il puntamento di precisione, purtroppo vengono un po' dimenticati. Tuttavia le nozioni che andremo a conoscere serviranno a farci capire bene tutti quei concetti affrontati nei capitoli precedenti, poiché è proprio in questa fase che essi saranno concretizzati.

1. Metodo visuale

Secondo il tipo d'osservazione che intendiamo impostare nella nostra serata e secondo il tipo di strumento che abbiamo a disposizione, potremo utilizzare diverse modalità di puntamento degli oggetti celesti. Come avrete ben intuito dai capitoli precedenti, una prima distinzione d'ordine tecnico la fa il tipo di **montatura** che possediamo.

Un supporto altazimutale, per le sue caratteristiche, ci vincolerà ad un'osservazione degli astri piuttosto rapida e a bassi ingrandimenti. Esso, infatti, richiederebbe una certa pazienza e costanza nel compiere quelle repentine correzioni in azimut ed in altezza necessarie a mantenere l'oggetto nel campo centrale dell'oculare. Con una montatura del genere, che non a caso commercialmente gli si abbina un'ottica di basso diametro (eccetto casi particolari come i telescopi Dobson e i computerizzati), gli oggetti del cielo che potranno essere alla nostra portata sono la Luna, i pianeti e gli astri più brillanti. Qui, il puntamento, grazie alla loro facile identificazione nella sfera celeste, verrà realizzato con un metodo visuale. Esso consiste nell'eseguire un primo puntamento mirando con il tubo l'oggetto interessato. Poi, attraverso il cercatore, bisognerà catturarlo e centrarlo nel campo visivo.

Questo procedimento, naturalmente, può essere utilizzato anche con le montature equatoriali, qualora fossimo interessati ad un'osservazione di questo tipo. Se volessimo invece individuare qualcosa di meno brillante, o addirittura invisibile ad occhio nudo, con il metodo visuale, dovremo imparare ad eseguire una specie di navigazione tra le stelle, prendendo dei riferimenti che ci potranno guidare, attraverso traiettorie immaginarie, fino alla zona circostante l'oggetto in questione. Usando poi un **oculare** con l'ingrandimento appropriato, dovremo cercare di inquadrarlo nel nostro campo. Non c'illudiamo però che sia questa un'operazione facile da farsi, anche se in un primo momento lo sembrerebbe. Perché la ricerca d'oggetti, che talvolta possono essere difficilmente identificabili anche in un buon cercatore, richiede una certa esperienza ed una conoscenza del cielo che potranno essere acquisite solo con il tempo. Per questo tipo d'osservazione, quindi, sarà opportuno preferire un sistema di puntamento più tecnico, dove l'impiego di quei cerchi graduati, seguendo un criterio ben preciso, disponibili sulle montature equatoriali, potrà garantirci con soddisfazione il raggiungimento del nostro scopo; evitando perdite di tempo e, soprattutto, di pazienza.

2. Metodo tecnico (uso delle coordinate celesti)

Come abbiamo detto nel paragrafo precedente, in alcune situazioni diventa quasi indispensabile dover puntare il nostro telescopio facendo uso dei cerchi graduati e delle **coordinate celesti** ad essi associate. Vedremo, quindi, qui di seguito a quali operazioni ci dovremo attenere affinché si possa mettere in pratica questo procedimento.

Per prima cosa ci assicureremo di realizzare una **messa in stazione** dello strumento il più precisa possibile, poiché, come si può intuire, da questa dipenderà molto la validità delle nostre misurazioni. Dovremo essere in possesso, inoltre, di un Atlante Stellare, da dove poter dedurre le coordinate celesti dei vari oggetti del cielo e di un orologio siderale (regolato preferibilmente

sul meridiano del nostro luogo d'osservazione) o, al suo posto, di una tabella che ci permetta di calcolare il **tempo siderale locale**.

Immaginiamo ora di voler puntare un determinato astro, le cui coordinate equatoriali corrisponderanno ad un certo valore d'**ascensione retta** (α) e di **declinazione** (δ). Inizieremo il nostro puntamento muovendo per primo l'asse di declinazione, inserendo sul cerchio graduato il relativo valore. A tal proposito occorre fare una precisazione in merito ad una particolarità che si potrebbe presentare in alcune situazioni. Essa riguarda proprio il cerchio graduato di declinazione che, in talune montature, può avere la possibilità di ruotare liberamente su se stesso, previo lo sbloccaggio di un fermo (costituito da una ghiera filettata), così come avviene per il cerchio graduato dell'ascensione retta.

Con quest'accorgimento, introdotto per favorire quel tipo di puntamento chiamato per "derivazione" (che in seguito approfondiremo), è molto probabile che si verifichi una perdita dell'allineamento tra cerchio graduato e posizione del tubo. Quindi onde ottenere una corretta impostazione dello strumento, ci dovremo assicurare che i cerchi d'ascensione retta e declinazione non diano false indicazioni. Tale controllo, che si effettua subito dopo aver stazionato il telescopio, consiste per la declinazione nel puntare la stella Polare, mantenendo il tubo parallelo all'asse orario, e cercare di portarla, dopo averla inquadrata con un oculare a medi ingrandimenti, il più vicino possibile alla zona centrale del campo visivo. Dopodiché posizioneremo il relativo cerchio graduato, qualora non lo fosse già, in maniera tale che si possa leggere sulla tacca di riferimento il valore di 90° ; quindi bloccheremo con l'apposita ghiera di fermo. Si potrà fare successivamente una prova, a titolo di conferma, orientando il tubo verso un astro posto sull'equatore celeste e verificarne la corretta indicazione, che dovrà essere 0° . Per quanto riguarda invece l'ascensione retta, il cerchio graduato andrà posizionato, impostando le 0h sull'indice di riferimento, quando il tubo sarà diretto sul meridiano del nostro luogo d'osservazione. A differenza della declinazione, qui non dobbiamo bloccare nulla, perché il cerchio d'ascensione retta, nonostante abbia la possibilità d'essere libero di ruotare su se stesso, ha anche il vincolo d'essere solidale con l'asse orario, quando quest'ultimo viene mosso.

Ritorniamo ora, dopo queste precisazioni, su come predisporre il telescopio alla nostra procedura di puntamento. Abbiamo affermato che per prima cosa andrà impostata sullo strumento la coordinata di declinazione; quindi muoveremo il suo asse finché nel cerchio graduato non leggeremo il valore di declinazione corrispondente all'astro in questione. A questo punto blocchiamo con l'apposita leva di fermo. Per quanto riguarda, invece, il movimento dell'asse polare, dovremo conoscere il valore dell'angolo orario che, come abbiamo visto parlando di **coordinate celesti**, esso rappresenta la distanza angolare, espressa in unità di tempo, tra il cerchio orario passante per l'astro ed il meridiano del luogo d'osservazione.

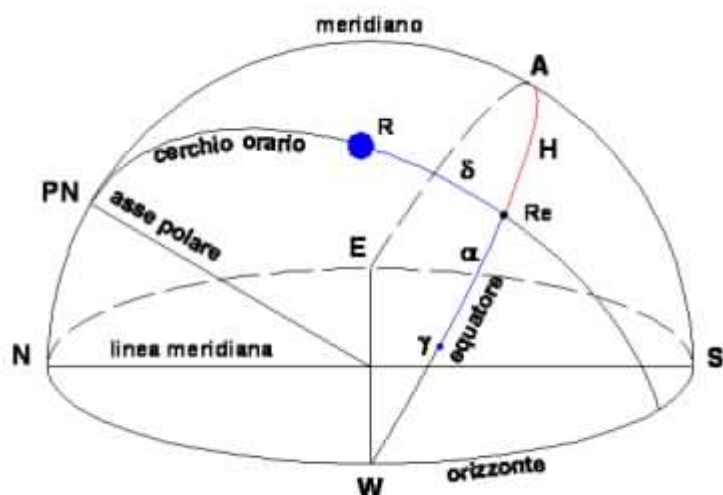


Fig. 5.1 - Rappresentazione della volta celeste con i parametri utili al puntamento. Per individuare un astro (R) è necessario conoscere il valore della declinazione (δ), l'arco descritto sul cerchio orario Re-R, contata dall'equatore celeste all'astro stesso e il valore dell'angolo orario (H), l'arco descritto sull'equatore celeste A-Re, contato dal nostro meridiano verso Ovest per valori positivi e verso Est per quelli negativi.

Per calcolarci questo valore, come ricorderemo, dovremo necessariamente conoscere due parametri fondamentali: il tempo siderale locale di quel preciso momento e l'ascensione retta dell'astro da puntare (in base alla relazione $H = TSL - \alpha$). Una volta in possesso di questi dati, potremo ruotare il telescopio lungo l'asse polare della quantità che avremo dedotto, rispettando però la seguente regola: per valori negativi di H, punteremo partendo dal nostro meridiano (0h) contando verso Est (l'astro deve ancora passare in meridiano); per valori positivi, invece, ci sposteremo verso Ovest (l'astro ha già passato il meridiano). Appena centrato nel nostro oculare l'oggetto interessato, bloccheremo anche questo asse e se la nostra montatura ne fosse dotata avvieremo il motorino per l'inseguimento.

Tuttavia una dimostrazione pratica di come si dovrà procedere in un puntamento viene descritta nell'esempio riportato qui di seguito.

Esempio: Puntiamo M 101 nell'Orsa Maggiore

Vediamo che tipo di procedimento si dovrà eseguire se, per esempio, volessimo puntare la Galassia spirale M 101 nell'Orsa Maggiore il giorno 18 marzo alle ore 22.00 (tempo del fuso) dalla località di Roma (long. Est $12,50^\circ$).

Come abbiamo detto, per effettuare un puntamento con l'uso dei cerchi graduati, occorrerà conoscere il valore di due parametri: la declinazione e l'angolo orario. Il primo lo otterremo in maniera diretta consultando un Atlante Stellare dove per M 101 troveremo le coordinate = $+55^\circ 25' = 14h 03m$. Per il secondo, invece, dovremo fare una serie di calcoli, salvo che non fossimo in possesso di un orologio siderale (allora basterà una semplice differenza); tali calcoli ci condurranno al risultato finale come vedremo proprio nell'esempio qui descritto.



Come ricorderemo l'angolo orario H è dato dalla differenza tra il tempo siderale locale (TSL) e l'ascensione retta dell'astro (α). Se quest'ultima la conosciamo già, perché l'abbiamo ricavata dall'Atlante Stellare, per l'altra, invece, dovremo far ricorso alla relazione che abbiamo

discusso parlando della **misura del tempo**:

$$TSL = TSG + T_f + \Delta\lambda$$

Dalla tabella di figura 5/3 avremo per il TSG del 18 marzo: 11h 43m, il tempo del fuso (T_f) sappiamo che è 22h 00m, il per la località di Roma lo calcoleremo in base alla: $\Delta\lambda = \lambda_f - \lambda_0 = -15^\circ - (-12,5^\circ) = -2,5^\circ$ che trasformati in unità di tempo sono: $-2,5^\circ \times 4 \text{ min} / ^\circ = -10 \text{ minuti}$ (ricordando sempre che i valori di longitudine presi ad Est di Greenwich vanno considerati negativi mentre per quelli ad Ovest positivi).

Ora, ricavati tutti i dati possiamo finalmente conoscere quale sia il tempo siderale per la città di Roma nella data e nell'ora stabilite:

$$TSL = 11h 43m [TSG] + 22h 00m [T_f] + (-00h 10m) [] = 33h 33m, \text{ che normalizzato per le } 24 \text{ ore sono: } 33h 33m - 24h 00m = 9h 33m.$$

Quindi ritornando al nostro angolo orario, inserendo i valori trovati avremo:

$$H = TSL - \alpha = 9h 33m - 14h 03m = -4h 30m.$$

A questo punto possiamo iniziare l'operazione di puntamento muovendo per primo l'asse di declinazione, sul cui cerchio imposteremo il valore $+55^\circ 25'$; poi si ruoterà l'asse polare spostandolo naturalmente ad Est del meridiano (poiché l'angolo orario è risultato negativo) di 4h 30m. Naturalmente facendo questo movimento sul cerchio graduato leggeremo il valore di 19h 30m ($24h - 4h 30m = 19h 30m$), in altre parole si dovrà scalare dalle 0h. Ora, se lo strumento è stato stazionato correttamente e se il nostro orologio è preciso, guardando con un oculare di medio ingrandimento, al centro del campo visuale avremo sicuramente la bella Galassia M 101.

3. Metodo per "derivazione"

Un altro metodo, abbastanza rapido, che si può utilizzare per il puntamento di un astro è quello che sfrutta la tecnica dell'"orientamento per derivazione". Questo procedimento prevede una prima calibratura dello strumento in cui viene preso come riferimento un oggetto del cielo, di solito una stella brillante, del quale si conoscono le coordinate celesti. Poi, una volta che questo è stato centrato nel capo dell'oculare di medi ingrandimenti, i valori delle sue coordinate andranno inseriti nei rispettivi cerchi graduati d'ascensione retta e di declinazione. Con quest'operazione avremo "agganciato" il nostro telescopio al sistema di coordinate celesti per la data e l'ora in cui stiamo osservando. Ora, partendo da quest'impostazione, per puntare un qualsiasi altro oggetto non dovremo far altro che muovere il telescopio lungo i due assi finché non leggeremo sui cerchi graduati le sue relative coordinate e, se abbiamo eseguito bene la messa in stazione, guardando attraverso l'oculare, lo avremo sicuramente nel nostro campo visuale.

Naturalmente con questo metodo non sarà necessario compiere quella taratura dei cerchi che invece abbiamo visto nel precedente caso. Tuttavia, al fine di ottenere dei buoni risultati, una corretta preparazione dello strumento sarà sempre doverosa, ricordandosi però, che l'impostazione che diamo allo strumento con questo procedimento ha un'efficacia solo nell'immediato.

Appendice A

scheda tecnica



rapporto focale

$$f/ = f_{.ob} / d \text{ (mm)}$$

stabilisce la luminosità del tubo ottico

f/3 - f/5 (tubi molto luminosi)
f/6 - f/10 (tubi medio luminosi)
f/11 - f/16 (tubi poco luminosi)

ingrandimenti

$$i = f_{.ob} / f_{.oc}$$

limite minimo: $0.15 D \text{ (mm)}$, legato alla pupilla d'uscita

limite massimo: $2 D \text{ (mm)}$, legato alla qualità dell'immagine

potere risolutivo

$$pr = 120 / d \text{ (mm)}$$

capacità di separare due particolari molto vicini
(per esempio le stelle doppie)

aberrazioni ottiche

- **aberrazione cromatica** (tipica degli obiettivi a lente)
la luce attraversando una lente, come accade in un prisma, si separa nelle sue componenti. poiché il vetro di cui è composta la stessa lente ha un indice di rifrazione che varia con il variare della lunghezza d'onda, succede che i raggi, dopo averla attraversata, si andranno a concentrare sull'asse focale in punti diversi
- **aberrazione sferica** (tipica degli specchi sferici)
i fasci luminosi che colpiscono uno specchio sferico tendono ad andare a fuoco in punti dell'asse ottico sempre più arretrati man mano che investono la parte più periferica della sua superficie
- **coma** (tipica degli specchi parabolici)
allontanandoci dall'asse ottico le immagini stellari assumono una forma a goccia (chioma di cometa) essa dipende da:
 $[ang. inc. luce \times d(mm)] : focale tubo$
- **astigmatismo** (sia lente che specchio)
i raggi luminosi colpendo un certo diametro dell'elemento ottico hanno un diverso punto di messa a fuoco da quelli che colpiscono l'esatto diametro perpendicolare, esso dipende da:
 $(ang. inc. luce)^2 : focale tubo$

- **curvatura di campo** (sia lente che specchio)
e' la conseguenza della correzione dell'astigmatismo. l'immagine, che è perfettamente a fuoco, non giace su un piano ma su una superficie sferica con la concavità rivolta verso l'elemento ottico e dipende da:
ang. inc. luce : focale tubo
- **distorsione** (sia lente che specchio)
e' una mancata uniformità d'ingrandimento sul piano focale

Appendice B

Le coordinate celesti

Nel passato gli Antichi, con la loro immaginazione, attribuirono a tutte quelle stelle che vedevano in cielo determinate figure che, legate per lo più al mondo della mitologia, divennero poi le **costellazioni**. Questo rappresentò un primo passo verso una mappatura del cielo valida ancora oggi per orientarsi in maniera approssimativa tra le stelle più brillanti.

Purtroppo le cose si complicano un po' quando abbiamo a che fare con gli astri più deboli o addirittura con quelli invisibili ad occhio nudo. Pertanto si è ritenuto necessario dover applicare un sistema di riferimento più preciso, analogo a quello terrestre, in grado di permettere di individuare esattamente ogni oggetto del cielo. Da questa necessità nacquero in Astronomia ben cinque **sistemi di coordinate celesti** che sono: altazimutale, orario, equatoriale, eclittico e galattico.

1 - La sfera celeste

Rivolgendo lo sguardo verso il cielo notturno abbiamo la sensazione che tutte le stelle si muovono come se fossero infisse in una vera semisfera materiale. Questo era un po' quello che credevano i popoli antichi; ma, come vedremo, si è preferito fino ad oggi mantenere quest'idea perché, interpretando così la volta celeste, si rende più facile il lavoro d'identificazione, tramite coordinate, degli astri in cielo.

Immaginando poi la Terra trasparente, questa volta celeste apparirebbe come una sfera completa: la **sfera celeste**. Su di essa, vengono proiettati i punti di riferimento che troviamo sulla Terra. Dal prolungamento virtuale della direzione dell'asse di rotazione terrestre, avremo sulla sfera celeste un **Polo Nord** e, all'opposto, un **Polo Sud**, e così anche un **equatore celeste** conseguente a quello terrestre.

Oltre a questi riferimenti, sono presenti anche l'**eclittica**, che è il cerchio massimo descritto dal Sole nel suo moto apparente intorno alla Terra, e l'**orizzonte** che viene definito come il piano normale alla verticale (la verticale intesa come direzione del filo a piombo) come rappresentato in figura 1.

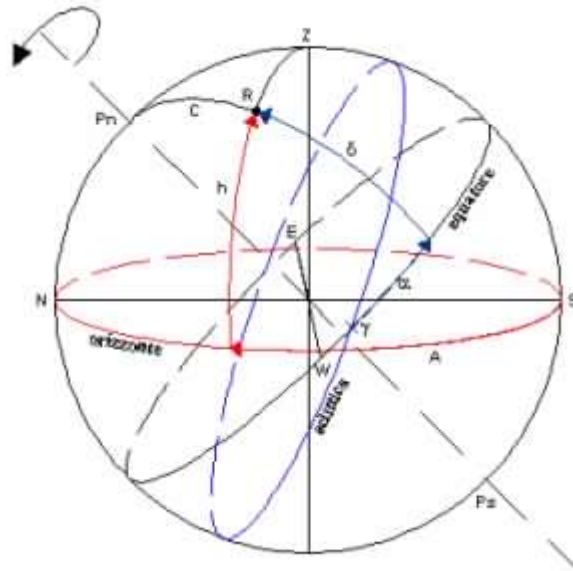


Fig. 1 - Rappresentazione della sfera celeste con la proiezione dei parametri di riferimento relativi alle coordinate altazimutali ed equatoriali.

Ora, stabiliti questi parametri base, per individuare un astro sono sufficienti una coppia di coordinate che andranno combinate a seconda di quale dei cinque metodi conosciuti adottiamo. Naturalmente questa sfera celeste, per effetto della rotazione terrestre, ha un moto che, per un osservatore posto sulla Terra, va da Est verso Ovest, e a seconda della latitudine in cui si trova, quest'osservatore vede le stelle tracciare in cielo un determinato percorso come possiamo appurare dalla figura 2.

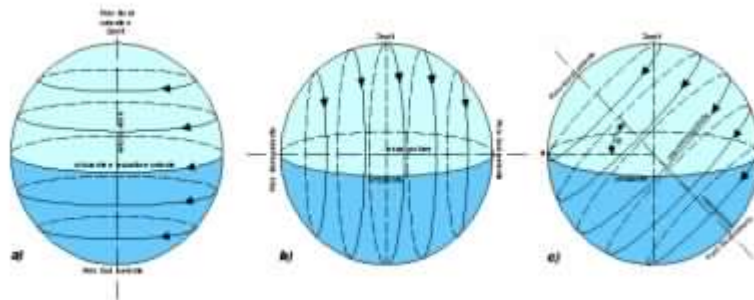


Fig. 2 - Movimento della sfera celeste visto da: a) Polo nord; b) Equatore; c) Latitudine 45°. Osservando la volta celeste da diverse latitudini avremo modo di notare che le stelle non tracciano in cielo la stessa traiettoria.

2 - Coordinate altazimutali

In questo primo sistema di coordinate, come si può notare dalla figura 3, i riferimenti sono l'**orizzonte**, definito come il piano materializzato dalla superficie di un liquido in quiete, e la **verticale** perpendicolare al piano orizzontale. La verticale sulla sfera celeste individua due punti chiamati **Zenit**, posto sopra la testa di un osservatore, e **Nadir**, situato sotto i piedi. Tutti i cerchi massimi passanti per lo Zenit si chiamano cerchi verticali; quello passante per il Polo Nord e Sud prende il nome di **meridiano**, mentre quello che interseca l'Est e l'Ovest si designa come **primo verticale**.

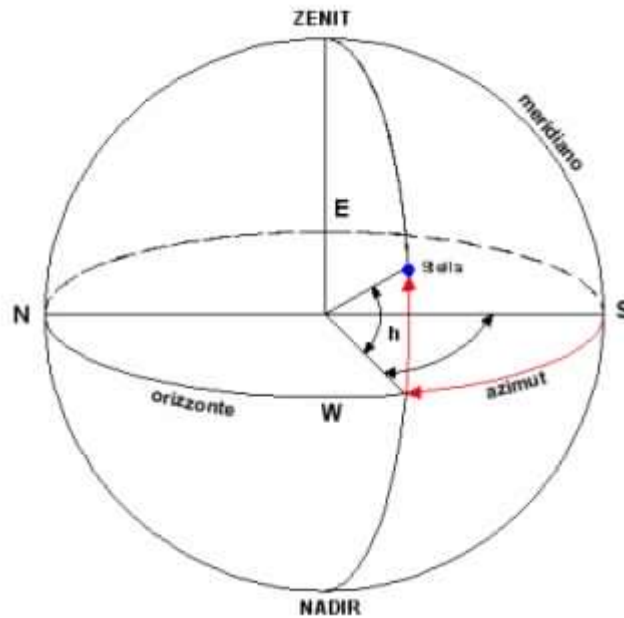


Fig. 3 - Rappresentazione della sfera celeste con la proiezione delle coordinate altazimutali: Azimut e Altezza (h).

Per identificare un punto sulla sfera celeste, sono necessarie due coordinate che in questo sistema sono le **coordinate altazimutali**, conosciute come *azimut* e *altezza*:

- L'**azimut** viene contata sul cerchio dell'orizzonte partendo da Sud verso Ovest, in senso orario, da 0° a 360° . Individua l'angolo sotteso dall'arco formato tra il punto Sud e il punto originato dall'intersezione del cerchio verticale, passante per l'astro, con l'orizzonte.
- L'**altezza** invece esprime una distanza angolare che viene misurata, partendo dall'orizzonte, da 0° a 90° sull'arco descritto dal cerchio verticale passante per lo stesso astro. Il valore angolare cresce man mano che si raggiunge lo Zenit (90°).

Questo sistema di coordinate, per la sua semplicità, rappresenta un metodo abbastanza rapido e immediato nel definire la posizione di un astro. In astronomia però, a causa d'alcune limitazioni che pone, non trova molta applicazione.

I problemi, infatti, nascono nel momento in cui intendiamo eseguire, come spesso accade, l'inseguimento di un oggetto sulla sfera celeste. Con il **sistema altazimutale**, per mantenere centrato l'obiettivo, siamo costretti a muovere entrambi gli assi del telescopio (Azimut e Altezza), operazione che, se fatta manualmente, alla fine diventa stancante. A complicare le cose vi è anche il fatto che tali movimenti devono procedere in maniera non lineare. Ciò significa che, se volessimo automatizzare uno strumento del genere, dovremmo impiegare innanzi tutto due motori, uno per ogni asse, e poi un cervello (computer) che svolga con precisione il delicato compito di coordinarli. Questa soluzione tecnica oggi, poiché richiede ancora un elevato costo di produzione, viene realizzata solo per quelle montature destinate al settore semiprofessionale. Ecco perché in commercio il sistema altazimutale viene applicato solo a quei prodotti piuttosto economici, di piccolo diametro, per un uso prevalentemente terrestre.

Un altro aspetto, ancor più importante, per il quale non hanno avuto molta applicazione le coordinate altazimutali, è per il sistema d'orientamento che ne consegue. Esso risulta incostante da luogo a luogo, in altre parole il riferimento di un osservatore posto in un determinato punto sulla Terra troverebbe riscontro solo localmente; spostandosi altrove, i parametri di un astro misurati precedentemente cambierebbero in maniera sensibile. Per questo motivo negli Atlanti Stellari si è preferito catalogare le stelle utilizzando il sistema di coordinate equatoriali che, come vedremo, possiede dei riferimenti che a differenza dell'altazimutale variano in modo lineare nel tempo e quindi risultano facilmente controllabili.

Per noi però che siamo sulla Terra, le cose cambiano un pochino. Infatti per poter identificare la posizione di un astro con precisione occorre tener presente di quel moto apparente che possiede la sfera celeste. Nel sistema equatoriale, tuttavia, questo moto, grazie alla linearità con cui si manifesta, non rappresenta un grosso problema; per la declinazione non sussistono variazioni mentre per l'ascensione retta vanno introdotte delle correzioni in funzione di altre due grandezze: *angolo orario* e *tempo siderale*.

L'**angolo orario** è un termine che troviamo nel secondo sistema di coordinate, per l'appunto chiamato **sistema orario**, dove abbiamo una sfera celeste descritta con le stesse caratteristiche di quella esistente nel terzo sistema (equatoriale) ma che al posto dell'ascensione retta compare questa nuova grandezza.

Qui in luogo del *punto γ* viene preso come riferimento il *meridiano* dell'osservatore, quindi la distanza angolare fra questo e il cerchio orario passante per l'astro, come possiamo vedere dalla figura 4.5 definisce l'**angolo orario** che viene misurato sempre sull'equatore celeste, in ore da 0 a 24 ma ora in senso orario.

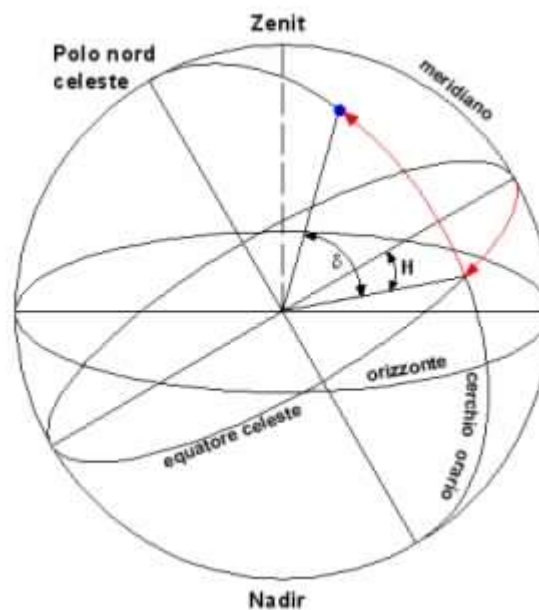


Fig. 5 - Rappresentazione della sfera celeste con la proiezione delle coordinate orarie: Angolo orario (H) e Declinazione (δ).

4 - Tempo siderale

Per esprimere in maniera rapida il concetto di tempo siderale possiamo far riferimento alla figura 4.6, dove si deduce subito il legame che ha questo parametro con l'angolo orario H e l'ascensione retta α di un ipotetico astro A: **$ts = \alpha + H$**

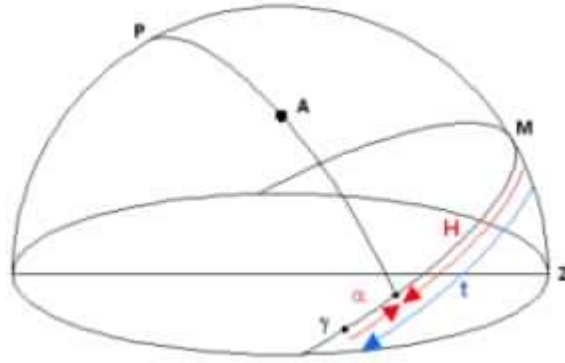


Fig. 6 - Rappresentazione della volta celeste con l'identificazione dei parametri ascensione retta α e angolo orario H che, sommati, determinano il valore del tempo siderale t . Possiamo quindi interpretare l'angolo orario, che il punto gamma forma con il nostro meridiano, come valore del tempo siderale locale.

Immaginando di avere al nostro Zenit il meridiano PMZ, la sua distanza angolare espressa in ore dal *punto* γ ci dà il valore del tempo siderale locale. Possiamo quindi affermare che, con un astro passante in meridiano, avente pertanto angolo orario 0 ($H = 0$), leggendo su un Atlante Stellare la sua ascensione retta, avremo contemporaneamente anche il valore del **tempo siderale locale** poiché $ts = \alpha$. Per esempio, se vediamo passare in meridiano le Pleiadi significa che il tempo siderale locale in quel preciso istante corrisponde a 3h 49m, ascensione retta di quest'ammasso; o, meglio, valore della distanza angolare del *punto* γ dal nostro meridiano.

Ora che abbiamo conosciuto quest'altro parametro, vediamo quanto sia facile poter identificare un astro sulla sfera celeste da un qualsiasi punto della Terra. Dopo aver piazzato il nostro telescopio e lette le coordinate su un atlante, imposteremo subito il valore di declinazione dell'astro; poi in base alla relazione precedentemente vista ci deduciamo il valore di H , dato dalla differenza tra il tempo siderale (leggibile su un particolare orologio) e l'ascensione retta ($H = ts - \alpha$). A questo punto, conoscendo l'angolo orario, non dovremo far altro che ruotare l'asse polare del nostro telescopio, nella misura appena trovata, per poter così centrare il nostro astro.

Un ulteriore approfondimento sul tempo siderale lo avremo quando tratteremo l'argomento della misura del tempo. Qui si potrà capire meglio cosa s'intende, anche dal punto di vista pratico, per orologio siderale.

5 - Altri sistemi di coordinate

Per completare il quadro sulle coordinate sferiche, restano da conoscere altri due sistemi: l'eclitticale ed il galattico. Data la loro scarsa utilizzazione nel campo amatoriale, li analizzeremo in maniera sintetica, cercando di dare esclusivamente un input informativo.

Nel **sistema eclitticale**, vedi figura 7, il piano e l'asse fondamentale ai quali viene fatto riferimento sono rispettivamente il *piano dell'eclittica* e la sua *perpendicolare*. La direzione di quest'ultima individua sulla sfera celeste i **poli dell'eclittica**.

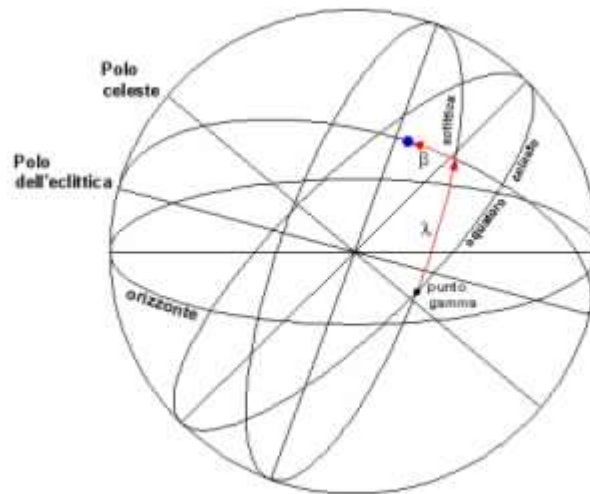


Fig. 7 - Rappresentazione della sfera celeste con le coordinate eclittiche.

Le coordinate sono date dalla **longitudine** λ che viene contata dal punto gamma, da 0° a 360° , in senso antiorario (positivo) e la **latitudine** β che viene misurata sul cerchio massimo passante per i poli dell'eclittica e l'astro, contata da 0° a 90° , positivamente partendo dall'eclittica stessa verso Nord, negativamente andando invece verso Sud. Questo tipo di sistema, in Astronomia, assume un'importanza fondamentale nello studio dei moti planetari che si svolgono in prossimità dell'eclittica.

Con il **sistema galattico** abbiamo come riferimenti il piano dato dalla linea mediana della via lattea (*equatore galattico*), rilevata tramite osservazioni radio, e la sua *perpendicolare* che determina sulla sfera celeste i **poli galattici** (figura 8).

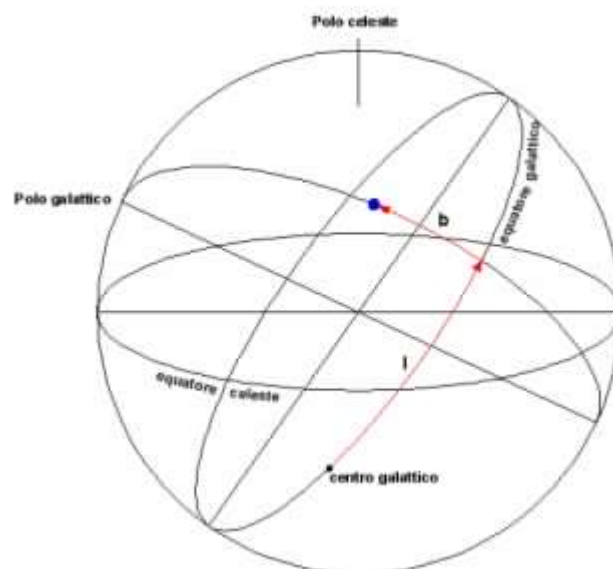


Fig. 8 - Rappresentazione della sfera celeste con le coordinate galattiche.

Le coordinate sono la **longitudine** l che misura la distanza angolare tra la direzione del centro galattico, preso come punto di riferimento, ed il cerchio massimo passante per l'astro e viene contata da 0° a 360° in senso antiorario per un osservatore posto nell'emisfero Nord e la **latitudine** b che assume valori positivi da 0° a 90° se contati dall'equatore galattico verso Nord (valori negativi invece se contati verso Sud).

Appendice C

La misura del tempo

Nel discorso sulle coordinate abbiamo affrontato il concetto di tempo siderale e lo abbiamo definito come una grandezza che misura la distanza angolare del punto γ dal meridiano. Ora per completare quest'argomento cercheremo di esprimere invece il significato di **giorno siderale**. Essendo la rotazione terrestre un moto di tipo uniforme, per questa sua caratteristica, la potremo considerare come un'unità di riferimento nella misura del tempo. Assistere quindi ad un doppio passaggio in meridiano di un punto fisso della sfera celeste determina un intervallo di tempo ben preciso. Nel caso del giorno siderale, questo riferimento è costituito dal *punto gamma* e due suoi passaggi consecutivi attribuisce, a questa nuova grandezza, il valore di 24 ore.

1 - *Giorno solare vero e tempo vero*

Un'altra unità di tempo molto importante è data da due passaggi consecutivi in meridiano, da parte del Sole: un periodo, questo, che definisce il **giorno solare vero**. Il **tempo solare vero** invece, rappresenta l'angolo orario del sole, ma siccome il giorno solare inizia come sappiamo al passaggio dell'astro al meridiano inferiore, cioè a mezzanotte, questo valore va aumentato di 12 ore.

Mettiamo ora a confronto questi due intervalli di tempo appena visti, giorno siderale e giorno solare vero, e vediamo a quali conclusioni arriveremo analizzando la loro differenza. Aiutandoci con la figura 1, cerchiamo di capire cosa succede ad un osservatore A posto sulla Terra al trascorrere di questi due periodi.

Partendo dalla posizione 1, dopo un giorno siderale, cioè dopo che la terra ha effettuato un giro completo su se stessa, e nel frattempo anche una piccola porzione d'orbita attorno al sole S, ci troveremo nella posizione 2. Per l'osservatore A però che aveva come riferimento, nella posizione 1, il sole S al meridiano, dopo 24 ore, come possiamo vedere dalla figura, tale riferimento non coincide più. Egli, infatti, si troverà nella posizione A' e per guadagnare la posizione originaria e completare quindi un giorno solare vero, deve ancora compiere circa 1° di rotazione (nella figura naturalmente l'angolo viene sovradimensionato per far capire meglio il concetto).

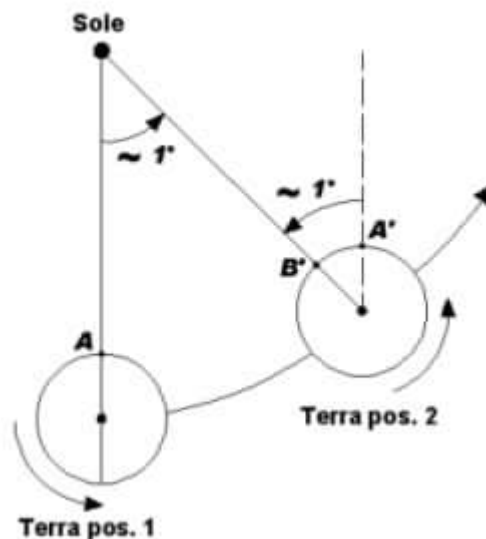


Fig. 1 - Nel disegno viene schematicamente rappresentata la differenza tra giorno siderale e giorno solare vero. Il primo si conclude quando, partendo da un punto di riferimento A sulla Terra ritorniamo, dopo un giro completo,

nella stessa posizione A'. Il secondo, invece, poiché prende come riferimento il Sole in meridiano, si conclude solo quando ha raggiunto la posizione B' dove avrà di nuovo il Sole in meridiano.

Tale quantità corrisponde all'angolo che la Terra intanto ha percorso in un giorno di rivoluzione: infatti, suddividendo 360° per 365,25 giorni di un anno avremo il valore preciso di $0,985626^\circ$. Quindi ne consegue che un giorno solare vero è più lungo di uno siderale di un valore uguale a quello che la Terra impiegherebbe nel percorrere quegli $0,985626^\circ$. Tale differenza, sapendo che la Terra ha una velocità oraria di 15° ($360^\circ/24h = 15^\circ/h$), viene quantificata in 3 minuti e 56,55 secondi (circa 4 minuti).

2 - Giorno solare medio e tempo medio

Prendere il giorno siderale come unità di misura del tempo si rivelava un po' scomodo, vista la differenza temporale che esso aveva con il giorno solare vero. Uno scostamento di circa 4 minuti in meno al giorno avrebbe portato dopo alcuni mesi al paradosso di leggere sul nostro orologio siderale le 12 del mattino (mezzogiorno) quando, in realtà, avremmo avuto un Sole che sta appena sorgendo, situazione alquanto incompatibile con quelle che possono essere le esigenze civili.

Allora si è pensato di affidarsi al giorno solare vero e prendere questo come unità di misura del tempo ma, anche qui, purtroppo, la scelta obbligava ad affrontare un altro particolare problema. A causa dell'irregolare moto della Terra nella sua orbita e per il fatto che il Sole traccia il suo percorso sull'eclittica e non sull'equatore, il giorno solare vero risulta variare nel tempo di una quantità non trascurabile. Come si poteva quindi superare quest'ostacolo? Ebbene, grazie ad un po' d'immaginazione, si è arrivati alla conclusione di introdurre due nuovi elementi, il *Sole fittizio* ed il *Sole medio*, in grado di mettere a posto le cose.

- Con il primo si eliminava l'inconveniente dell'irregolarità del moto sull'eclittica. Il **Sole fittizio** non è altro che un Sole immaginario (da qui fittizio) che si muove sull'eclittica con velocità angolare costante e che passa al perigeo assieme al Sole vero. Da qui poi viene definito l'anno anomalistico determinato da due suoi passaggi consecutivi al perigeo.
- Con il secondo invece veniva immaginato un altro tipo di Sole ideale, il **Sole medio** appunto, che, a differenza del Sole vero, si doveva muovere non più sull'eclittica ma sull'equatore, con moto uniforme e che passasse per il punto Gamma nello stesso istante in cui transitava il Sole fittizio.

Possiamo definire quindi il **giorno solare medio**, che è dato dall'intervallo di tempo intercorrente tra due consecutivi passaggi del Sole medio sullo stesso meridiano; mentre con il tempo civile locale viene quantificato l'angolo orario del Sole medio, più 12 ore. Naturalmente tra il Sole vero ed il Sole medio esiste una certa differenza di tempo nel passaggio al meridiano; esso cambia di giorno in giorno raggiungendo al massimo i 16 minuti. Questa differenza viene chiamata **equazione del tempo** (ET) e varia lievemente ogni anno, ma ritorna ad assumere gli stessi valori dopo quattro anni.

Possiamo quindi concludere affermando che quando il Sole medio passa per il meridiano, si ha il **mezzogiorno medio** (o civile); quando invece il Sole ha l'angolo orario pari a 12 ore, è la **mezzanotte media** (o civile).

3 - Fusi orari e tempo civile

Il passaggio di un astro o del Sole sul meridiano di un luogo, come abbiamo visto, è un riferimento per la misura del tempo che però va considerato come tempo locale, poiché esso è relativo ad un determinato posto. Questo significa che per i luoghi situati nelle strette vicinanze si hanno degli scostamenti, anche se piccoli, da quel valore preciso esistente in quell'istante ed in quel luogo. In pratica il Sole passa sul meridiano di due località, poste anche a breve distanza

tra loro, in istanti differenti: prima su quella posta ad Est e poi su quella posta più ad Ovest, per il verso di rotazione terrestre.

Pertanto, volendo eliminare questo problema di discrepanza che si sarebbe rivelato scomodo nell'uso civile, si è deciso di uniformare il conteggio del tempo introducendo una suddivisione convenzionale della Terra in 24 **fusi orari**, dove ogni fuso viene limitato dalla distanza di due meridiani, corrispondenti a 15 gradi e cioè 1 ora. Tutte le località che si trovano all'interno di un dato fuso adottano, per la misura del tempo, lo stesso orario esistente sulle località poste sul meridiano centrale del fuso: questo concetto viene definito come **tempo civile** o *tempo legale* oppure anche *tempo del meridiano del fuso* (vedi figura 5.2).



Fig. 2 - Suddivisione della Terra in 24 fusi orari. Tutte le località che si trovano in una determinata fascia adottano lo stesso orario di quelle situate sul meridiano centrale del fuso. Viene riconosciuto come primo meridiano quello passante per Greenwich.

Il **primo meridiano** è riconosciuto quello passante per l'osservatorio di Greenwich e il suo tempo medio locale, che viene preso come unico riferimento, assume il nome di **tempo universale** (TU). L'Europa centrale adotta l'ora del fuso posto a 15° ad Est di Greenwich (TMEC), il cui tempo è avanti di un'ora rispetto al TU.

Possiamo ora vedere come avvengono alcune conversioni tra questi parametri che abbiamo conosciuto, che si riveleranno utili nelle operazioni di puntamento del telescopio. Volendo calcolare il **tempo locale** (TL) di un determinato luogo, dovremmo tener conto della differenza di longitudine $\Delta\lambda$ ($\Delta\lambda = \lambda_f - \lambda_o$ dove λ_f longitudine del fuso e λ_o longitudine del luogo) che esso ha con il meridiano centrale del fuso. Se T_f è il tempo del fuso, avremo:

$$\mathbf{TL = T_f + \Delta\lambda}$$

Se noi ci trovassimo per esempio nella città di Roma, che ha longitudine 12,5° Est, quando il nostro orologio segna le 17.00 (orario del fuso), in realtà, in base al tempo locale, in quel preciso istante sarebbero le 16.50.

Infatti, calcolando $\Delta\lambda$ per Roma avremmo: $\lambda_f - \lambda_o = -15^\circ - (-12,5^\circ) = -2,5^\circ$, tenendo presente che i valori di longitudine vanno sempre considerati negativi se sono a Est di Greenwich, e positivi se ad Ovest. Ora convertendo il valore trovato in minuti avremo: $-2,5^\circ \times 4 \text{ minuti} / ^\circ = -10 \text{ minuti}$ (un grado corrisponde a 4 minuti poiché: $60\text{min} / 15^\circ = 4 \text{ min} / \text{grado}$).

Per risalire invece al tempo universale (TU) conoscendo il tempo del fuso (T_f) dovremmo aggiungere a quest'ultimo la longitudine (λ_f) del meridiano del fuso espressa in unità di tempo:

$$\mathbf{TU = T_f + \lambda_f}$$

Esempio 1: quando sono le 17.00 (T_f) nella città di New York che ha longitudine Ovest 75°, il tempo universale (TU) a che valore corrisponderà?
Trasformando la λ_f in unità di tempo avremo: $75^\circ / 15^\circ = 5\text{h}$ (in questo caso la longitudine, essendo a Ovest, va considerata positiva)

$$TU = T_f + \lambda_f = 17.00 + (+5.00) = 22.00$$

Esempio 2: Se ci trovassimo nella città di Mosca che ha longitudine Est 45° ed il nostro orologio segnasse le 17.00, a Greenwich (TU) cosa avremo?

45°/15° = 3h (in questo caso la longitudine, essendo ad Est, va considerata negativa)

$$TU = T_f + \lambda_f = 17.00 + (- 3.00) = 14.00$$

5 - Tempo siderale locale

Per procedere nell'operazione di puntamento di un astro si applica il metodo delle coordinate, cioè l'utilizzo di quei cerchi graduati d'ascensione retta e declinazione che si trovano nelle montature del telescopio. E' indispensabile conoscere il **tempo siderale locale** (TSL), in altre parole riferito alla nostra località d'osservazione, affinché si possa realizzare questo tipo di ricerca degli oggetti celesti. Ora, a meno che non fossimo dotati di un orologio siderale, vediamo come possiamo calcolare questo TSL facendo riferimento a tabelle simili a quella che abbiamo proposto nella figura 3, dove sono riportati i valori (medi) che assume il tempo siderale in alcuni giorni dell'anno alle ore 0h di tempo universale TSG (mezzanotte di Greenwich).

DATA	ORA	DATA	ORA	DATA	ORA	DATA	ORA
GIORNO MESE	h m	GIORNO MESE	h m	GIORNO MESE	h m	GIORNO MESE	h m
1 GENNAIO	6 40	3 APRILE	13 43	4 LUGLIO	18 46	4 OTTOBRE	00 49
9 GENNAIO	7 12	11 APRILE	13 15	12 LUGLIO	19 17	12 OTTOBRE	1 20
17 GENNAIO	7 44	19 APRILE	13 46	20 LUGLIO	19 49	20 OTTOBRE	1 52
25 GENNAIO	8 15	27 APRILE	14 18	28 LUGLIO	20 21	28 OTTOBRE	2 23
3 FEBBRAIO	8 47	1 MAGGIO	14 34	1 AGOSTO	20 36	3 NOVEMBRE	2 46
10 FEBBRAIO	9 18	9 MAGGIO	15 05	9 AGOSTO	21 08	9 NOVEMBRE	3 11
18 FEBBRAIO	9 50	17 MAGGIO	15 37	17 AGOSTO	21 39	17 NOVEMBRE	3 42
26 FEBBRAIO	10 21	26 MAGGIO	16 15	25 AGOSTO	22 11	25 NOVEMBRE	4 14
3 MARZO	10 37	2 GIUGNO	16 40	2 SETTEMBRE	22 43	3 DICEMBRE	4 45
10 MARZO	11 09	10 GIUGNO	17 11	10 SETTEMBRE	23 14	11 DICEMBRE	5 17
18 MARZO	11 43	18 GIUGNO	17 43	18 SETTEMBRE	23 46	18 DICEMBRE	5 44
30 MARZO	12 27	30 GIUGNO	18 30	26 SETTEMBRE	00 17	27 DICEMBRE	6 20

Fig. 3 - Tabella del tempo siderale alle 0 h di TU (TSG)

Iniziando con un facile calcolo, vediamo come poterci dedurre il tempo siderale di un qualsiasi luogo per il giorno 26 maggio. Per prima cosa guardiamo sulla tabella quale valore aveva il TS a 0h di TU per quella data; poi aggiungeremo la longitudine del luogo espressa in minuti.

Per esempio se la nostra località è la città di Roma avremo che:

TS a 0h TU (TSG) per il 26 maggio = 16h 15m

longitudine Roma = 12,5° Est, che espressa in minuti = 12,5° x 4 m / ° = 50m.

Quindi: 16h 15m + 50m = 17h 05m. Questo è il TSL a Roma alle 0h di TU.

Se invece volessimo conoscere quale valore abbia il tempo siderale in una determinata località, in una data ora di un qualsiasi giorno dell'anno, dovremmo tener conto della differenza oraria che ha quella località dal Tempo Universale.

Per fare un esempio che ci aiuti a capire meglio il concetto, proviamo a calcolare il TS a Roma alle ore 21h 00m (TMEC) del giorno 2 novembre. Trasformiamo per prima cosa il nostro T_f (tempo del fuso) in TL (tempo locale) ed avremo che:

TL = T_f + Δλ ed essendo Δλ = λ_f - λ_o = -15° - (-12,5°) = - 2,5°, che espressi in minuti sarebbero - 2,5° x 4m / ° = - 10m.

Avremo: TL = 21h 00m + (- 10m) = 20h 50m.

Ora, dopo aver consultato la nostra tabella, dalla quale rileviamo per il 2 novembre un tempo siderale per le 0h TU di 2h 46m, non ci resta che sommare a questo valore il nostro tempo locale ed avremo così il tempo siderale locale di Roma:

TSL = 2h 46m + 20h 50m = 23h 36m.

Riassumendo, quindi, possiamo stabilire la seguente definizione: TSL = TSG + TL, o meglio per esteso:

$$\mathbf{TSL = TSG + T_f + \Delta\lambda = TSG + T_f + \lambda_f - \lambda_o}$$

Volendolo calcolare in funzione del TU, possiamo sostituire T_f + λ_f con TU (in base a TU = T_f + λ_f). Avremo quindi:

$$\mathbf{TSL = TSG + TU - \lambda_0}$$

Da notare che sulla nostra tabella non sono riportati i valori di tempo siderale per tutti i giorni dell'anno: pertanto, se volessimo conoscere il tempo siderale di un giorno intermedio, dovremmo estrapolarlo facendo una valutazione media tra quello precedente e quello successivo. Inoltre bisogna tener presente che i tempi che vengono riportati sulla tabella sono riferiti ad un anno "medio". Alcune variazioni, nell'ordine di qualche minuto, si possono avere di anno in anno a causa del giorno in più che viene inserito, com'è noto, nel mese di febbraio ogni quattro anni.