

# AVVICINARSI ALLA FOTOGRAFIA ASTRONOMICA

## viaggio nel mondo dell'astrofotografia

### Sommario:

- **Introduzione**.....pg. 1
- **Capitolo 1** *Le meraviglie del cielo*.....pg. 2
- **Capitolo 2** *Accostare la macchina fotografica al telescopio*..... pg. 6
- **Capitolo 3** *Collegare la macchina fotografica al telescopio*.....pg.12
- **Capitolo 4** *Orientarsi e rincorrere il cielo*.....pg.20
- **Capitolo 5** *Alla ricerca dell'astro perduto*.....pg.27
- **Capitolo 6** *Datemi un punto e vi girerò intorno:  
Il corretto stazionamento*.....pg.33
- **Capitolo 7** *Operazione Nerone: mettere a fuoco il soggetto*.....pg.38
- **Capitolo 8** *I limiti venuti dal cielo*.....pg.44
- **Capitolo 9** *Le fotocamere digitali e l'astrofotografia*.....pg.49
- **Capitolo 10** *L'elaborazione delle immagini*.....pg.56

### Introduzione

Pur non essendo un “esperto” del settore, leggendo diversi libri e riviste ed attraverso la pratica, ho cominciato ad avvicinarmi al misterioso mondo dell'astrofotografia e ne sono rimasto affascinato.

Vorrei, quindi, provare a raccontare questa mia esperienza di dilettante allo sbaraglio, cercando di focalizzare i problemi con cui ho dovuto (e tuttora devo) fare i conti, sperando che questo possa stimolare e rivelarsi utile a tutti/e coloro che intendono cimentarsi nella fotografia del cielo

In questo viaggio nel mondo dell'astrofotografia, proverò a rendere il più semplice possibile anche argomenti complessi, sperando di riuscirci

Comunque, se qualcosa dovesse risultare poco chiaro, non preoccupatevi e proseguite nella lettura.

Il testo, infatti, è composto da [consigli pratici](#) ed [approfondimenti teorici](#), di cui basterà afferrarne il senso.

Per [facilitare la comprensione](#) ho anche inserito diverse immagini, illustrazioni e tabelle, alcune delle quali tratte da libri, riviste e software, riportati nella bibliografia alla fine del manuale.

Per i più esperti e/o curiosi ho inserito anche [alcune formule matematiche](#), ma con l'esperienza derivante dalla pratica vedrete che molti problemi saranno risolvibili senza eseguire calcoli relativamente complessi.

# 1. LE MERAVIGLIE DEL CIELO

Guardando l'immensità della volta stellata non si può non rimanerne affascinati.

Peccato che l'iper-illuminazione delle città (inquinamento luminoso), renda sempre più difficile osservare le meraviglie celesti.

Eppure [la nostra galassia](#), la via lattea, [sotto cieli bui è visibile a occhio nudo](#) come una sorte di nube che attraversa il cielo. Quanti di voi possono dire di averla vista?



Chi possiede il gusto della fotografia, di fronte a tanta bellezza, rischia di venir colto dall'irresistibile tentazione di immortalare lo spettacolo.

Però, [puntando la macchina fotografica verso il cielo e scattando una foto andremo sicuramente incontro ad una delusione](#): dello spettacolo osservato non vi è traccia!

La foto molto probabilmente risulterà sottoesposta (unica eccezione: la luna) e/o visibilmente mossa.



Cosa fare, dunque, per risolvere il problema?

La prima cosa da fare sarà quella di impostare correttamente il tempo di esposizione e la quantità di luce raccolta (diaframma e ISO).

Per semplificarci la vita chiariamo subito che [nell'astrofotografia il problema della profondità di campo non ha senso](#) (essendo tutti gli oggetti posti a fuoco all'infinito), per cui, per ridurre i tempi di esposizione conviene operare con il [diaframma totalmente aperto](#).

Per quanto riguarda [la sensibilità](#) della pellicola o del sensore (ISO) essa (con l'eccezione di luna, sole, giovè e venere), [dovrà essere la più alta possibile](#), tenendo conto che più sarà alta più la foto apparirà granulosa.

A titolo di esempio, con la mia Canon EOS 300D utilizzo valori compresi tra 400 e 800 ISO (anche se potrei arrivare a 3200), ma con le pellicole, nella fotografia di soggetti deboli si può arrivare anche a 1600 ISO o più.

Dopo aver impostato il diaframma al massimo ed aver scelto la sensibilità del sensore o della pellicola da utilizzare (ISO), dovremo [impostare il corretto tempo di esposizione](#).

Quest'ultimo, però, dipende da diversi fattori: la luminosità del soggetto che stiamo fotografando; la luminosità dell'obiettivo usato (ovvero il rapporto tra la focale utilizzata ed il diametro dell'obiettivo, il fatidico  $F\ 2,5; 5,6;$  ecc); la sensibilità della pellicola o del sensore; la qualità del sensore digitale o della pellicola (ovvero la capacità di raccogliere o impressionare tanti o pochi fotoni rispetto a quelli che lo colpiscono e l'introduzione di maggior o minor rumore).

Il corretto tempo di esposizione potrà variare da pochi secondi (o meno) ad 1 ora, o più, in funzione della luminosità del soggetto che vogliamo fotografare e dell'apparecchiatura utilizzata.

Purtroppo l'esposimetro della nostra macchina fotografica risulterà inutilizzabile (il cielo è troppo buio!), ma non è il caso di scoraggiarsi, per cui vi propongo un esperimento.

Facciamo una semplice foto del cielo stellato.

Apriamo il diaframma al massimo, usiamo pellicole o impostiamo la sensibilità del sensore a 400/800 ISO e selezioniamo il tempo di esposizione a 3 secondi.

Probabilmente nella foto appariranno solo le stelle più luminose.

Ora riproviamo a scattare una foto con un tempo di 6 secondi e, come per incanto, cominceranno ad apparire anche altre stelline, invisibili nella foto precedente.

Ciò che prima sembrava vago e indecifrabile (tempi da pochi secondi ad ore) ora risulta più chiaro.

Prima di acquistare pellicole ultrasensibili e obiettivi fotografici ad altissima luminosità, meglio chiarire che per fotografare la volta stellata è sufficiente anche la macchina che già possedete e se la pellicola è la classica 100 ISO, utilizzate quella per l'esperimento, dovrete solo aumentare i tempi di qualche secondo.

Una volta presa confidenza con la vostra apparecchiatura sarà sufficiente impostare tempi diversi in funzione della luminosità del soggetto da fotografare.

Per facilitarvi il compito conviene sapere che la luminosità di un astro possiede una sua unità di misura: la magnitudine.

Più è bassa la luminosità di un astro più è alta la sua magnitudine, per cui i soggetti più luminosi hanno magnitudini negative (-3, -2; ecc.), o prossime allo 0, mentre gli astri più deboli, percepibili ad occhio nudo sotto cieli bui, possiedono magnitudine 6 (soggetti con vista d'aquila a passeggio tra i deserti andini possono percepire astri fino a magnitudine 6,5).

Attenzione che non si tratta di una scala lineare, ma logaritmica ed una stella di magnitudine 1 non è 4 volte più luminosa di una di magnitudine 4, ma ben 16 volte (ogni volta che si passa un ordine di grandezza occorre moltiplicare per 2,5).

Torniamo ora al nostro esperimento ed osserviamo le foto realizzate.

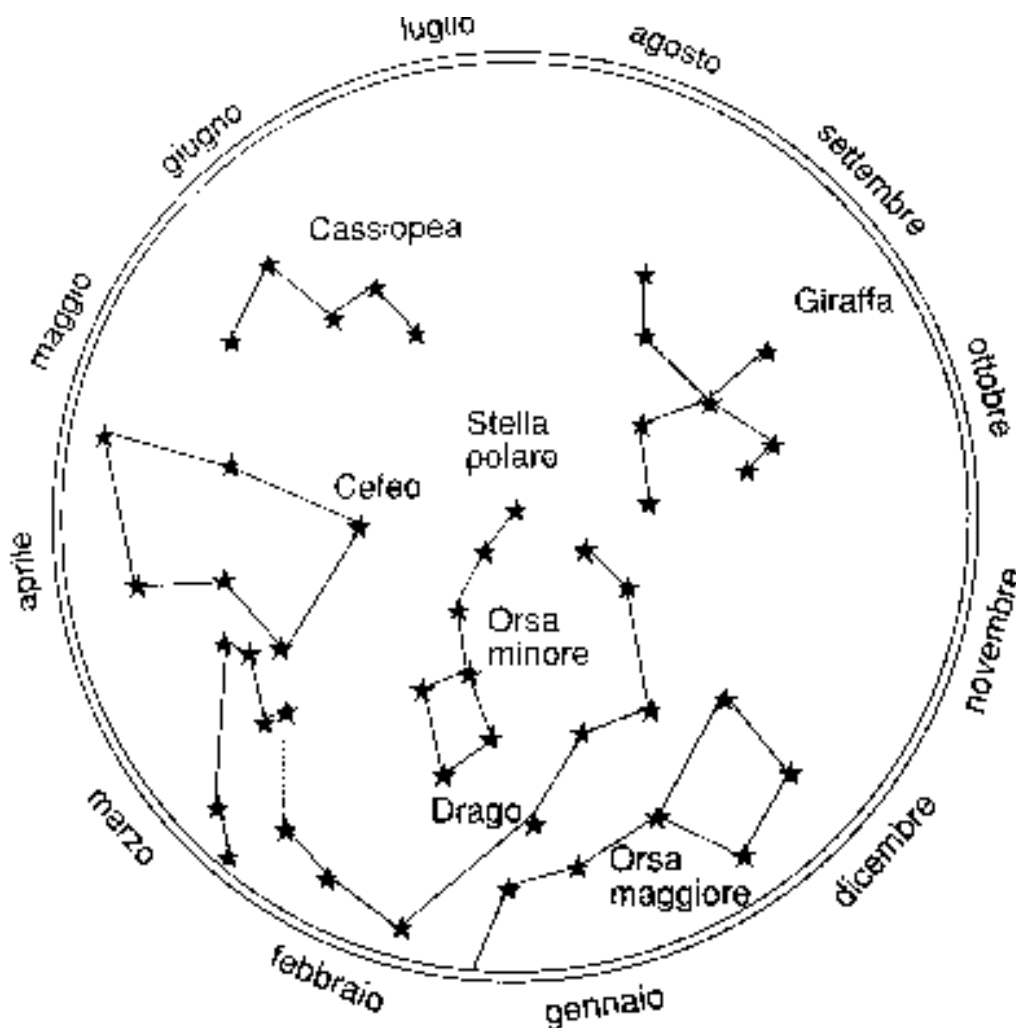
Molte stelle risulteranno correttamente esposte, ma probabilmente sarà presente un vistoso mosso.

Sfido chiunque a tenere immobile una macchina fotografica per 5 secondi senza produrre un mosso!

Riproviamo ad effettuare le foto utilizzando un cavalletto fotografico od altro supporto (un muretto inclinato, un balcone, ecc).



Nonostante questo accorgimento, [rimane un mosso che peggiora](#) man mano che [aumentiamo il tempo di esposizione](#) e che [ci allontaniamo dal Polo Nord celeste](#) (zona del cielo vicinissima alla stella polare).



**Illustrazione tratta da: "Corso di Astronomia Pratica"**

Il mosso sarà più evidente nelle camere digitali, visto che i sensori hanno una risoluzione maggiore rispetto a quella delle pellicole.

[La risoluzione](#) misura la [capacità di distinguere due punti vicini](#) che altrimenti apparirebbero come un unico punto, quindi, più sarà alta più l'immagine risulterà ricca di dettagli.

Se vi accontentate di scattare qualche foto a costellazioni, stelle luminose, luna o a riprendere i pianeti come astri privi di particolari, la macchina fotografica montata su un cavalletto sarà più che sufficiente, a condizione di non utilizzare teleobiettivi troppo spinti (con l'uso di teleobiettivi: i tempi di esposizione si allungano; aumentano gli ingrandimenti e compare prima il mosso).

In tal caso l'avventura finisce qui.

Se invece [desiderate](#) andare oltre, [fotografando anche ciò che l'occhio nudo non può percepire](#), dovrete attrezzarvi per [risolvere il problema del mosso](#).

## 2. ACCOSTARE LA MACCHINA FOTOGRAFICA AL TELESCOPIO

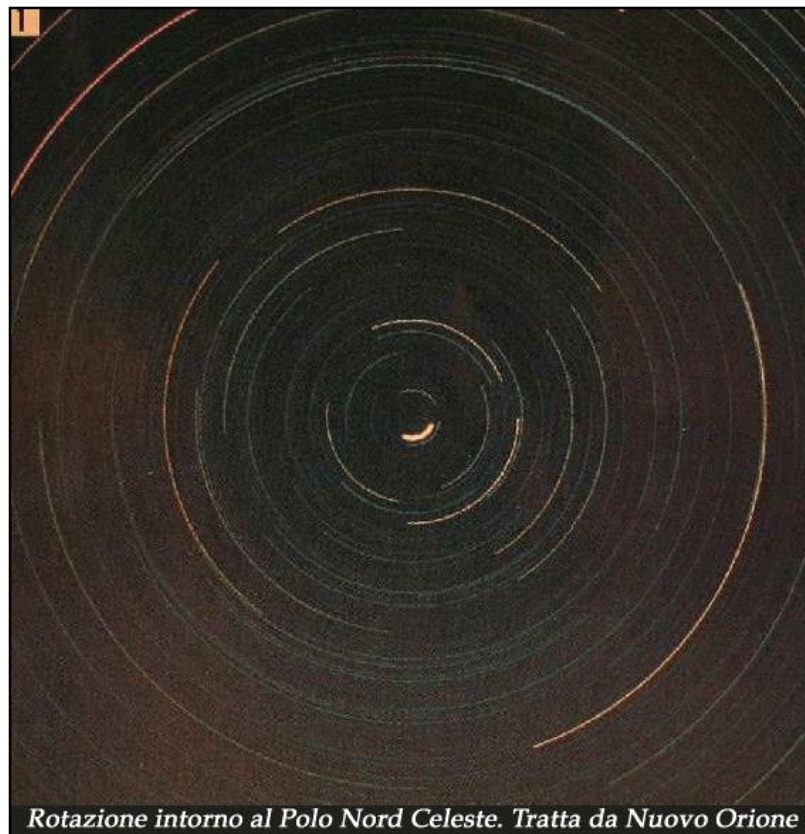
Il cielo nasconde meraviglie che il nostro occhio da solo non può percepire.

Collegando la nostra macchina fotografica ad un telescopio ciò che prima era invisibile mostrerà i suoi segreti, ma per accedere a queste meraviglie dovremo affrontare il principale problema che affligge la fotografia astronomica: **il mosso**.

Per rendersi conto della gravità del problema basterà realizzare una foto usando come tempo di esposizione 10 minuti ed utilizzando un cavalletto per puntare la macchina fotografica (munita di normale obiettivo da 50 mm o meno) verso la stella polare (la più luminosa dell'Orsa Minore, non confondetevi con l'Orsa Maggiore).

Nella foto, la stella polare risulterà pressoché puntiforme ed allontanandosi da essa le stelle appariranno sempre più come strisce (semicerchi) che ruotano intorno ad essa (in realtà al Polo Nord celeste).

Nella foto riportata sotto la posa è stata di 6 ore per cui anche la stella polare appare come una breve striscia, visto che anch'essa ruota intorno al Polo Nord Celeste, da cui dista poco meno di  $1^\circ$ .



Rotazione intorno al Polo Nord Celeste. Tratta da Nuovo Orione

Perché l'immagine risulta mossa?

L'immagine risulta mossa perché è il soggetto che si è mosso!

In realtà è la terra che ruota su se stessa ed a noi che ruotiamo con lei sembra che sia il cielo a muoversi (come quando si osservano gli alberi dal finestrino di un treno).

Certo anche gli astri si muovono, ma essendo molto lontani tale movimento risulta impercettibile, in tempi così brevi.

Per fortuna la terra ruota su stessa con velocità pressoché costante e di conseguenza la volta celeste scorre davanti a noi anch'essa con velocità costante.

Tutto il cielo si muove da est ad ovest ruotando intorno al Polo Nord celeste. Ecco perché allontanandoci da questa zona del cielo il mosso peggiora!

Ora che abbiamo scoperto il problema sarà più facile affrontarlo.

Dovremo montare la nostra macchina fotografica su un particolare cavalletto, utilizzando la montatura equatoriale di un telescopio.

L'asse della montatura dovrà venire allineato con il Polo Nord celeste, permettendo così alla macchina fotografica (con l'ausilio di un motorino) di ruotare intorno ad esso, nel medesimo senso e con la medesima velocità che compie la volta celeste.

In pratica, se il soggetto si muove noi dobbiamo inseguirlo, ma questo argomento lo approfondiremo più avanti.

Occupiamoci ora delle diverse possibilità che esistono per collegare una macchina fotografica al telescopio.

Prima di capire quali tecniche fotografiche utilizzare, occorre decidere ciò che si vuole fotografare, poiché ogni soggetto richiede una tecnica specifica.

Per facilitarci il compito possiamo dividere i soggetti celesti in due macro categorie: quelli luminosi e quelli poco luminosi.

I primi, grazie alla loro luminosità, necessitano di tempi di esposizione relativamente brevi (da frazioni di secondo a pochi secondi), ma svelano le proprie particolarità solo ad alti ingrandimenti.

Appartengono a questa categoria molti astri del nostro sistema solare ed in particolare: la luna, il sole (da non osservare o fotografare mai direttamente, se non si vuole danneggiare irrimediabilmente la vista e la macchina fotografica) e la maggior parte dei pianeti.



Giove Foto dell'autore: Telescopio SC 203\2000mm (F10)



Luna: Foto dell'autore Telescopio SC 203\2000mm (F10)



I secondi, vengono anche definiti come **soggetti del cielo** profondo e, per facilità, possiamo suddividerli in due classi.

La prima è costituita da **soggetti poco luminosi ed estesi** che necessitano di pochi ingrandimenti, ma di tempi di esposizione molto lunghi (da diversi minuti ad ore a secondo della loro magnitudine).

**Appartengono a questa classe:** **le nebulose** (grosse nubi di materia che riflettono la luce di astri vicini o la emettono direttamente) e **le nebulose oscure** (formate da dense e impenetrabili nubi); **le comete**; qualche **vicina galassia molto estesa** (Andromeda ed M33 nel triangolo); gli **ammassi stellari aperti estesi** (anche se questi ultimi non necessitano di lunghi tempi di esposizione).



Foto Autori vari: Pleiadi (ammasso aperto); Andromeda; Nebulose in Orione; Cometa



La seconda classe è caratterizzata da **soggetti deboli e poco estesi** che necessitano di ingrandimenti medi o alti e tempi di esposizione medio/lunghi (dipende dalla magnitudine del soggetto fotografato).

Appartengono a questa classe di **soggetti del cielo profondo**: gli **ammassi globulari** (in cui le stelle sono così vicine da apparire come un unico globo risolubile solo ad altissimi ingrandimenti); la maggior parte delle **galassie**, le **nebulose planetarie** (nubi che circondano stelle che hanno espulso parte del loro materiale); gli **ammassi aperti poco estesi**; gli **asteroidi**; le **comete distanti**; i **satelliti**; **Plutone** e **Nettuno**.

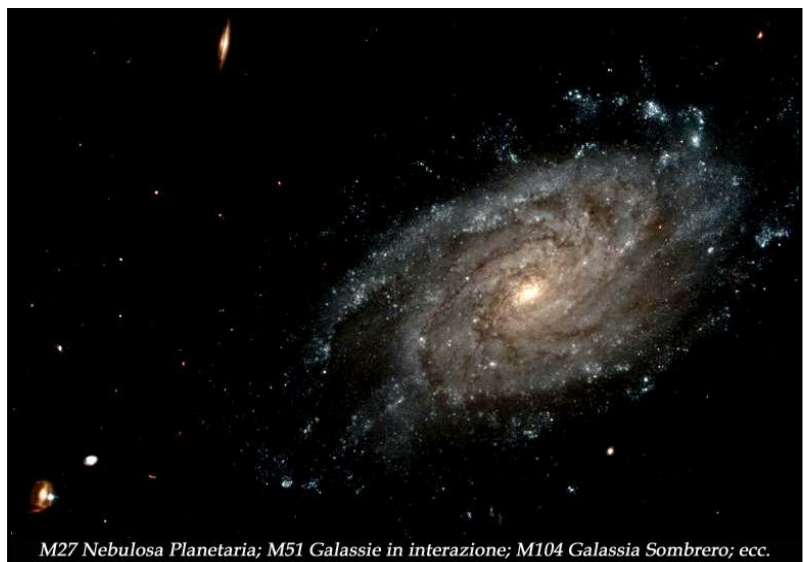
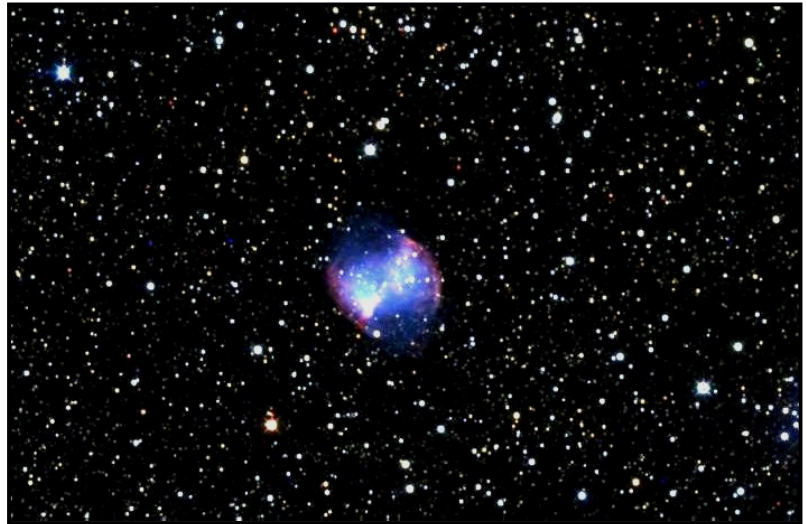


Foto autori vari: M13 (ammasso Globulare); Nebulosa M20

M27 Nebulosa Planetaria; M51 Galassie in interazione; M104 Galassia Sombrero; ecc.



## La tecnica delle foto in parallelo

Il sistema più semplice per fotografare il cielo è quello di **montare la macchina fotografica in parallelo al telescopio utilizzando appositi supporti** che la fissano direttamente al tubo (non ne esistono di universali, ma in genere sono prodotti dalla stessa ditta costruttrice del vostro telescopio).

In tal caso **verrà utilizzato solo il sistema di inseguimento della montatura del vostro telescopio** (che necessariamente dovrà possedere almeno il motorino di inseguimento in Ascensione Retta), mentre **le ottiche utilizzate rimarranno quelle montate sulla vostra macchina fotografica**.



Questo sistema è utilizzabile per fotografare: **grosse porzioni di cielo**, usando obiettivi di corta focale o grandangolari; **soggetti deboli ed estesi**, utilizzando focali non troppo spinte (90/100mm); **soggetti deboli e poco estesi**, con teleobiettivi, e **soggetti luminosi con teleobiettivi spinti** (ovviamente **senza pretendere di scorgere grandi dettagli planetari**).

L'obiettivo andrà posizionato con il **fuoco all'infinito** (alcuni obiettivi particolarmente sofisticati offrono la possibilità di spostare ulteriormente il fuoco per compensare eventuali variazioni dovute a sbalzi termici).

**Per controllare** la precisione **dell'inseguimento** ed evitare il mosso durante lunghe esposizioni **potrete utilizzare direttamente il telescopio**, munito di uno speciale oculare con reticolo preferibilmente illuminato (al fine di verificare e correggere eventuali spostamenti della stella guida inquadrata dal telescopio).

Per le fotografie di soggetti del **cielo profondo**, la nostra macchina fotografica **dovrà necessariamente possedere la posa B**, vista la necessità di effettuare lunghe esposizioni, ed ovviamente al fine di diminuire i tempi di posa converrà privilegiare l'uso di obiettivi ad alta luminosità (F:1,6; 2,9, 3,5).

## Il sistema afocale

Proviamo ora ad utilizzare **oltre alla montatura anche le ottiche del telescopio**, chiarendo prima alcune importanti regole dell'ottica.

La luminosità di un telescopio è direttamente proporzionale al Diametro del suo obiettivo, per cui a Diametro maggiore corrisponde una maggiore quantità di luce raccolta.

**La luminosità del telescopio è pari al rapporto tra la sua Focale ed il suo Diametro** (esempio: 2000mm di Focale, diviso 200mm di Diametro = F10).

Gli ingrandimenti sviluppati dal telescopio si calcolano dividendo la sua Focale per la Focale dell'oculare utilizzato (esempio: 2000mm di Focale telescopio, diviso 10mm di Focale oculare = 200 ingrandimenti).

La risoluzione teorica del telescopio si può calcolare con la seguente formuletta:  $116$ , diviso il Diametro dell'obiettivo espresso in mm (esempio:  $116/200 = 0,58''$ , ossia il nostro telescopio potrà distinguere due punti di uguale luminosità separati da soli  $0,58''$  secondi d'arco).

Chiarite queste regole basilari possiamo provare ad accostare la nostra macchina fotografica completa del suo obiettivo all'oculare del telescopio.

Tale operazione si può eseguire utilizzando un cavalletto su cui viene montata la fotocamera, oppure tramite appositi raccordi micrometrici, acquistabili o realizzabili da qualche amico capace di usare il tornio.

L'importante è posizionare l'obiettivo (posto sul simbolo infinito) il più vicino possibile al punto di fuoco dell'oculare (quello dove accostiamo l'occhio per vedere).

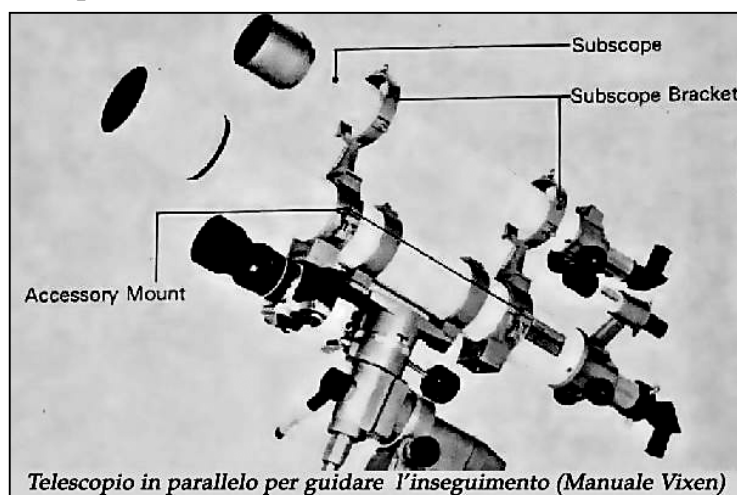
Attenzione a non produrre strane inclinazioni della macchina fotografica rispetto all'oculare.

Per mettere a fuoco il soggetto con precisione dovremo agire, esclusivamente, utilizzando la manopola di messa a fuoco del telescopio.

La Focale risultante da questo accoppiamento sarà pari all'ingrandimento utilizzato moltiplicato per la Focale dell'obiettivo fotografico (esempio: 100 ingrandimenti x 50mm di Focale di un classico obiettivo fotografico = 5000mm di Focale equivalente).

Questo sistema di accoppiamento, dato l'elevato numero di lenti utilizzato e le possibili aberrazioni introdotte, è utile se si possiede una macchina fotografica con obiettivo fisso e l'utilizzo è limitato a soggetti luminosi.

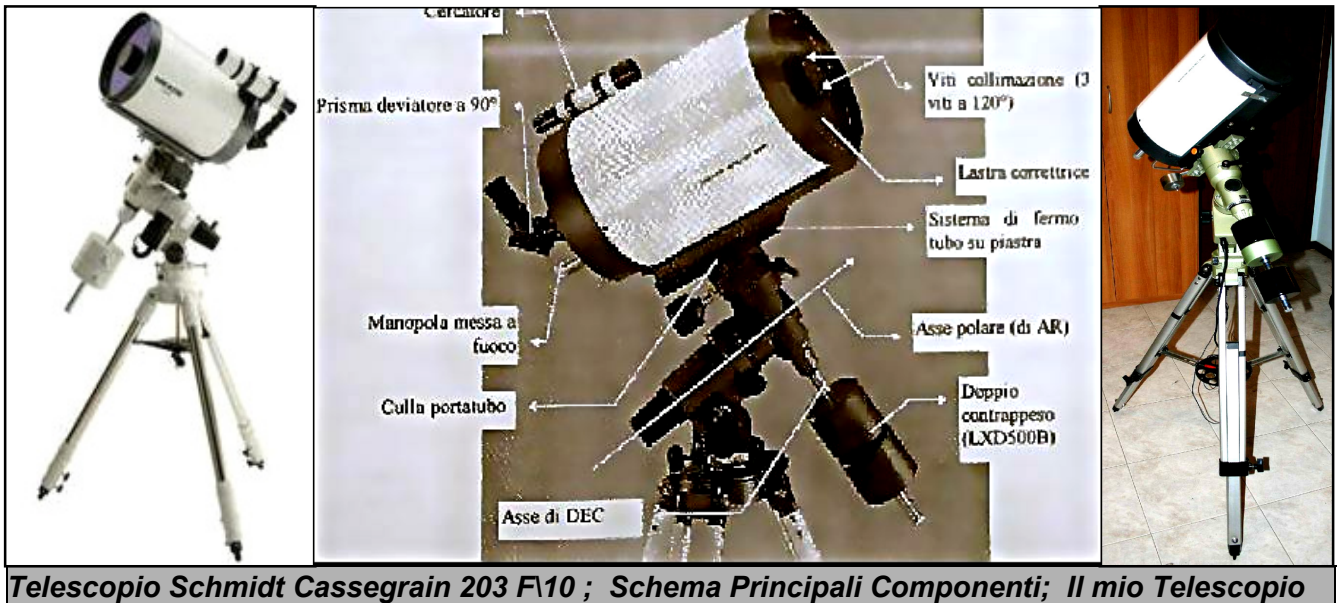
Se la vostra macchina fotografica è collegata al telescopio con specifici raccordi micrometrici e possiede la posa B, sarà possibile effettuare pose medio/lunghe, fotografando qualche soggetto debole (non molto esteso) montando un piccolo telescopio in parallelo a quello principale, allo scopo di verificare e correggere l'inseguimento. In tal caso la montatura dovrà essere in grado di sorreggere, anche, questo ulteriore peso.



Se invece l'obiettivo della vostra macchina fotografica è intercambiabile sarà possibile collegarla direttamente al telescopio, ma di questo ce ne occuperemo nel prossimo capitolo.

### 3. COLLEGARE LA MACCHINA FOTOGRAFICA AL TELESCOPIO

Nel precedente capitolo abbiamo visto come accostare la macchina fotografica al telescopio, ora invece ci occuperemo dei diversi sistemi utilizzabili per [collegarla](#) direttamente ad esso.



Telescopio Schmidt Cassegrain 203 F10 ; Schema Principali Componenti; Il mio Telescopio

#### Le foto al fuoco diretto

Se possedete una [camera fotografica con obiettivo intercambiabile](#) potrete [collegarla](#) direttamente, priva di obiettivo, [al telescopio](#), usando quest'ultimo come se fosse un grosso teleobiettivo.

Per effettuare tale collegamento occorrerà dotarsi di un raccordo compatibile con il proprio telescopio e di un anello T2 compatibile con la propria macchina fotografica.



In tal caso [la Focale e la luminosità saranno quelle del telescopio](#) (ad esempio 2000 mm di Focale a F10) e per mettere a fuoco il soggetto dovremo agire sulla manopola del telescopio.

Attenzione perché alcuni telescopi possiedono un fuoco troppo interno, che non permette l'utilizzo del metodo a fuoco diretto o indiretto. In pratica, salvo modifiche, non è possibile mettere a fuoco il soggetto (meglio informarsi prima di fare acquisti azzardati).

L'utilizzo della macchina fotografica al fuoco diretto del telescopio è [particolarmente utile per fotografare soggetti deboli, sia estesi che non estesi](#) (a patto di possedere la posa B).

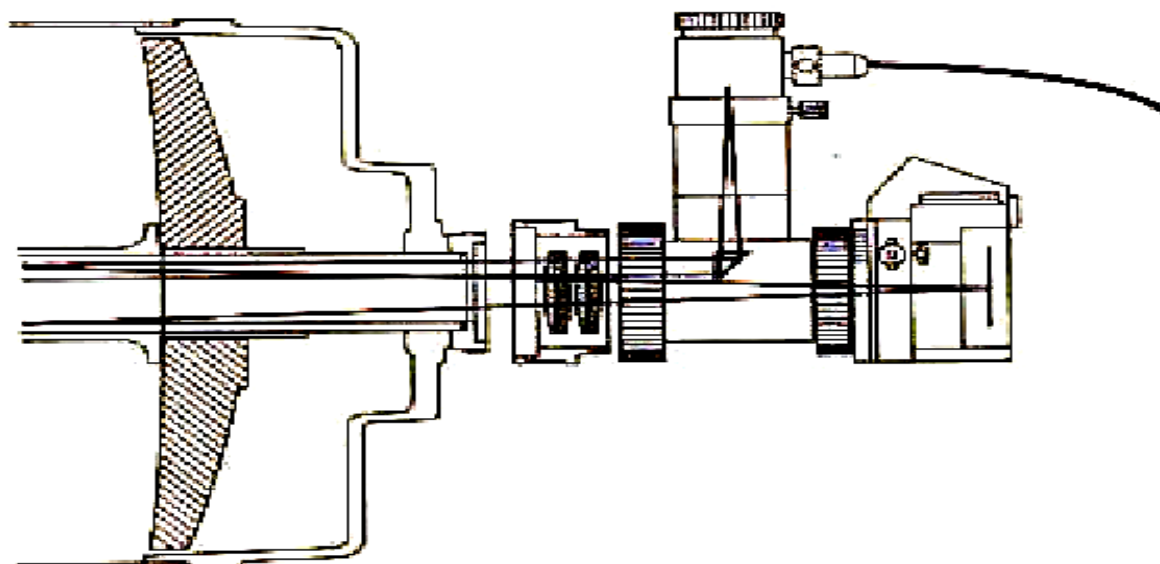
Con questo sistema è anche possibile fotografare l'intero disco, o quasi, di luna e sole.

L'inseguimento potrà essere controllato e corretto con un piccolo telescopio montato in parallelo a quello principale, oppure inserendo un apposito dispositivo tra telescopio e macchina fotografica.

### La guida fuori asse

Questo dispositivo tramite uno **specchietto inclinato devia una piccola parte della luce** raccolta dal telescopio **verso un oculare dotato di reticolo illuminato**, utile per centrare e controllare la stella guida.

La maggior parte delle guide fuori asse sono dotate di due piccoli movimenti che agiscono sullo specchietto modificandone l'inclinazione, permettendoci così di **centrare nel reticolo illuminato** dell'oculare **una stella** da utilizzare per controllare e guidare l'inseguimento (**stella guida**).

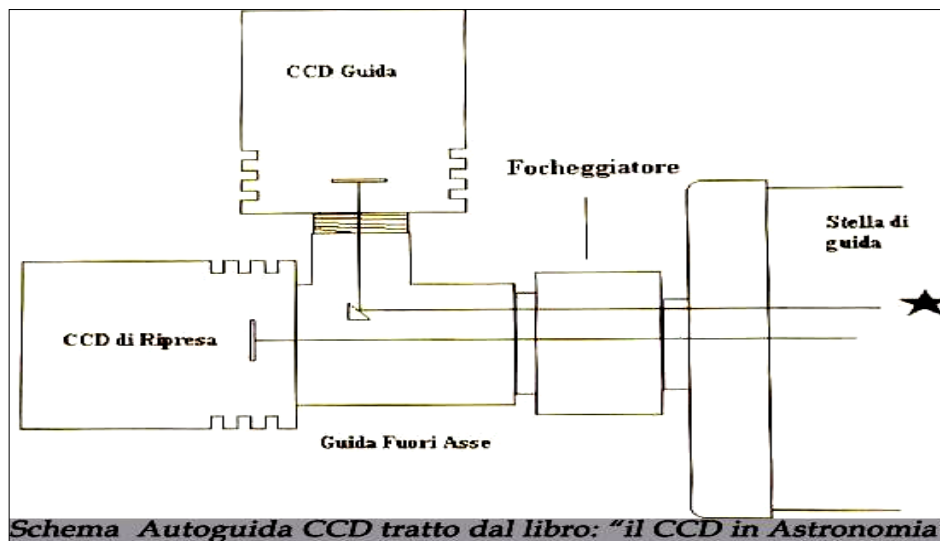


*Guida Fuori asse e oculari con reticolo illuminato: dal catalogo Meade*

Se invece dell'oculare utilizziamo una speciale camera CCD (realizzata specificatamente per l'uso astronomico), chiamata autoguida CCD e se i movimenti del telescopio sono comandati da un piccolo computer o da un PC, l'autoguida ogni volta che avvertirà uno spostamento della stella guida, in maniera automatica, la riporterà al centro del reticolo impartendo precisi comandi



ai motorini di Ascensione Retta e Declinazione, eseguendo un inseguimento perfetto (ovviamente questi sofisticati sistemi hanno un prezzo piuttosto elevato).



### Le foto al fuoco indiretto

Costituisce una variante del metodo precedentemente descritto e valgono esattamente le stesse regole (per inseguire si può usare anche la guida fuori asse).

Per fotografare **soggetti particolarmente estesi** e per ridurre ulteriormente il tempo di esposizione (con relativa diminuzione del rischio di ottenere immagini mosse), è possibile interporre tra camera fotografica priva di obiettivo e telescopio un dispositivo chiamato **riduttore di focale**.



Esso, riduce la focale del telescopio di una certa quantità (0,63; 0,5; ecc.), **umentandone**: sia la **luminosità**, sia il **campo apparente inquadrato**.

Prendiamo come esempio un telescopio di 200mm di Diametro e 2000mm di Focale. Un riduttore 0,63 porta la Focale a 1260mm ( $2000 \times 0,63 = 1260$ ) e di conseguenza aumenta luminosità del telescopio da F 10 a F 6,3 (luminosità = Focale/Diametro).

Per fotografare **soggetti poco estesi**, sia luminosi che deboli, è possibile incrementare gli ingrandimenti interponendo tra la camera fotografica priva di obiettivo ed il telescopio un dispositivo chiamato **Lente di Barlow o moltiplicatore di focale** (2X, 3X, 5X, ecc).



In tal caso la Focale del telescopio viene incrementata di un certo fattore (in genere 2x).



Ovviamente, con l'aumentare degli ingrandimenti aumentano anche: il tempo di esposizione da utilizzare (aumentando la Focale, diminuisce la luminosità F) ed i rischi di ottenere immagini mosse.

Quando si lavora con dettagli planetari ad alti ingrandimenti anche il micromosso produce disastri.

### *Il metodo della proiezione dell'oculare*

E' una variante del metodo precedentemente descritto, solo che tra la macchina fotografica (priva di obiettivo) ed il telescopio viene interposto un oculare.

Tale collegamento viene effettuato con uno speciale raccordo (Tele-Extender), che consente anche di regolare la distanza tra oculare e macchina fotografica (questo accessorio è diverso da marca a marca, per cui occorrerà rivolgersi alla ditta produttrice o a qualche bravo tornitore).



Aumentando la distanza tra oculare e macchina fotografica, l'immagine proiettata dall'oculare risulterà ulteriormente ingrandita e la Focale equivalente del sistema sarà così calcolabile:  $F_{eq} = F_{tel} \times (T/Foc - 1)$ .

Dove:  $F_{tel}$  è la focale del telescopio,  $F_{oc}$  la focale dell'oculare e  $T$  la distanza tra l'oculare ed il piano della pellicola o del sensore espressa in millimetri.

Per esempio: se la Focale del telescopio è di 2000mm, la distanza ( $T$ ) di 70mm e la focale dell'oculare 10mm, la Focale equivalente sarà uguale a  $2000 \times (70/10-1) = 8000\text{mm}$ , come un teleobiettivo "lungo" 8mt !

Per quanto concerne **l'incremento degli ingrandimenti**, ottenibili usando **oculari con focali basse** e **umentando la distanza tra oculare e macchina fotografica**, valgono le stesse regole descritte nell'utilizzo dei moltiplicatori di focale.

Il metodo della proiezione dell'oculare è **utile soprattutto per sviluppare ingrandimenti molto alti** (per cogliere i particolari più fini di soggetti luminosi) o **medio/alti** (per cogliere i dettagli di soggetti relativamente deboli e poco estesi).



Pur essendo possibile utilizzare la medesima tecnica con oculari a lunga focale, per ottenere ingrandimenti medio/bassi, a mio avviso, conviene collegare direttamente la macchina fotografica al telescopio e, se si tratta di soggetti estesi, utilizzare un buon riduttore di focale.

### *Alcune regole generali valide indipendentemente dal metodo utilizzato*

Per fotografare il sole è necessario anteporre all'obiettivo del telescopio, o della macchina fotografica (solo se è collegata in parallelo), **uno speciale filtro** (in vetro trattato, Mylar, ecc.) che **impedisce il danneggiamento della vista** e dell'attrezzatura.

**Non utilizzate filtri diversi da quelli specificatamente realizzati per questo scopo** (filtri solari per uso astronomico e astrofotografico), poiché **risulterebbero drammaticamente inefficaci**.

**Per evitare di produrre vibrazioni: non toccate il telescopio durante l'esposizione** e riparate dalle raffiche di vento, **utilizzate**, se possibile, **un comando a distanza** (cavetto o telecomando) ed il **blocco dello specchio** ribaltabile (se lavorate ad alti ingrandimenti, eviterete il micromosso).

A tal proposito, [sarebbe meglio motorizzare anche l'asse di Declinazione](#) per effettuare eventuali correzioni d'inseguimento senza produrre vibrazioni.



Ricordatevi che per tempi di esposizione inferiori a 10 secondi è inutile controllare l'inseguimento.

[Non esagerate con gli ingrandimenti!](#)

La risoluzione massima ottenibile rimane quella del vostro telescopio (in più bisogna fare i conti con la turbolenza dell'aria, che deforma le immagini riducendo ulteriormente la risoluzione), per cui otterreste solo immagini meno nitide, più impastate e con pochi dettagli.

Più utilizzate [esposizioni lunghe](#), più sarà [difficile inseguire l'oggetto](#) senza produrre immagini mosse.

Le pose di ore, in genere, vengono eseguite da chi possiede: montature robustissime e costosissime, sistemi d'inseguimento precisissimi e magari un'autoguida CCD, il tutto condito da un perfetto allineamento dello strumento rispetto al Polo Nord celeste.

### *[Collegare al telescopio la fotocamera digitale](#)*

Per sfruttare al massimo la risoluzione del nostro telescopio è necessario eseguire un corretto abbinamento tra telescopio e fotocamera digitale.

Al di là del metodo di collegamento scelto (a fuoco diretto, in proiezione dell'oculare, ecc.), occorrerà eseguire una corretta campionatura o avvicinarsi il più possibile ad essa.

[La corretta campionatura](#) si realizza utilizzando come [Focale equivalente](#) (quella del sistema telescopio/fotocamera digitale precedentemente descritta per ogni metodo) [quella necessaria](#) per ottenere una data [risoluzione](#), in relazione alle [dimensioni dei singoli pixel](#) utilizzati dai sensori.

Accontentatevi di sapere che su ogni pixel dovranno ricadere 2 punti luminosi pari alla dimensione della risoluzione che vogliamo ottenere (per esempio 0,6").

Senza perderci in ragionamenti complessi, basterà applicare una semplice formula matematica:  $F_{eq} = (dp \times 206265) / C$ , dove:  $F_{eq}$  è la Focale equivalente;  $dp$  la dimensione del lato di un singolo pixel espressa in millimetri (o della diagonale se i pixel sono rettangolari); 206265 è una costante (valore in arcosecondi di un radiante) e  $C$  è il campionamento, pari alla metà della risoluzione che vogliamo ottenere.

Il valore da attribuire a  $C$  dipende dall'oggetto che vogliamo fotografare e dalla turbolenza atmosferica.

Se ci interessa cogliere i particolari fini di un pianeta (soggetto luminoso) cercheremo di sfruttare al massimo la risoluzione del telescopio sperando che la turbolenza dell'aria non sia tale da impedircelo (cattivo seeing).

Per esempio: applicando una Canon EOS 300D, che possiede pixel di 0,0074mm di lato, ad un telescopio capace di arrivare ad una risoluzione di circa 0,6" (116/Diametro telescopio), il valore di  $C$  sarà di 0,3" (la metà di 0,6"), di conseguenza dovremo utilizzare una Focale equivalente pari a:  
 $(0,0074 \times 206265) / 0,3 = 5087,87\text{mm}$ .

Quindi per campionare correttamente dovremo usare una Focale equivalente il più vicino possibile a 5087mm.

L'esperienza insegna, che a volte, in serate particolarmente calme (con poca turbolenza), su soggetti di ridotte dimensioni (asteroidi, satelliti, ecc.) è possibile spingere gli ingrandimenti anche arrivando a Focali di 7500/8000mm.

Se invece vogliamo fotografare un soggetto debole, i tempi lunghi necessari per la corretta esposizione faranno prevalere gli effetti del seeing rispetto alla risoluzione raggiungibile dal nostro telescopio.

Per pose medio/lunghe, il valore medio della risoluzione dettata dal seeing è di circa 4".

In tal caso, applicando la formula precedentemente descritta, si otterrebbe:

$$F_{eq} = (0,0074 \times 206265) / 2 = 763,18\text{mm}$$

Un valore troppo basso da raggiungere per il mio telescopio, anche usando un riduttore di focale.

Niente di grave, comunque, dato che la risoluzione arbitrariamente fissata a 4" si riferisce a tempi di esposizione un po' più lunghi rispetto a quelli utilizzabili (da 2 a 4 minuti) eseguendo più foto, da sommare successivamente in fase di elaborazione delle immagini.

Inoltre, le fotocamere digitali hanno sensori piuttosto grandi e quindi risentono meno delle camere CCD (realizzate per uso astronomico e caratterizzate da: bassissimo rumore, sensori di alta qualità, ma di piccole dimensioni fisiche) della riduzione del campo apparente.

Per inquadrare interamente soggetti estesi (compresi luna e sole) occorre abbracciare un ampio campo apparente, ovvero azzeccare la giusta scala dell'immagine.

**Il campo apparente** è anch'esso calcolabile con una formula matematica e dipende da due fattori: la Focale equivalente utilizzata ed il numero di pixel che compongono i lati del sensore.

Il Campo Apparente è uguale a :  $C \times \text{numero pixel}$ .

Per esempio: il sensore di una Canon EOS 300D è formato da circa 6,3 milioni di pixel ed ogni lato è composto rispettivamente da 3072 e 2048 pixel.

Applicando la formula appena descritta, ed usando 0,3" come campionatura (ottenibile con una focale di 5087mm) il campo apparente sarà pari a :  
 $0,3 \times 3072 = 921,6'' = 15' \text{ e } 21''$  e  $0,3 \times 2048 = 614,4'' = 10' \text{ e } 14''$ .

Quindi, la porzione di cielo inquadrata sarà di circa 15' x 10', ovvero meno della metà del diametro apparente della luna (circa 30').

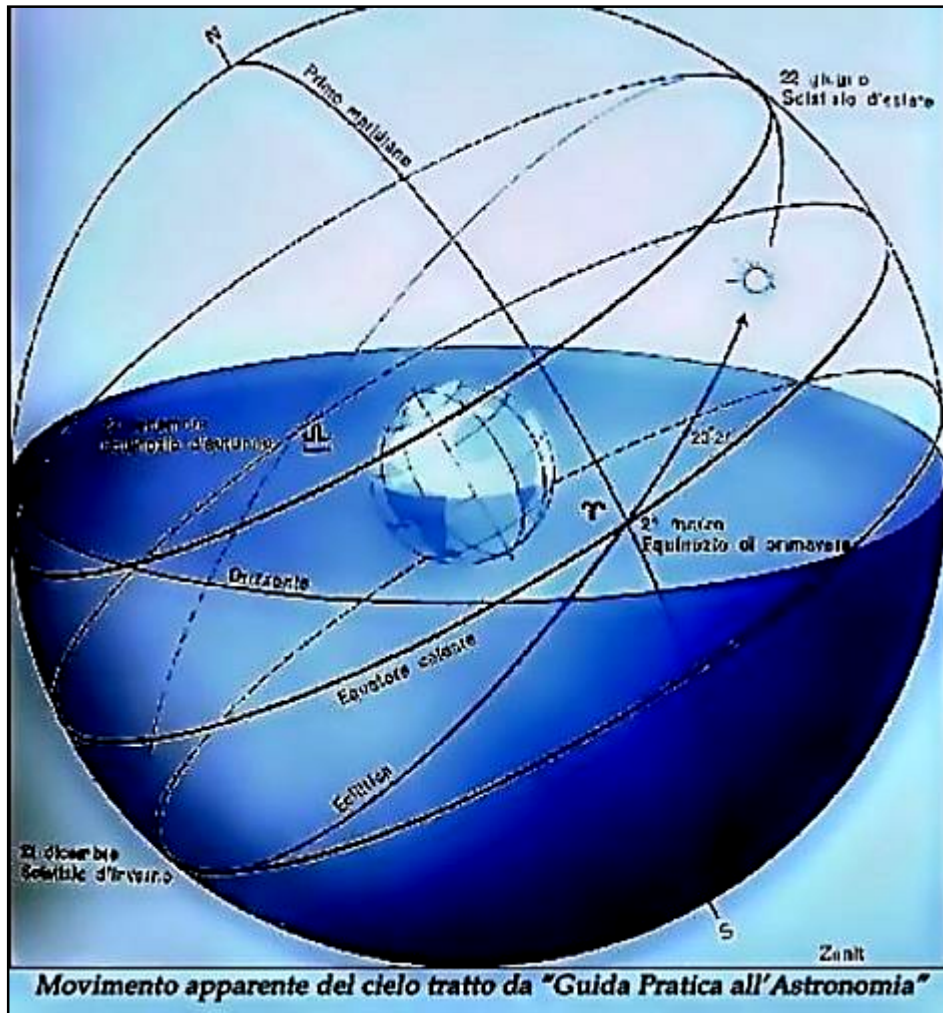
Ora che abbiamo imparato a conoscere un po' meglio la nostra strumentazione, [dovremo imparare a conoscere meglio il cielo](#) ed è di questo che ci occuperemo nel prossimo capitolo.



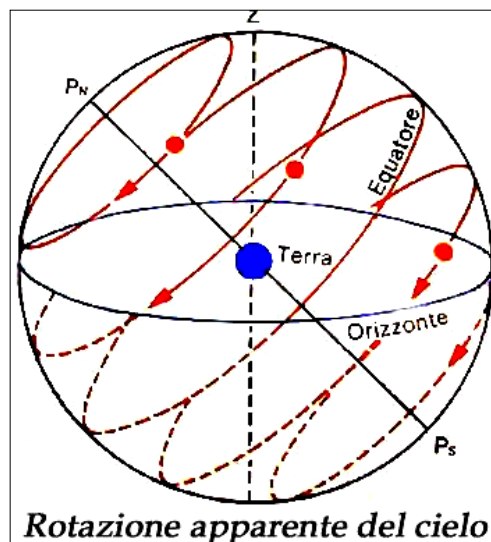
## 4. ORIENTARSI E RINCORRERE IL CIELO

Per fotografare un corpo celeste, dobbiamo prima rintracciarlo.

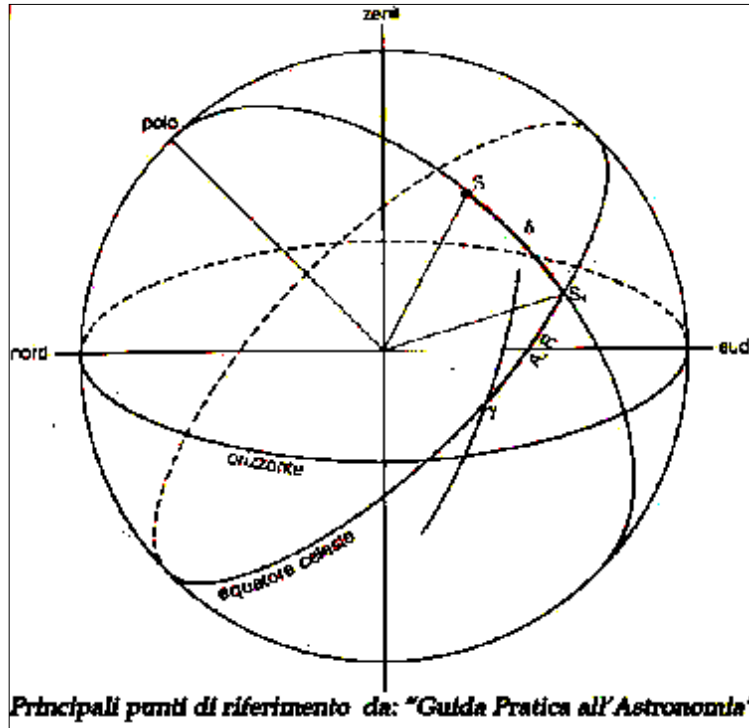
Se vogliamo trovare una data località di cui conosciamo latitudine e longitudine, dobbiamo munirci di una carta geografica, quindi, **se vogliamo trovare un determinato astro occorrerà conoscerne le coordinate** (Ascensione Retta e Declinazione) e dovremo munirci di una **mappa celeste**.



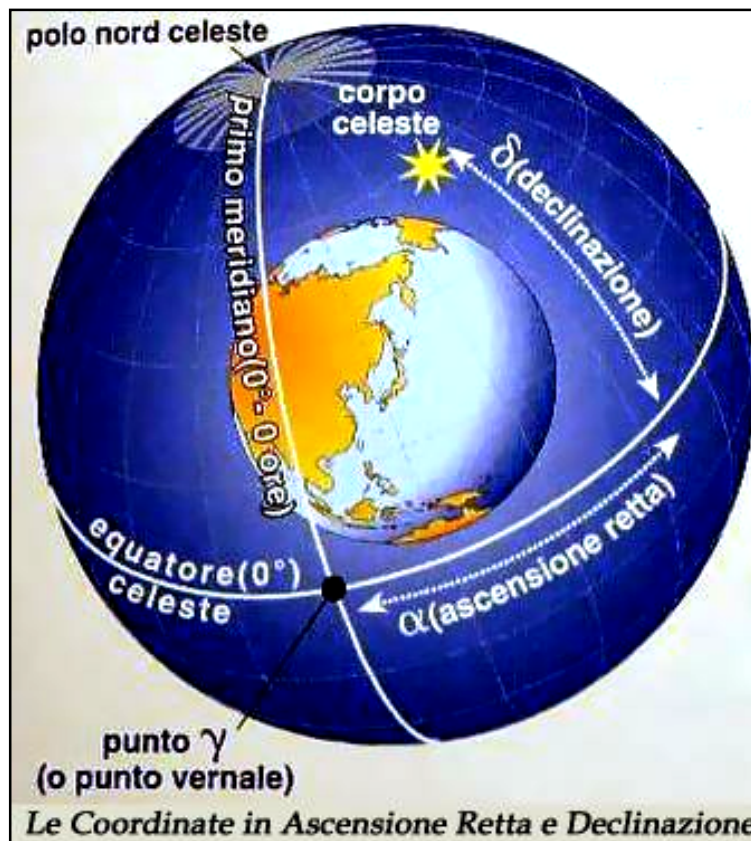
L'operazione è tutt'altro che semplice, poiché gli astri appaiono in continuo movimento (moto apparente del cielo).



Per imparare ad orientarci nel cielo ed a leggere le mappe celesti, innanzitutto, dovremo prendere confidenza con i **principali punti di riferimento**: il **Polo Nord** e il **Polo Sud celeste**, l'**Equatore celeste**, l'**Orizzonte**, lo **Zenit** (il punto che sta esattamente sopra la nostra testa, ovvero il centro del cielo per come ci appare) ed il suo opposto chiamato **Nadir**, il **Meridiano** (una linea immaginaria che unisce il nord al sud geografico passando per lo Zenit), l'**Eclittica** (l'orbita apparente compiuta dal sole).

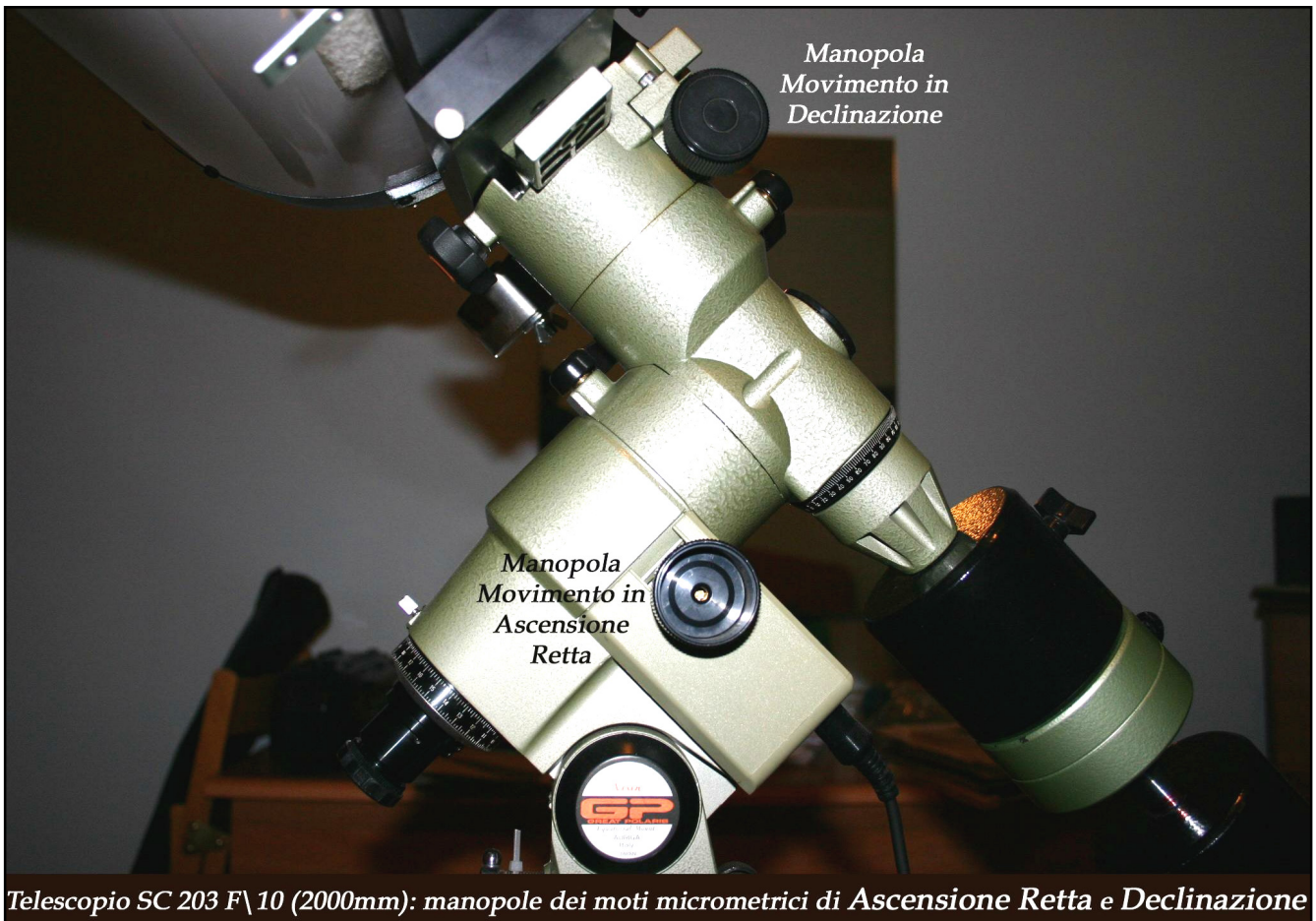


## LE COORDINATE CELESTI





## *La longitudine in movimento: L'ASCENSIONE RETTA*



La porzione di cielo visibile dalla nostra località di osservazione in un determinato momento (finestra osservativa) muta continuamente in seguito alla rotazione della terra e dipende dalla posizione che occupiamo sulla superficie terrestre (quando qui è notte dall'altra parte del mondo è giorno).

Per poterci orientare, l'apparente proiezione del cielo, viene divisa in linee longitudinali, il cui valore corrisponde alla coordinata di Ascensione Retta.

L'Ascensione Retta si misura in ore, minuti e secondi e qualunque astro per compiere un giro intero ( $360^\circ$ ) impiega 24 ore, ovvero il periodo di rotazione della terra su stessa.

Ogni ora un astro compie  $15^\circ$  gradi della sua rotazione intorno al Polo Nord celeste ( $360/24=15$ ), muovendosi da Est verso Ovest.

Dunque, le coordinate di Ascensione Retta di un astro non corrispondono a coordinate fisse del cielo, ma a coordinate in continuo movimento.

Se l'Ascensione Retta di un astro è di 3h e 45' ed alle ore 22 lo vediamo ad est nel cielo, alle quattro di notte lo ritroveremo in tutt'altra posizione (ad ovest del nostro cielo), eppure la sua Ascensione Retta è rimasta la stessa, ovvero 3h e 45'.

Abbiamo già detto che possiamo considerare gli astri esterni al nostro sistema solare come immobili (anche se questo è solo un effetto apparente dovuto alla lontananza, in realtà si muovono a velocità considerevole), per cui quando il cielo "scorre" sulle nostre teste mantiene la medesima forma (stesse costellazioni, stesse posizione degli astri, ecc).

Durante le lunghe notti primaverili e autunnali (in prossimità dei solstizi, ovvero delle notti più lunghe dell'anno), se abbiamo la pazienza di osservare il cielo dal tramonto all'alba, vedremo scorrere davanti ai nostri occhi quasi tutte le costellazioni visibili dalla nostra latitudine.

Per trovare un astro, dovremo conoscere quale posizione occupa rispetto alla sua apparente rotazione intorno al Polo Nord celeste, ossia qual è la sua esatta posizione in quel preciso momento nel cielo che stiamo osservando.

Per far questo possiamo utilizzare il Meridiano, che essendo una linea fissa nel nostro cielo (parte da Nord, passa per lo Zenit e termina a Sud), "assume" un valore diverso di Ascensione Retta, con il mutare del tempo.

In pratica, stiamo cercando di fissare la mappa celeste facendola coincidere con il cielo che stiamo osservando.

Infatti, tutti gli astri che possiedono un determinato valore di Ascensione Retta passano la linea del Meridiano in un preciso istante.

### *Fissare il tempo: Tempo siderale, Tempo universale e Tempo locale*

Il valore di Ascensione Retta degli astri che transitano al Meridiano in un determinato istante viene definito **Tempo siderale**.

Con l'ausilio di questa tabella è possibile conoscere il valore del Tempo Siderale a Greenwich, alla mezzanotte di un giorno preciso dell'anno.

<b>TEMPO SIDERALE MEDIO A GREENWICH</b> (a 0 h di Tempo Universale)			
<b>Data</b>	<b>Tempo siderale</b>	<b>Data</b>	<b>Tempo siderale</b>
2 gennaio	<b>6h 44m</b>	2 Luglio	<b>18h 41 m</b>
10 gennaio	<b>7h 15m</b>	10 Luglio	<b>19h 13m</b>
18 gennaio	<b>7h 47m</b>	18 Luglio	<b>19h 44m</b>
26 gennaio	<b>8h 18m</b>	26 Luglio	<b>20h 16m</b>
2 febbraio	<b>8h 46m</b>	2 Agosto	<b>20h 43m</b>
10 febbraio	<b>9h 17m</b>	10 Agosto	<b>21h 15m</b>
18 febbraio	<b>9h 49m</b>	18 Agosto	<b>21h 46m</b>
26 febbraio	<b>10h 20m</b>	26 Agosto	<b>22h 18m</b>
2 Marzo	<b>10h 40m</b>	2 Settembre	<b>22h 45m</b>
10 Marzo	<b>11h 12m</b>	10 Settembre	<b>23h 17m</b>
18 Marzo	<b>11h 43m</b>	18 Settembre	<b>23h 49m</b>
26 Marzo	<b>12h 15m</b>	26 Settembre	<b>0h 20m</b>
2 Aprile	<b>12h 42m</b>	2 Ottobre	<b>0h 43m</b>
10 Aprile	<b>13h 14m</b>	10 Ottobre	<b>1h 15m</b>
18 Aprile	<b>13h 45m</b>	18 Ottobre	<b>1h 47m</b>
26 Aprile	<b>14h 17m</b>	26 Ottobre	<b>2h 18m</b>
2 Maggio	<b>14h 41m</b>	2 Novembre	<b>2h 46m</b>
10 Maggio	<b>15h 12m</b>	10 Novembre	<b>3h 17m</b>
18 Maggio	<b>15h 44m</b>	18 Novembre	<b>3h 49m</b>
26 Maggio	<b>16h 15m</b>	26 Novembre	<b>4h 20m</b>
2 Giugno	<b>16h 43m</b>	2 Dicembre	<b>4h 44m</b>
10 Giugno	<b>17h 14m</b>	10 Dicembre	<b>5h 16m</b>
18 Giugno	<b>17h 46m</b>	18 Dicembre	<b>5h 47m</b>
26 Giugno	<b>18h 17m</b>	26 Dicembre	<b>6h 19m</b>

Greenwich viene utilizzato come riferimento per i fusi orari.

Il **Tempo Universale** corrisponde all'ora di Greenwich.

Con questa tabella è possibile conoscere quando gli astri passano al Meridiano.

Ovviamente non sono presenti tutti i giorni dell'anno, ma basta una semplice proporzione per calcolarli.

Per esempio: alla mezzanotte del 5 gennaio il Tempo Siderale a Greenwich sarà di 6h 56m.

Infatti dal 2 gennaio al 10 gennaio sono trascorsi 8 giorni, in cui il Tempo Siderale è aumentato di 31 minuti (7h 15m - 6h 44m).

Ogni giorno il Tempo Siderale è aumentato di  $(31/8) 3,875$  minuti. In 3 giorni (dal 2 al 5 gennaio) è aumentato di  $(3,875 \times 3) 11,6$  minuti.

Di conseguenza, aggiungendo tale incremento al Tempo Siderale del 2 gennaio (6h 44m + 11,6 minuti = 6h 55,6 minuti) si ottiene il Tempo Siderale alla mezzanotte del 5 gennaio, che arrotondato risulterà: 6h 56m.

Visto che noi non viviamo a Greenwich, non ci resta che calcolare il Tempo Siderale riferito alla nostra località di osservazione.

Innanzitutto, dovremo trasformare il **Tempo Universale** (ora di Greenwich) in **Tempo Locale** (ora locale).

L'operazione è semplicissima, dobbiamo aggiungere un'ora con l'ora solare e 2 ore se è in vigore l'ora legale.

Quindi, se a Greenwich è mezzanotte a Milano sarà la una, oppure se è in vigore l'ora legale saranno le 2 di notte.

Questa operazione, però, non è sufficiente.

Infatti, pur avendo individuato il medesimo istante per Milano e Greenwich (Tempo Universale e Tempo Locale), la porzione di cielo che si osserva a Greenwich non è la stessa che si osserva a Milano.

**A causa della rotazione della terra la medesima porzione di cielo** (a parità di latitudine) **impiegherà un certo tempo per presentarsi nello stesso modo in entrambe le località**

Come già precisato, **la terra ruotando su stessa** (da Ovest verso Est, ovvero il contrario del moto apparente del cielo), **ogni ora percorre 15°** ( $360^\circ/24$  ore), per cui **ogni 4 minuti percorre un grado** ( $60$  minuti/ $15^\circ = 4$  minuti).

Ora possiamo calcolare, in base alla longitudine della nostra località di osservazione (rintracciabile su qualunque atlante geografico), quanto tempo ci metterà il cielo per coprire la distanza tra noi e Greenwich.

Milano si trova 9° più ad Est di Greenwich (longitudine Est 9° 11'), per cui dovremo aggiungere al Tempo Siderale di Greenwich 36 minuti ( $9^\circ \times 4$  minuti).

Per esempio: se a Greenwich a mezzanotte del 2 dicembre il Tempo Siderale è 4h 44m, a Milano alla una (1 ora di differenza tra Tempo Universale e Tempo Locale) il Tempo Siderale sarà di 5h 20m ( $4h44m + 36$  minuti = 5h 20m).

Se vogliamo conoscere il Tempo Siderale in un orario diverso, basterà aggiungere o sottrarre al Tempo Siderale la differenza oraria.

Per esempio: un'ora e mezza più tardi, alle due e mezza di notte, a Milano **il Tempo Siderale sarà di 6h50 m** ( $5h20m + 1h 30m = 6h 50m$ ) ed **in prossimità del Meridiano** (la linea immaginaria che unisce Nord Zenit e Sud) **potremo rintracciare tutti gli astri con Ascensione Retta prossima a 6h 50m** (Sirio AR 6h 45m Dec  $-16^\circ43'$ ; Alhena AR 6h37m Dec  $+16^\circ24'$ ; Murzim AR 6h23m Dec  $-17^\circ57'$ ; nonché diverse costellazioni, quali: Gemelli, Auriga, Giraffa, ecc.).

Gli astri con la medesima Ascensione Retta si trovano allineati sulla stessa coordinata (in questo caso transitano tutti al Meridiano), ma occupano punti posti ad altezze differenti.

Osservando le coordinate di questi astri, intuitivamente potremmo dire che: Murzim (Dec  $-17^\circ 57'$ ) è la stella più in basso, poi vi è Sirio (Dec  $-16^\circ43'$ ) e poi, più in alto, Alhena (Dec  $+16^\circ24'$ ).

Già, ma in basso e in alto rispetto a cosa?

Non certo all'orizzonte, altrimenti con valori negativi Sirio e Murzim dovrebbero trovarsi sotto l'orizzonte e quindi risultare invisibili, mentre sono perfettamente osservabili.



## La latitudine proiettata: LA DECLINAZIONE

La porzione di cielo che noi osserviamo non dipende solo dalla rotazione della terra, ma anche dalla latitudine geografica della località di osservazione.

Se osservassimo il cielo dal Polo Nord, la stella polare si troverebbe esattamente sopra la nostra testa (Zenit) e l'equatore celeste all'orizzonte; Se ci trovassimo all'equatore, la stella polare apparirebbe all'orizzonte e l'equatore celeste sopra le nostre teste, mentre se ci trovassimo al Polo Sud sarebbe invisibile la stella polare (eternamente nascosta dalla terra, visto che occuperebbe il Nadir) e l'equatore celeste coinciderebbe con l'orizzonte.

Ovviamente, i più fortunati sono quelli che osservano il cielo dall'equatore, perché nel corso dell'anno potranno ammirare l'intera volta celeste (emisfero australe e boreale), mentre per tutti gli altri una porzione di cielo rimarrà eternamente nascosta sotto l'orizzonte.

Ma cosa succede alle nostre latitudini?

Per esempio: Napoli dista circa  $41^\circ$  dall'equatore, essendo la sua latitudine geografica  $40^\circ$  e  $50'$  Nord.

Osservando il cielo da Napoli: la stella polare avrà un'altezza dall'orizzonte simile alla sua latitudine geografica (circa  $41^\circ$ ); l'orizzonte Nord nasconderà qualunque oggetto con declinazione inferiore a  $+49^\circ$  ( $90^\circ - 41 = 49^\circ$ ) e in prossimità dell'orizzonte Sud saranno osservabili soggetti celesti fino alla declinazione  $-49^\circ$  ( $41^\circ - 90^\circ = -49^\circ$ ), ma il resto del cielo australe (dell'emisfero sud) rimarrà invisibile.

E' evidente, che non avrebbe senso utilizzare come coordinata l'altezza di un astro dall'orizzonte, poiché essa varia in continuazione.

Basta osservare la luna, o una qualunque stella, per accorgersi che essa sorge, culmina (raggiunge la massima altezza nel cielo) e poi tramonta, mutando in continuazione la sua altezza dall'orizzonte.

Perché complicarci la vita aggiungendo un'altra coordinata che varia in continuazione con il tempo?

Invece, ciò che non varia mai è la distanza di un astro dal Polo Nord celeste, visto che gli ruota intorno compiendo un cerchio perfetto (un giro) in 24 ore.

Anzi, dato che tutti gli astri ruotano intorno al medesimo centro (il Polo Nord celeste, per noi che abitiamo nell'emisfero boreale, quello Sud per gli altri), ogni astro manterrà sempre la stessa distanza in Declinazione anche dall'equatore celeste.

La Declinazione non è altro che la distanza di un astro, espressa in gradi, primi e secondi, dall'equatore celeste, tenendo conto che i valori di Declinazione dei nostri punti di riferimento sono:  $+90^\circ$  per il Polo Nord celeste,  $-90^\circ$  per quello Sud e  $0^\circ$  per l'equatore celeste.

Ora che sappiamo cos'è la declinazione e possediamo dei punti di riferimento per misurarla (Poli ed Equatore celeste), abbiamo tutte le carte in regola per cercare di rintracciare un astro conoscendone le coordinate: Ascensione Retta e Declinazione.

Un discorso particolare, invece, lo meritano i corpi del sistema solare, ad iniziare dai pianeti, chiamati dagli antichi "erranti", proprio perché cambiavano in continuamente la loro posizione rispetto ad un cielo apparentemente "fisso".

Per evitare di complicarci la vita non sono state considerate le micrometriche variazioni delle coordinate di soggetti extrasolari, dato che per rendersi apprezzabili occorrono tempi assai lunghi (da anni a secoli).

[Per rintracciare i corpi del sistema solare](#) (pianeti, satelliti, asteroidi, comete, sole e luna), che mutano continuamente la loro posizione nel cielo, dovremo consultare uno specifico catalogo ([effemeridi](#)) che riporta con precisione le loro coordinate celesti giorno per giorno.

Ovviamente, i soggetti più luminosi (luna, sole e principali pianeti) sono facilmente individuabili ad occhio nudo anche senza conoscerne le precise coordinate.

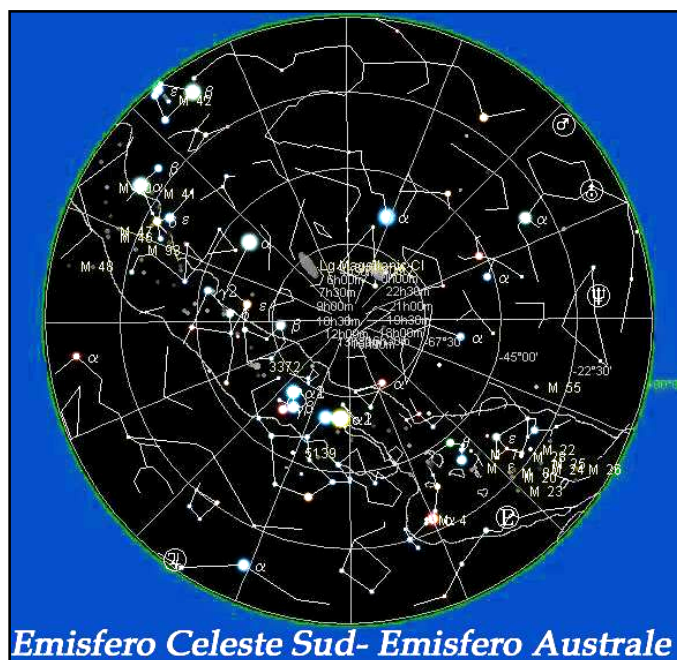
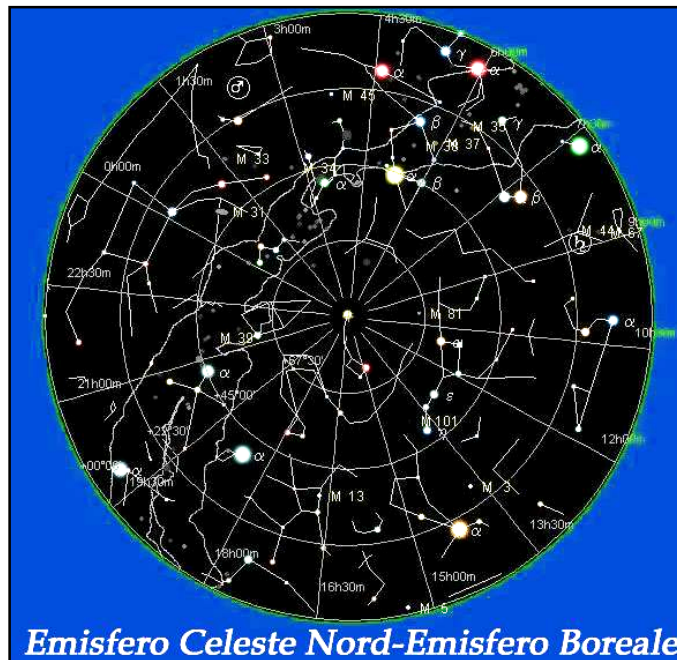
A questo punto non ci resta che apprendere un metodo che ci permetta di inquadrare il soggetto celeste che vogliamo fotografare, ma di questo ne parleremo nel prossimo capitolo.

## 5. ALLA RICERCA DELL'ASTRO PERDUTO

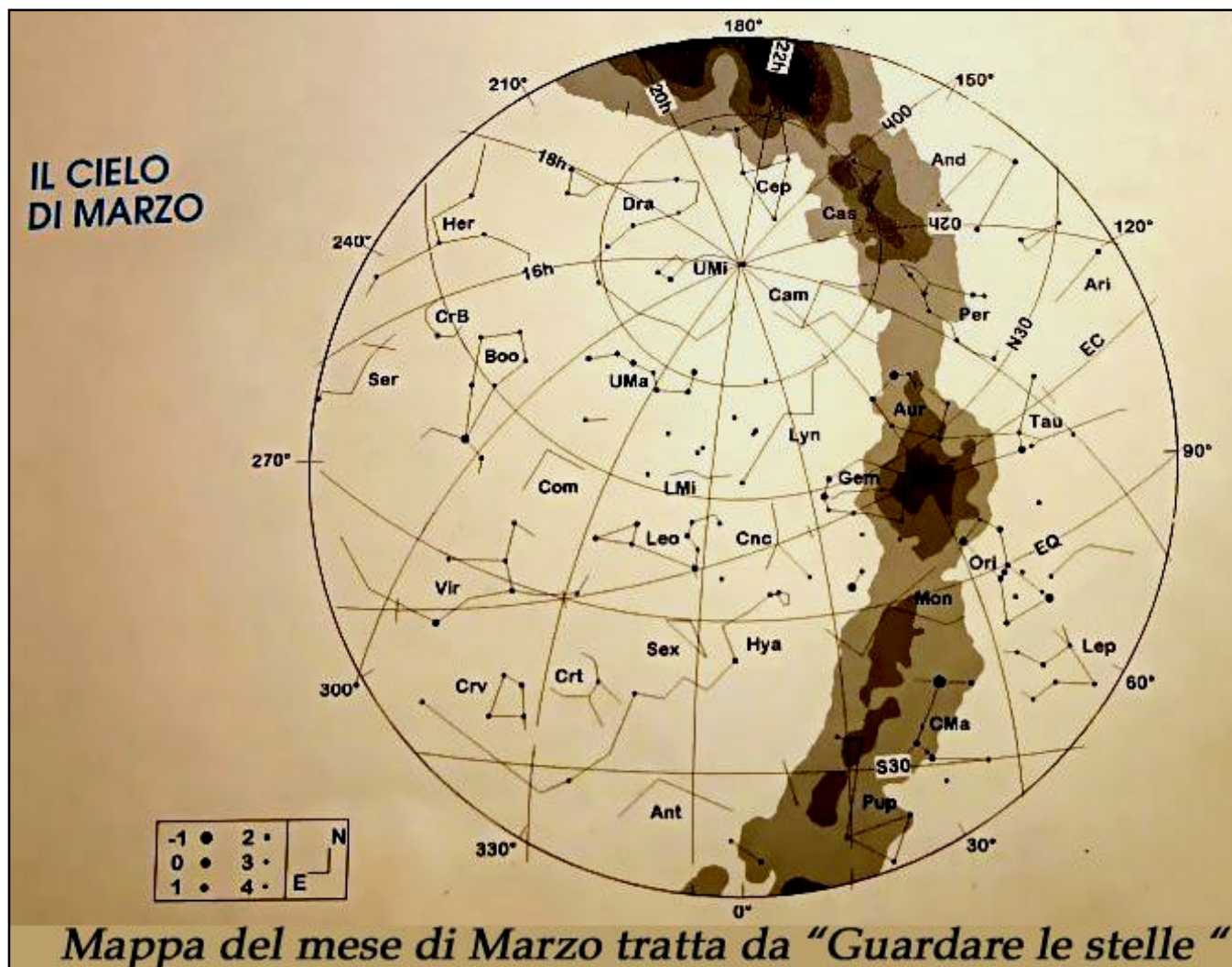
Prima di cercare un soggetto celeste è indispensabile verificare che esso sia presente nel cielo che stiamo osservando.

Quindi, dovremo imparare ad utilizzare specifiche [mappe stellari](#).

Queste, possiamo dividerle in 6 categorie: [le mappe celesti](#) a larghissimo campo che riportano entrambi gli emisferi (a mio avviso poco pratiche); quelle [a grande campo](#), suddivise per mese, che riportano il cielo apparente di una certa zona ad una specifica ora (presenti nella maggior parte delle riviste astronomiche e molto immediate se usate per orientarsi nel cielo); [le mappe dettagliate](#) che riportano solo porzioni di cielo (utili per rintracciare oggetti non visibili ad occhio nudo); [le effemeridi](#) (utili per rintracciare pianeti ed altri corpi del sistema solare); [le mappe lunari e planetarie](#) (ottime se si vogliono cercare particolari dettagli da fotografare); [gli atlanti stellari](#), composti sia da mappe a largo campo che da mappe dettagliate (ottimi, ma relativamente costosi).



Tali mappe astronomiche per essere utilizzate devono essere correttamente orientate nel cielo, per cui fate attenzione ai punti cardinali, laddove segnati. Generalmente le più comuni cartine stellari [si utilizzano ponendole sopra il capo e allineando il Nord indicato con quello geografico.](#)



### *Il metodo dello Star Hopping*

Per orientarci nel cielo possiamo usare le costellazioni, ben sapendo che solo poche (quelle circumpolari per l'emisfero Nord ed australi per l'emisfero Sud) non tramontano mai e sono visibili tutto l'anno.

Tali costellazioni possiedono un'elevata declinazione ed essendo prossime ai Poli Celesti non scompaiono mai dietro l'orizzonte.

Le altre costellazioni vengono definite stagionali e sono suddivise in: primaverili, estive, autunnali ed invernali.

Tale classificazione corrisponde, all'incirca, al loro periodo di massima visibilità (maggior permanenza nel cielo notturno).

Prima di puntare telescopio e macchina fotografica verso qualche soggetto celeste, conviene cominciare a prendere confidenza con il cielo cercando di riconoscere le costellazioni riportate nelle mappe stellari.

Il metodo più semplice per rintracciare un astro è quello dello [Star Hopping](#) ([saltellare tra le stelle](#)) e consiste nel muovere il telescopio e la macchina fotografica verso l'astro che vogliamo riprendere seguendo una sorta di percorso

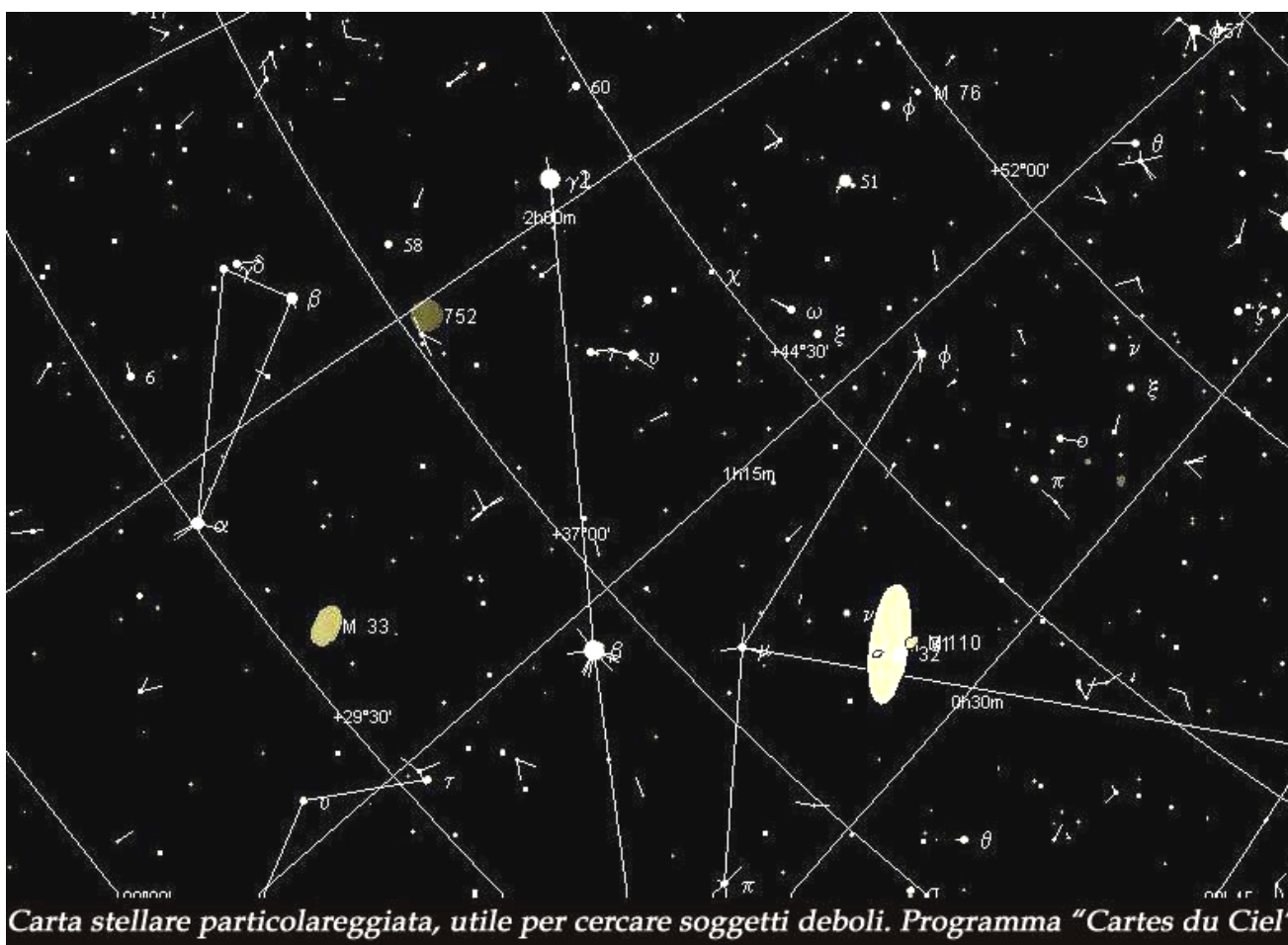


immaginario tra una stella e l'altra, proprio come se stessimo rintracciando una via usando il tutto città (per fortuna senza sensi unici).

Per centrare il soggetto, oltre al mirino della macchina fotografica, se reflex (in cui si vede ben poco), possiamo utilizzare il cercatore del telescopio (piccolo cannocchiale montato in parallelo al telescopio, da non confondere con i telescopi usati per controllare l'inseguimento), che utilizza bassi ingrandimenti (da 5X a 9X) e possiede un ampio campo visuale (circa 5°), permettendoci di puntare agevolmente astri fino alla settima/ottava magnitudine.

Più il soggetto che cerchiamo è debole, più dovremo usare cartine particolareggiate capaci di evidenziare stelle di magnitudine sempre più elevata ed invisibili a occhio nudo.

Proprio per questo motivo, una volta avvicinati alla zona, dovremo cercare il nostro soggetto direttamente con il telescopio.



Se il soggetto non compare i casi sono due: o è troppo debole per essere visto con il nostro telescopio ed allora occorrerà controllare che la magnitudine non sia troppo elevata e verificare l'eventuale presenza di stelline vicino che possano rappresentare un punto di riferimento (particolari figure geometriche, ecc.), oppure abbiamo sbagliato qualcosa e ci siamo persi ed in tal caso conviene ripercorrere nuovamente il "tragitto".

Attenzione, però, che l'immagine telescopica, a secondo della configurazione ottica utilizzata, può risultare ribaltata (sottosopra) e/o invertita (come allo specchio), per cui controllate da che parte state andando, usando il cercatore, se non volete perdervi.

## *Puntare il telescopio usando i cerchi graduati*

I telescopi che usano montature equatoriali, per lavorare correttamente (puntare gli astri e rincorrere il cielo) **devono essere allineati con il Polo Nord celeste**.

Se l'allineamento con il polo è perfetto (sull'argomento torneremo più tardi), una volta centrato l'oggetto da fotografare, per inseguirlo sarà sufficiente operare esclusivamente sul movimento di Ascensione Retta, con l'ausilio di un motorino di inseguimento che compensi il movimento apparente del cielo.

**Muovendo il telescopio in Ascensione Retta**, facciamo **compiere** alla macchina fotografica **una porzione di giro intorno al Polo Nord celeste**.

**Muovendolo in Declinazione** variamo la distanza dal Polo Nord e dall'equatore celeste.

Per eseguire questi spostamenti **possiamo utilizzare le manopole dei moti micrometrici** (quelle che comandano i due movimenti in Declinazione e Ascensione Retta) o i motorini di inseguimento.

Per misurare gli spostamenti effettuati e rintracciare i soggetti celesti possiamo utilizzare i cerchi graduati posti sull'asse orario e su quello di Declinazione, che indicano rispettivamente i valori in Ascensione Retta e in Declinazione.



I cerchi graduati, soprattutto quello che indica l'Ascensione Retta, **per segnare i corretti valori dovranno essere necessariamente registrati** (ricordatevi che il cielo



si muove e che l'Ascensione Retta è anch'essa una coordinata in continuo movimento).

Questa operazione si effettua **puntando e centrando nell'oculare a bassa focale** (alti ingrandimenti) **un astro di cui si conoscono le coordinate** (esempio: Vega AR 18h 37m; Dec +38°47') e **si regolano i cerchi graduati** (senza muovere il telescopio) finché non segnano i corretti valori in Ascensione Retta e Declinazione (AR 18h 37m, Dec +38°47').

A questo punto **si muove il telescopio** usando i moti micrometrici manuali in Ascensione Retta e Declinazione **fino a leggere il valori delle coordinate** del soggetto **che stiamo cercando** (esempio: AR 16h 42m; Dec +36°28' per l'ammasso globulare M13).



Usando il cercatore o il telescopio **con un oculare a lunga focale** (bassi ingrandimenti e ampio campo apparente), se il soggetto non appare già centrato, **si cerca nella zona** realizzando solo piccoli spostamenti.

Per **aumentare l'efficacia** di questo metodo conviene **registrare i cerchi graduati utilizzando un astro il più vicino possibile al soggetto da fotografare**.

Le coordinate degli astri sono riportati in diversi cataloghi, sia cartacei che digitali, alcuni dei quali scaricabili gratuitamente dalla rete.

Personalmente utilizzo Cartes du Ciel scaricabile gratuitamente al seguente indirizzo: [www.stargazing.net/astropc/download.html](http://www.stargazing.net/astropc/download.html).

A volte l'astro cercato non appare immediatamente, visto che i cerchi graduati di piccoli telescopi offrono misure approssimative (con errori anche di 1°).

In tal caso, non demordete, il soggetto è lì vicino, bisogna solo munirsi di calma e trovarlo.

Per migliorare la ricerca, nulla vieta di utilizzare un misto tra questo metodo e quello dello Star Hopping.

In ogni caso, l'efficacia di questo metodo e la possibilità di eseguire pose fotografiche medio/lunghe dipende dal [corretto allineamento](#) del nostro strumento rispetto al Polo Nord celeste, ma questo argomento [lo affronteremo nel prossimo capitolo](#).

## 6. DATEMI UN PUNTO E VI GIRERÒ INTORNO: IL CORRETTO STAZIONAMENTO

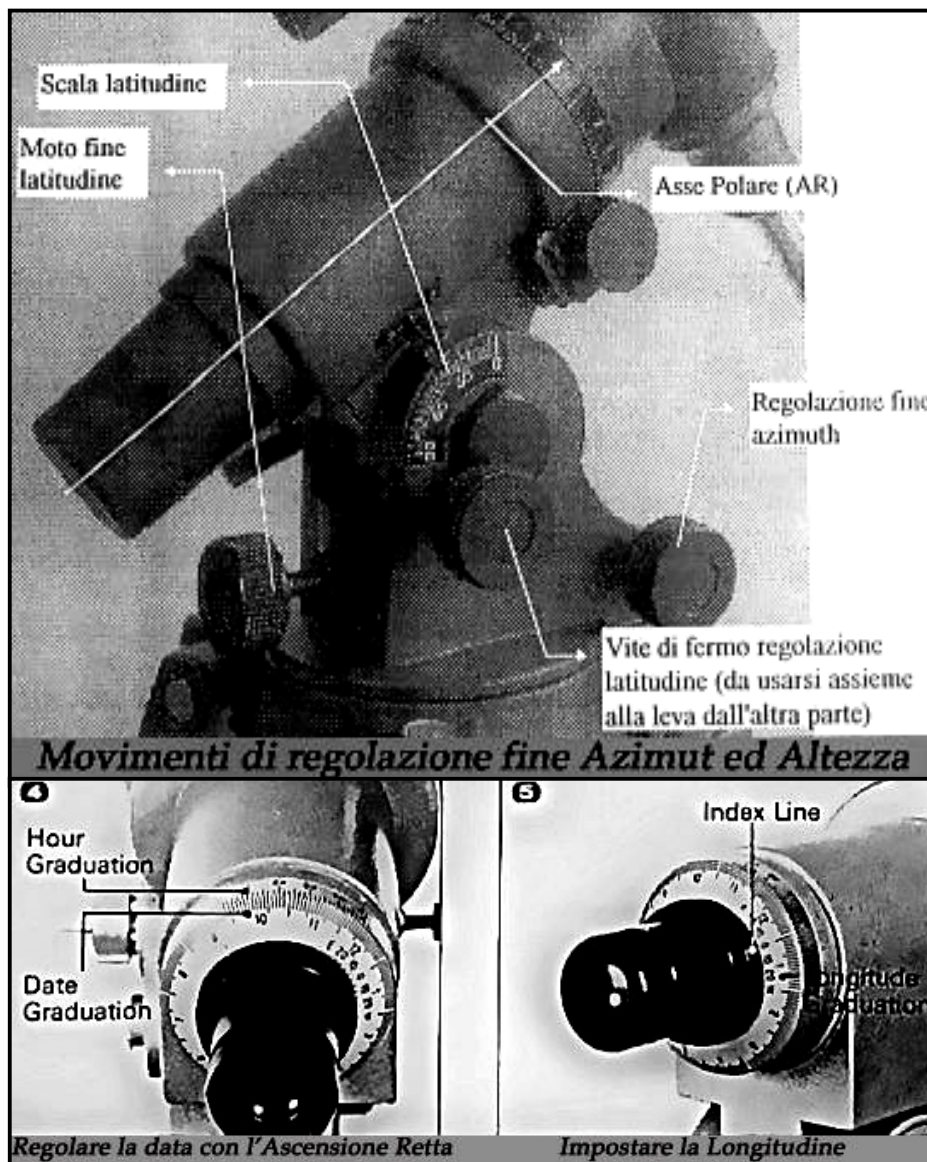
Esattamente come tutti gli astri ruotano intorno al Polo Nord celeste, che costituisce il centro perfetto di questa rotazione, anche il nostro telescopio e la macchina fotografica dovranno ruotare intorno a questo punto, utilizzando esclusivamente il movimento in Ascensione Retta.

Più il centro di questa rotazione sarà distante dal Polo Nord celeste (quello sud per gli abitanti dell'emisfero australe) più l'inseguimento sarà impreciso e le foto risulteranno mosse.

Lo stazionamento non è altro che la procedura utilizzata per allineare il centro di rotazione della montatura equatoriale, ossia l'asse orario, detto anche asse polare, con il Polo Nord celeste.

Per effettuarla dovremo regolare l'Altezza e l'Azimut, utilizzando gli appositi dispositivi (che nulla centrano con i movimenti in Ascensione Retta e Declinazione) in dotazione alla nostra montatura.

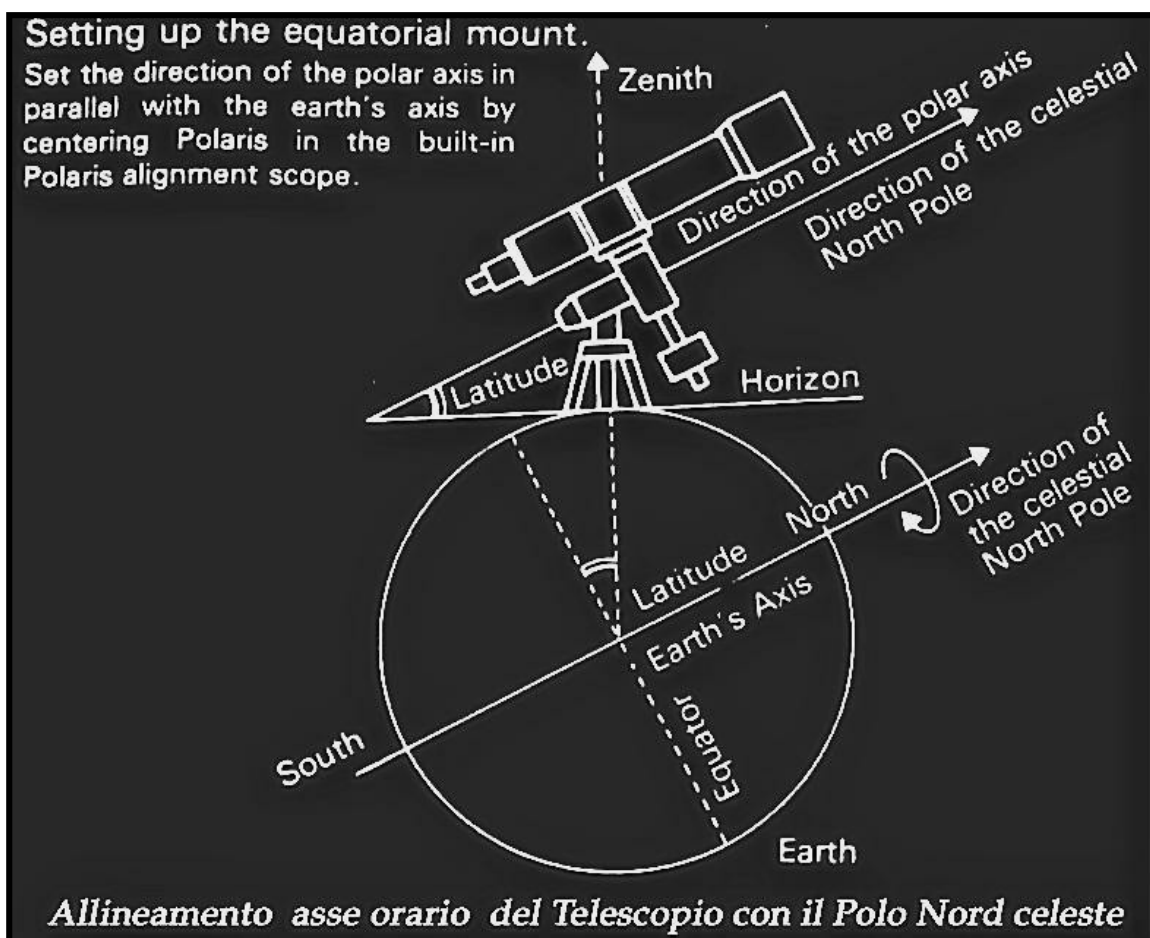
In genere si tratta di leve, viti o manopoline poste alla base della testa equatoriale (quella fissata al treppiedi). Quelle dell'illustrazione si riferiscono ad una montatura Meade.



Agendo sulla [regolazione dell'Altezza s'inclina l'asse polare](#) che formerà un certo angolo con il terreno, mentre agendo sulla [regolazione dell'Azimut si sposta l'asse polare lungo la linea dell'orizzonte](#) (nelle due direzioni: Est o Ovest).

Se ci accontentiamo di una [regolazione approssimativa](#) (insufficiente per eseguire foto senza incorrere nel mosso), basterà [regolare l'Altezza](#) facendola [corrispondere alla latitudine](#) del luogo di osservazione (per esempio: Milano circa 45°) e [regolare l'Azimut](#) orientando montatura e telescopio [verso il Nord, in direzione della stella polare](#) (se usate una bussola tenete conto che il Nord magnetico non corrisponde esattamente al Nord geografico e celeste).

Così facendo è possibile discostarsi dal centro di rotazione anche di 4° o 5° (una distanza notevole che rende impossibile effettuare fotografie), ma [questo grossolano e iniziale allineamento è indispensabile per eseguire le procedure descritte in seguito](#).



### *L'allineamento senza cannocchiale polare*

Il metodo consiste nel [muovere l'asse di Declinazione del telescopio portandolo a +90°](#) (il tubo del telescopio deve risultare parallelo all'asse polare).

Ora, [agendo esclusivamente su Azimut ed Altezza, si centra la stella polare in un'oculare a bassa focale](#) (alti ingrandimenti) del telescopio ed il gioco è fatto.

Questo metodo permette già una certa precisione d'inseguimento.

[Se il cerchio di Declinazione è regolato con precisione, l'errore sarà nell'ordine di 0,5°/1°](#). In tal caso, le [immagini di soggetti luminosi](#) risulteranno ferme (a condizione di non esagerare con gli ingrandimenti) e si potranno realizzare foto con [pose medio/lunghe, correggendo frequentemente l'inseguimento](#) (agendo sul movimento di Declinazione).



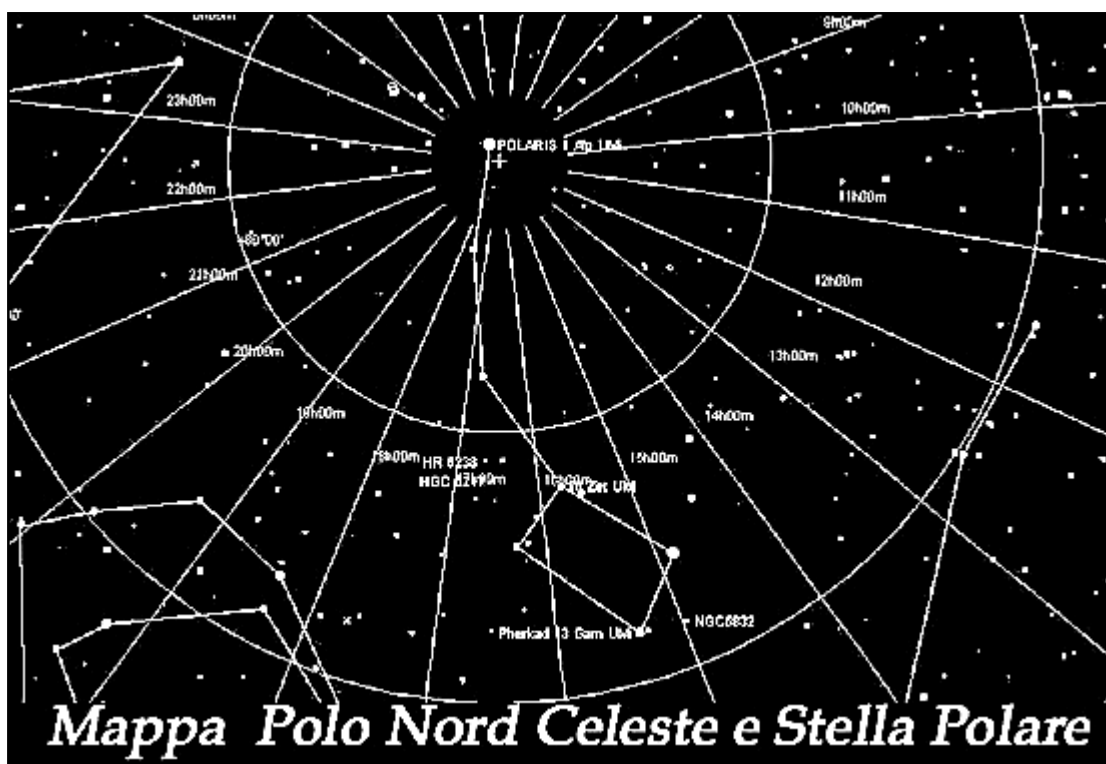
## L'uso del cannocchiale polare

Molte montature hanno inserito nell'asse orario (cavo) un piccolo cannocchiale munito di un crocicchio ed un reticolo (a volte illuminato), meglio conosciuto come **cannocchiale polare**.



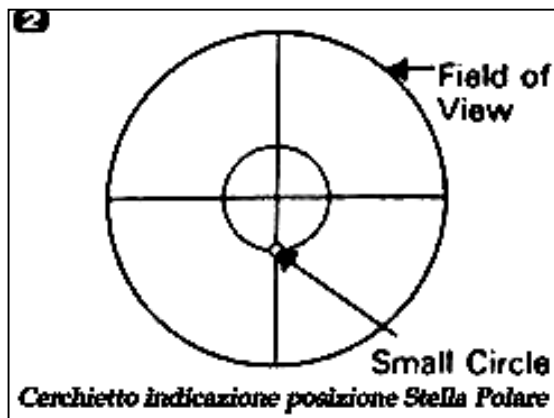
Guardando nel cannocchiale polare, regolando esclusivamente **Azimut ed Altezza**, si porta la stella polare al centro del reticolo, ottenendo così un discreto stazionamento (con errore inferiore ad  $1^\circ$ ).

La **stella polare**, però, non coincide esattamente con il Polo Nord celeste, ma dista da esso poco meno di  $1^\circ$  grado.





Per cui per realizzare uno [stazionamento più accurato](#) dovremo [centrare la stella polare](#) portandola [al centro del dischetto](#) che ne segnala la corretta posizione.



Visto che anche la stella polare ruota intorno al Polo Nord celeste, prima di centrala dovremo ruotare l'apposito datario (anch'esso costituito da un cerchio graduato) regolando: mese, giorno ed ora ed impostando la nostra longitudine (per esempio i famosi 9° Est di Milano).

Considerato che ogni montatura è diversa, per il corretto uso del datario conviene consultare il manuale d'uso del proprio telescopio.

Il [metodo appena descritto](#) è [sufficientemente preciso](#) (errore dell'ordine di pochi primi) e permette di eseguire anche pose fotografiche con [esposizioni medio/lunghe](#) intervenendo raramente per correggere l'inseguimento.

### *Il miglior metodo di stazionamento per l'astrofotografia:* **IL METODO DI BIGOURDAN**

Questo metodo rappresenta [sicuramente quello più preciso](#) e permette di effettuare anche [foto a lunga esposizione](#) riducendo al minimo il rischio di interventi per correggere l'inseguimento.

Inoltre, [se dal nostro luogo di osservazione non si vede la stella polare](#) con questo metodo è [possibile stazionare comunque il telescopio](#).

Purtroppo, la procedura da eseguire è piuttosto lunga e necessita di un'oculare capace di sviluppare alti ingrandimenti, preferibilmente, dotato di reticolo illuminato.

Dopo aver stazionato grossolanamente il telescopio, [si punta una stella a Sud](#) posizionata in [prossimità del Meridiano](#) (Nord-Zenit-Sud) e con [Declinazione prossima a 0°](#) (Equatore celeste).

Dopodiché si [ruota l'oculare](#) con reticolo illuminato in modo che le [due o più linee del reticolo seguano i movimenti dello strumento](#) (basta muovere leggermente prima la Declinazione e poi l'Ascensione Retta per [verificare se la stella segue le linee](#)).

Dopo aver [centrato la stella](#), con il [motorino di inseguimento acceso](#), la si segue per qualche minuto.

[Se la stella tende ad andare verso Nord](#), bisogna [correggere la posizione dell'Azimut](#) (non agite sull'altezza) spostandolo [verso Est](#).

[Se la stella tende ad andare verso Sud](#), bisogna spostare [l'Azimut verso Ovest](#).

Attenzione che generalmente (dipende dalla configurazione ottica) l'immagine al telescopio risulta sottosopra, per cui se la stella va a Nord a noi sembra che si muova verso il basso.

Per essere sicuri provate a spostare l'asse di Declinazione verso Nord ed osservare dove va la stella.

In ogni caso, meglio eseguire piccoli spostamenti in Azimut osservando se la stella tende ad andare più o meno velocemente verso la stessa direzione di deriva (Nord o Sud), verificando così se stiamo agendo nella direzione giusta.

Se dopo le correzioni la stella rimane ferma per almeno 3 minuti possiamo passare alla fase successiva.

Ora puntiamo una stella con Declinazione compresa tra  $+40^\circ$  e  $+50^\circ$  e prossima all'Est oppure all'Ovest geografico.

Usando il metodo precedentemente descritto agiremo esclusivamente sull'Altezza per eseguire le correzioni.

Se stiamo osservando una stella ad Est e notiamo che si muove verso Nord, bisognerà abbassare l'Altezza, se invece punta a Sud bisognerà alzarla.

Se stiamo osservando una stella ad Ovest e notiamo che si muove verso Nord, bisognerà alzare l'Altezza, se invece punta a Sud bisognerà abbassarla.

Quando la stella rimane ferma per almeno 3 minuti, ovviamente con il motorino di inseguimento acceso, possiamo passare alla fase finale.

Torniamo alla prima stella (quella prossima al Meridiano) e correggiamo eventuali derive finché non rimane immobile per almeno 5 minuti.

Ritorniamo alla seconda stella e così di seguito finché entrambe le stelle non avranno più alcuna deriva per almeno 5 minuti.

Ora telescopio e macchina fotografica sono correttamente stazionati.

Nonostante la precisione di questo metodo è sempre possibile che durante esposizioni medio/lunghe sia necessario intervenire per correggere l'inseguimento, per questo è meglio motorizzare anche l'asse di Declinazione.

Le cause possono essere diverse, ma in genere derivano da: errori di inseguimento prodotti dai motorini, attriti o imperfezioni meccaniche, utilizzo di montature sottodimensionate rispetto al peso che devono sostenere (tra telescopio ed apparecchiature varie).

Montature traballanti che vibrano al primo alito di vento o con moti micrometrici imprecisi, seppur utilizzabili per uso visuale, non sono adatte per l'astrofotografia.

Un capitolo a parte meriterebbero, invece, le montature dotate di sistemi elettronici di puntamento (con migliaia di oggetti celesti in memoria) capaci anche di allinearsi automaticamente al Polo (basta centrare tre stelle di riferimento).

Anche la miglior montatura per funzionare correttamente dovrà essere bilanciata su entrambi gli assi (Ascensione Retta e Declinazione) utilizzando gli appositi contrappesi e regolando la posizione del tubo, in modo da distribuire il peso in maniera equilibrata (tale operazione è descritta nel libretto di istruzioni del vostro telescopio).

Ora che la nostra strumentazione è pronta per ricercare ed inseguire i soggetti celesti, prima di fotografarli, non ci resta che metterli a fuoco, ma di questo ce ne occuperemo nel prossimo capitolo.

## 7. OPERAZIONE NERONE: METTERE A FUOCO IL SOGGETTO

Ora che il telescopio è stazionato e il soggetto che vogliamo fotografare è perfettamente centrato, dobbiamo [affrontare un altro problema: la messa a fuoco](#).

Sarebbe spiacevole dopo tanta fatica per ridurre il mosso ottenere immagini poco contrastate e irrimediabilmente sfuocate.

Inutile cercare aiuto da eventuali sistemi di autofocus, perché non funzionano (salvo su soggetti molto luminosi, come la luna, ed a condizione che si lavori con macchina fotografica montata in parallelo al telescopio e munita del suo obiettivo o di un teleobiettivo).

### *Il corretto punto di messa a fuoco*

Se si lavora con il metodo delle “foto in parallelo” il fuoco corrisponde al simbolo infinito del vostro obiettivo o teleobiettivo.

In tutti gli altri casi, [se la nostra macchina non è reflex](#), purtroppo non ci resta che andare per tentativi, muovendo la manopola di messa a fuoco e verificando nello scatto la precisione di questa operazione.

[Per fortuna con le macchine digitali](#) il risultato si può visionare immediatamente.

### *Messa a fuoco approssimativa*

E' anche possibile avvicinarsi alla messa a fuoco utilizzando una guida fuori asse.

[Estraendo leggermente l'oculare lo si porta alla medesima distanza di fuoco occupata dal piano della pellicola o del sensore \(ossia oculare e macchina fotografica mettono a fuoco il soggetto nel medesimo punto\)](#).

In pratica, possiamo dotare l'oculare di uno specifico anello distanziatore e regolandolo verificare quando la messa a fuoco corrisponde a quella della macchina fotografica.

In questo modo, agendo sulla manopola di regolazione del fuoco del telescopio, [quando il soggetto risulterà a fuoco nell'oculare lo sarà anche nella macchina fotografica](#).

[Il metodo](#) descritto, seppur utile per avvicinarsi alla corretta posizione di messa a fuoco, [non è particolarmente preciso](#), soprattutto se usiamo alti ingrandimenti.

### *Messa a fuoco con fotocamere Reflex*

Se possediamo una macchina fotografica [Reflex possiamo utilizzare il suo mirino per controllare la messa a fuoco](#).

Purtroppo, però, i soggetti celesti osservati nel mirino di una reflex, in genere, appaiono troppo piccoli e bui per controllare con precisione il punto di fuoco.

Per ovviare a questo problema, recentemente, la Canon ha prodotto la EOS 20da che permette di visionare e ingrandire le immagini direttamente nel monitor (ma con quello che costa!).

[Se si possiede una camera digitale](#) è anche possibile, dopo una prima grossolana messa a fuoco (utilizzando il mirino della reflex), [eseguire diversi scatti](#) modificando leggermente la messa a fuoco del telescopio.

Ingrandendo le immagini nel monitor e verificandone il grado di sfuocatura, sarà possibile regolare la messa a fuoco fino a raggiungere la maggior precisione e nitidezza possibile (quando siete vicini al punto di fuoco agite sulla manopola solo con movimenti micrometrici, quasi impercettibili).

Un consiglio: per ogni posizione di messa a fuoco eseguite almeno due scatti, distanziati almeno di 3 secondi uno dall'altro (onde evitare il micromosso o venir ingannati dal seeing), prima di esprimere un giudizio definitivo sulla nitidezza dell'immagine.

### *La maschera di Hartmann*

Il metodo descritto, pur non essendo l'unico, consente di raggiungere con sufficiente precisione il punto di fuoco.

Abbiamo però bisogno di un particolare accessorio costituito da un tappo con 2, 3, 4 o più fori circolari, da anteporre all'obiettivo del telescopio.

Tale accessorio si può acquistare o anche autocostruire utilizzando un cartoncino nero.

In tal caso occorre sapere che i fori devono avere un diametro di circa  $1/5$  del Diametro dell'obiettivo (per esempio:  $1/5$  di 200mm = 40mm), devono essere posizionati alla stessa distanza dal centro e lambire il perimetro dell'obiettivo (non quello del supporto, ma quello della lente o della parte interna del tubo).

Nella foto potete vedere quella che ho realizzato, che possiede 4 fori.



*Maschera di Hartmann a 4 fori autocostruita*



Centrando **una stella** la sua immagine potrebbe apparire scomposta in **4 stelle diverse** (se i fori sono 4).

Agendo sulla manopola di messa a fuoco del telescopio più ci avvicineremo al punto di fuoco e più le 4 stelle tenderanno a fondersi in una sola.

Quando **la stella risulterà unica e puntiforme il soggetto sarà perfettamente a fuoco.**

Se superiamo il punto di fuoco la stella tornerà a separarsi e dovremo girare nuovamente la manopola in senso inverso, fino ad ottenere la massima precisione possibile.



Una volta **raggiunta la messa a fuoco** possiamo **togliere la maschera di Hartmann** e **fotografare qualunque soggetto celeste**, dato che **tutti gli astri risultano a fuoco all'infinito** (quando un astro è a fuoco lo sono tutti, compresa la luna).

**Convien**e, comunque, a causa dei limiti di alcune configurazioni ottiche e meccaniche, utilizzare questo metodo centrando una stella di media luminosità (magnitudine 1 o 2) **vicina all'oggetto da fotografare.**

Inoltre, durante la notte, dovremo controllare più volte la messa fuoco, dato che tende a spostarsi in seguito alle variazioni termiche (il telescopio cambia leggermente il punto di fuoco).

### ***Mettere a fuoco soggetti celesti***

Se il **soggetto** che vogliamo riprendere è **molto debole** apparirà solo dopo esposizioni medio/lunghe, per cui **non sarà visibile né nel mirino** della macchina fotografica **né, eventualmente, nell'oculare della guida fuori asse.**

Per essere sicuri di aver centrato il soggetto, oltre ad una buona mappa, potremo utilizzare i sistemi descritti nelle precedenti puntate (usando come riferimento gli astri visibili vicini al soggetto invisibile).

Chiaramente è **impossibile verificare la messa a fuoco di un soggetto invisibile** (per altro se si tratta di una nebulosa, anche se visibile, non essendo puntiforme è assai difficile determinare se è a fuoco o no), ma per **fortuna la messa a fuoco sarà**

stata realizzata precedentemente, con l'ausilio di altri soggetti ben più luminosi (stelle), utilizzando i metodi precedentemente descritti.

Al limite, controlliamo per scrupolo se eventuali stelline vicino all'oggetto invisibile risultano a fuoco (puntiformi).

Al contrario dei corpi celesti poco luminosi, la luna, il sole ed i principali pianeti permetteranno un'ulteriore verifica o anche una leggera correzione della messa a fuoco, proprio grazie alla loro luminosità ed alla ricchezza di particolari presenti nell'immagine.

In ogni caso, più utilizzeremo ingrandimenti alti e più sarà difficile mettere a fuoco.

Per migliorare la precisione di messa a fuoco è possibile cambiare il foceggiatore del proprio telescopio sostituendolo con un foceggiatore di precisione (che permette movimenti più fini e senza scatti, ma è piuttosto costoso).

Alcuni di questi accessori, per evitare vibrazioni, sono dotati di un moto elettrico, riducendo così il rischio del micromosso, sempre in agguato, soprattutto ad ingrandimenti elevati.



### *Collimare le ottiche*

Se il vostro telescopio è un rifrattore (composto solo da lenti e senza specchi) potete tranquillamente saltare questo paragrafo perché le ottiche sono allineate in fabbrica e non possono essere regolate da voi. Al limite, potete controllare se sono andate fuori allineamento in seguito a qualche urto.

Quando lavoriamo ad alti ingrandimenti è essenziale che le ottiche del telescopio siano perfettamente allineate (il fascio ottico deve convergere in un unico punto), altrimenti le immagini risulteranno povere di dettagli e sfuocate (anche notevolmente, se le ottiche sono molto scollimate).

In queste condizioni è impossibile raggiungere la perfetta messa a fuoco, anche utilizzando il più preciso foceggiatore del mondo.

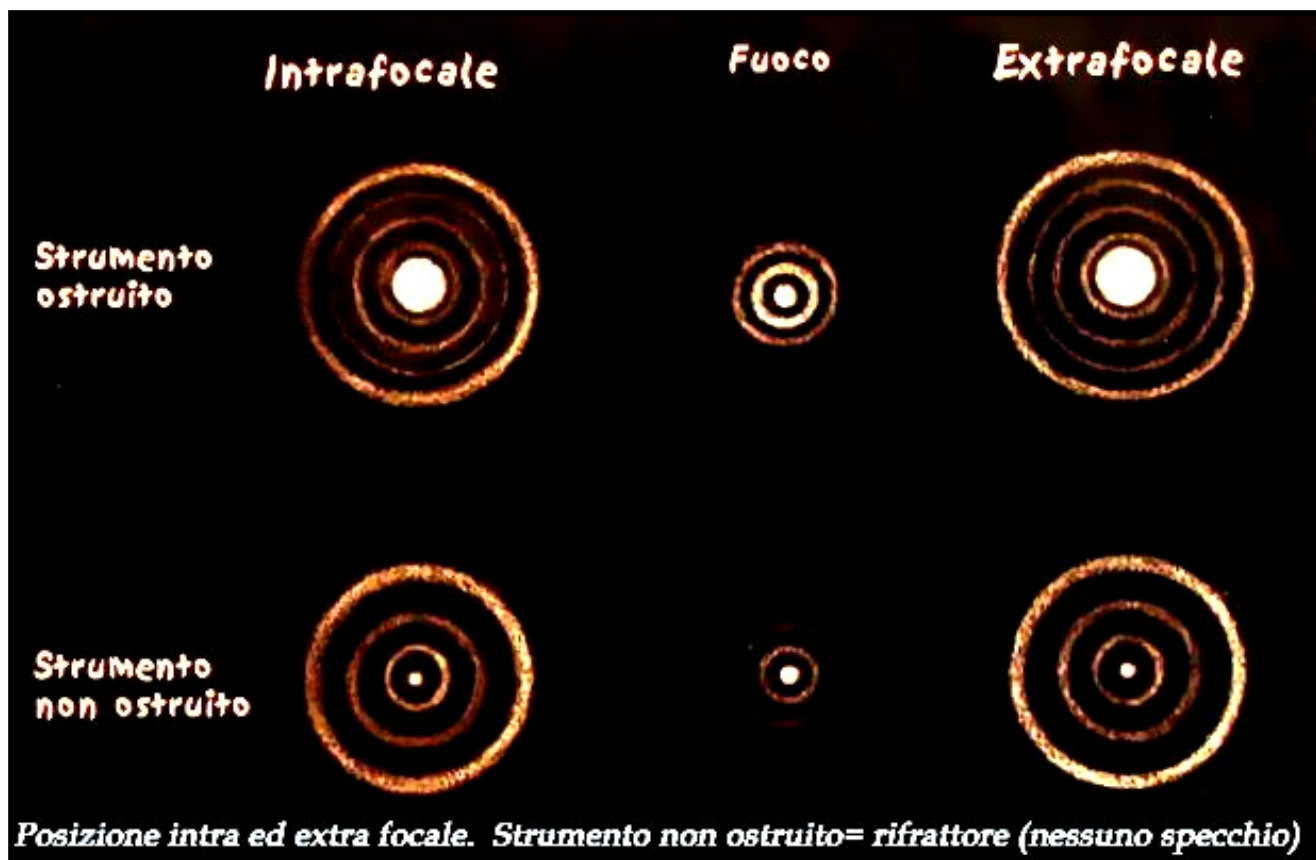
Per allineare le ottiche, in genere, è necessario agire su apposite viti di regolazione dello specchio secondario e per alcune configurazioni ottiche anche di quello primario.

Le modalità di allineamento differiscono anche notevolmente, per cui è indispensabile consultare le istruzioni del vostro telescopio per capire quali viti regolare.

Ciò che invece è uguale per tutti è il metodo per eseguire la collimazione.

Ovviamente, questo metodo si esegue guardando nell'oculare del telescopio.

Si punta un astro abbastanza luminoso (magnitudine 1 o 2) usando un oculare a medi ingrandimenti e si sfuoca la stella girando la manopola della messa a fuoco prima in un senso (extrafocale) e poi nell'altro (intrafocale).



Se il telescopio è collimato la stella apparirà in entrambe le posizioni (intra ed extra focale) come una serie di cerchi concentrici, con un punto (o un foro) posto esattamente nel centro.

Se il punto non è centrale e/o i cerchi non sono concentrici, dovremo agire sulle viti di collimazione fino ad ottenere la figura precedentemente descritta.

A questo punto, per affinare la collimazione useremo un oculare, anche accoppiato ad una lente di Barlow, capace di sviluppare ingrandimenti elevatissimi (almeno il doppio del Diametro del telescopio).

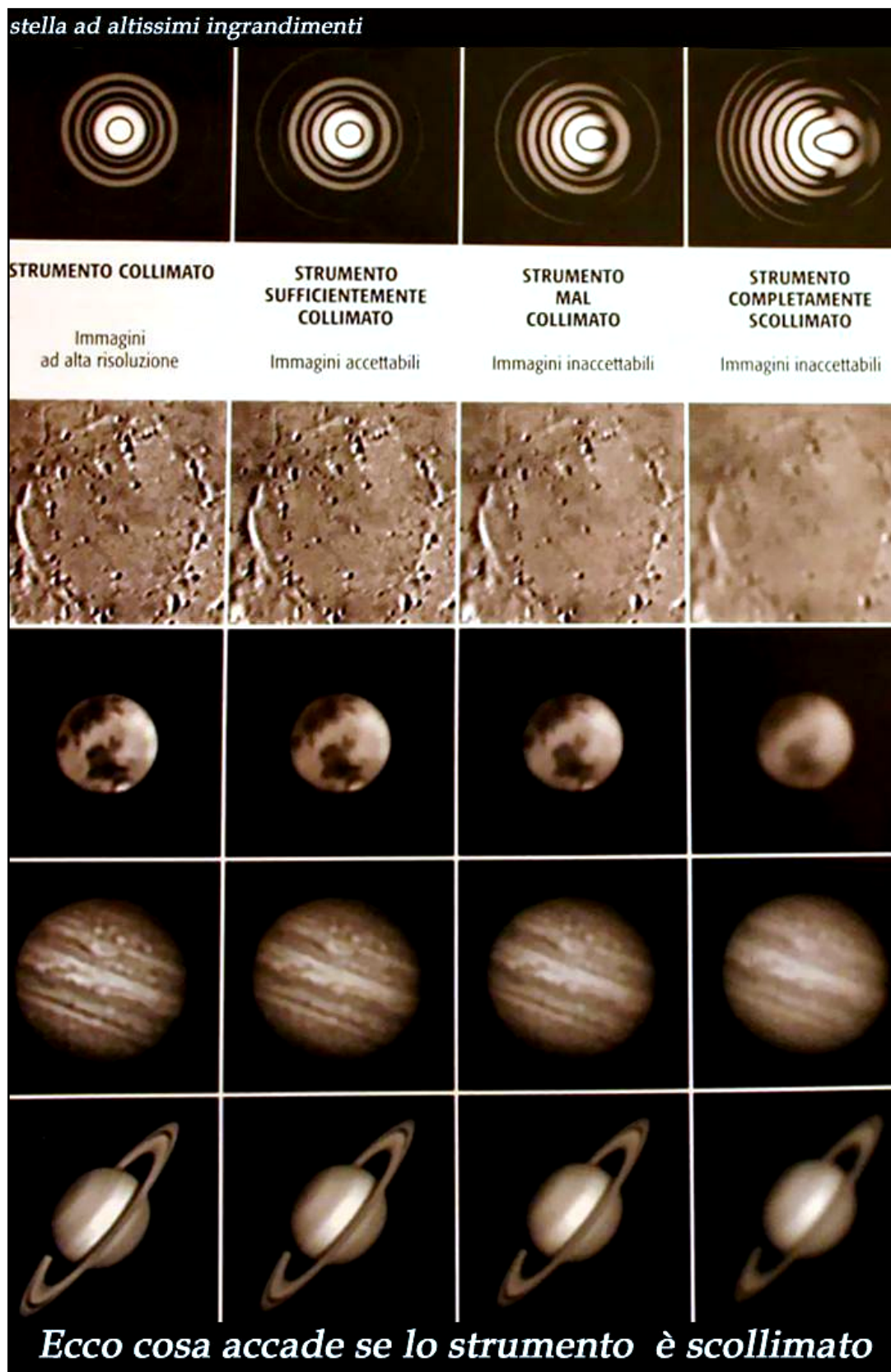
Se il Diametro dell'obiettivo del telescopio è di 200 mm dovremo usare almeno 400 ingrandimenti, ma se il seeing lo permette per aumentare la precisione potremo spingerci fino a 800 ingrandimenti.

Ora controlliamo nuovamente le due figure (intra ed extra focale) ed agiamo sulle viti di collimazione fino ad ottenere un punto luminoso perfettamente al centro di una serie di cerchi concentrici.

Se la turbolenza dell'aria lo permette (ottimo seeing) non ci resta che passare all'ultima regolazione.

Sempre ad altissimi ingrandimenti mettiamo perfettamente a fuoco una stella, che se collimata apparirà come un punto luminoso centrale circondato da 1 o 2 anelli (dischi di Ayri) perfettamente concentrici.

In caso contrario dovremo agire sulle viti di regolazione fino ad ottenere la perfetta collimazione delle ottiche.



Se l'aria è molto agitata (cattivo seeing) anche strumenti perfettamente collimati non saranno in grado di scorgere i dischi di Ayri e le immagini realizzate ad alti ingrandimenti risulteranno sfuocate e povere di dettagli, ma delle deformazioni ottiche introdotte dalla nostra turbolenta atmosfera ce ne occuperemo nel prossimo capitolo.



## 8. I LIMITI VENUTI DAL CIELO

Anche con un inseguimento da manuale ed una messa a fuoco perfetta le immagini (soprattutto quelle realizzate ad alti ingrandimenti) potrebbero comunque risultare povere di dettagli, **come se fossero mosse e sfuocate, ma questa volta la colpa non è nostra.**

### *Il seeing*

La luce proveniente dagli oggetti celesti, prima di arrivare a noi, deve attraversare l'atmosfera del nostro pianeta che è tutt'altro che tranquilla.

La **turbolenza** che incontra negli strati alti o in quelli bassi dell'atmosfera **funziona come una lente deformando le immagini.**

Ecco perché nonostante i nostri accorgimenti le immagini sembrano mosse e sfuocate.

Dunque, **più la nostra atmosfera sarà calma più le immagini risulteranno nitide.**

Esistono diverse scale per misurare questa turbolenza (**seeing**), per cui ne ho scelta una a titolo di esempio.

La figura riportata qui sotto è tratta dal libro "Guida pratica all'astronomia" edito da Nuovo Orione, e riporta la scala di Texerau:



### *Rimedi*

Per quanto riguarda la turbolenza della media o dell'alta atmosfera possiamo solo incrociare le dita e se va male riporre il telescopio (**seeing**, misurato con la scala Texerau, inferiore a IV, se si opera ad alti ingrandimenti e inferiore o uguale a II a bassi ingrandimenti), mentre **possiamo ridurre la turbolenza locale scegliendo il luogo di osservazione.**

Se possibile, meglio **evitare di posizionare il telescopio vicino a: edifici che liberano calore** (soprattutto d'inverno), **luoghi soggetti a correnti ascensionali** (masse d'aria che si spostano da terra verso l'alto), **laghi o zone particolarmente umide** (portatrici di nebbie e foschie), **zone particolarmente ventose.**

Inoltre, lasciate **trascorrere almeno mezz'ora prima di utilizzare il telescopio** permettendogli di adeguarsi alla temperatura esterna (deve acclimatarsi altrimenti si formano correnti interne al tubo che deformano le immagini).

Recentemente, molti telescopi professionali sono stati dotati di un sistema ottico in grado di controbilanciare le deformazioni prodotte dall'atmosfera.

In pratica, **analizzando le deformazioni** introdotte dall'atmosfera (con l'ausilio di una o più stelle artificiali create da un laser puntato verso il cielo) **le si corregge**

[controbilanciandole](#) con deformazioni ottiche uguali e contrarie (producendo specifiche “incrinature” dello specchio principale).

Alla fine del processo che dura poche frazioni di secondo il soggetto celeste risulterà nuovamente nitido (questo sistema permette di aumentare la risoluzione superando i limiti imposti dalla turbolenza atmosferica).

Tale sistema si chiama di [ottica adattiva](#), ma per il momento è ben oltre la nostra portata.

### *La trasparenza*

Se per le riprese ad alti ingrandimenti il problema principale è rappresentato dal seeing, per [fotografare i soggetti deboli](#) è più [importante la trasparenza](#) del cielo.

Un cielo velato, o particolarmente inquinato da luci, riduce notevolmente la magnitudine percepibile (ormai dalle grosse città si vedono solo le stelle più luminose) rendendo più difficile osservare o fotografare soggetti celesti deboli.

Il perché è evidente: [nubi e polveri sospese](#) (smog) [bloccano una parte della luce](#) proveniente dagli astri, mentre le [luci parassite](#) (quelle rivolte verso l’alto) soffocano i [soggetti bui producendo un innaturale bagliore del cielo](#).

Non so se esiste una scala per misurare la trasparenza del cielo, ma basta osservare quante stelle riusciamo a scorgere per rendercene conto immediatamente (a parità di inquinamento luminoso, più sarà alta la magnitudine visibile ad occhio nudo e con il telescopio, più il cielo sarà trasparente).

### *Rimedi*

Il miglior rimedio sarebbe quello di [diminuire l’inquinamento luminoso](#) razionalizzando l’utilizzo di luce ed energia (provate a pensare a quanta luce viene rivolta inutilmente verso l’alto)!

In attesa di tempi migliori o del prossimo Black Out, non ci resta che caricare l’attrezzatura in auto e [recarci il più lontano possibile dalle luci delle città](#).

Cieli bui e trasparenti sono sempre più un ricordo del passato ed oggi tali caratteristiche sono riservate a poche località quasi tutte ubicate in isole o in alta montagna.

### *Scegliere cosa fotografare*

Una volta compreso cosa sono trasparenza e seeing sarà più semplice scegliere quale soggetto conviene fotografare.

Se la [nottata è ventosa](#) probabilmente [il cielo sarà trasparente](#), ma il seeing sarà cattivo (alta turbolenza dell’aria), per cui converrà fotografare soggetti deboli, al contrario, se è presente [una leggera velatura del cielo](#) l’aria sarà generalmente calma ([seeing buono](#)), [ma la trasparenza pessima](#), per cui converrà dedicarsi agli astri che sopportano alti ingrandimenti.

Purtroppo sono assai rare le notti con cielo trasparente e ottimo seeing.

## *I FILTRI OTTICI*

Per migliorare la qualità delle immagini possiamo utilizzare particolari filtri da inserire avvitandoli agli oculari o alle cella portaoculari del telescopio (se operiamo a fuoco diretto o indiretto) oppure da anteporre all’obiettivo.

## *Filtri solari*

Osservare direttamente il sole, inquadrandolo in un oculare o nel mirino della macchina fotografica, avrebbe spaventose ed irreversibili conseguenze per la nostra vista (danneggiamento della retina con conseguente rischio di cecità) e probabilmente anche per la nostra attrezzatura.

Dunque, il filtro solare è un accessorio indispensabile per fotografare o osservare la nostra stella.

Di filtri solari ve ne sono diversi. Essi sono composti da vetri trattati o da particolari materiali (Mylar) che bloccano quasi tutta la luce proveniente dal sole.

Non utilizzate altri materiali perché le conseguenze sarebbero drammatiche (i filtri solari sono assai più "scuri" dei più spessi vetri per saldatore).



**Filtro Solare**

I filtri solari vanno posizionati davanti all'obiettivo del telescopio o della macchina fotografica (se usata per foto in parallelo).

Diffidate di quelli che si avvitano all'oculare perché con il calore che si sviluppa potrebbero rompersi danneggiando occhio e telescopio.

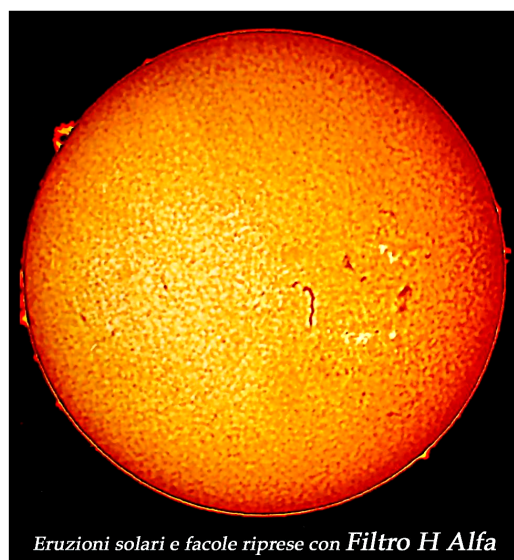
Piuttosto, se volete risparmiare, acquistate un foglio in Mylar per uso astronomico ed autocostruitevi il filtro.

La nostra stella, grazie all'ausilio di questo filtro, mostrerà diversi dettagli tra cui le famose macchie solari (non esagerate con gli ingrandimenti perché di giorno la turbolenza dell'aria è sempre elevata).

Esiste anche un altro filtro (estremamente costoso) detto H-Alfa, che lascia passare solo una particolare frequenza luminosa permettendoci di fotografare oltre alle macchie anche le facole, le protuberanze e le eruzioni solari.



**Macchie solari riprese con filtro solare**



**Eruzioni solari e facole riprese con Filtro H Alfa**

## Filtri per i Pianeti

Per **esaltare i dettagli planetari** e lunari è possibile utilizzare appositi filtri colorati o IR CUT (taglia infrarossi).

A **secondo del dettaglio** che si vuole **evidenziare** (nubi dell'atmosfera, particolari della superficie, ecc.) viene **utilizzato un determinato colore** piuttosto che un altro.

Se utilizziamo questi filtri dovremo aumentare i tempi di esposizione.

Infatti, filtrando parte della luce **diminuisce la luminosità dell'immagine**.

Diffidate dei filtri troppo economici, poiché (se lavorati male) potrebbero introdurre aberrazioni ottiche con conseguente scadimento delle immagini.



*Filtri colorati per i Pianeti*

## Filtri per il cielo profondo

Questi filtri **vengono utilizzati per aumentare la visibilità** (“staccare” dal fondo del cielo) **di corpi celesti di debole luminosità**.

Essi si dividono principalmente in due categorie: quelli a **banda larga** e quelli a **banda stretta**.

I primi, detti anche **LPR**, **riducono l'inquinamento luminoso** filtrando la maggior parte delle luci artificiali, **scuriscono il cielo**, **esaltano** molte **nebulose**, ma le loro prestazioni sono **modeste su galassie e stelle** (la cui emissione luminosa è simile a quella delle luci artificiali).

I **secondi** vengono utilizzati per **aumentare la visibilità di alcune nebulose ad emissione** e riducono drasticamente la luminosità di tutti gli altri corpi celesti.



*Filtro per Nebulose*



*Filtri a Banda Larga e Stretta*



## *Filtri correttivi*

Vengono utilizzati per ridurre i difetti tipici di alcune configurazioni ottiche (l'aberrazione cromatica dei rifrattori, la curvatura di campo di alcuni telescopi, ecc.), per cui non è possibile citarli tutti.

A questo punto il nostro viaggio è quasi terminato e gli ultimi due capitoli li dedicheremo alla fotografia digitale ed alle tecniche di elaborazione delle immagini.

## 9. LE FOTOCAMERE DIGITALI E L'ASTROFOTOGRAFIA

I sensori digitali, a mio avviso, rispetto alla pellicola offrono prestazioni decisamente superiori nelle foto di soggetti luminosi (pianeti, luna, ecc.) e paragonabili nelle foto di soggetti celesti deboli.

### Sensori e pellicole a confronto

**Con le fotocamere digitali:** si può vedere immediatamente il risultato e correggere eventuali errori (scattando la foto successiva); **non vi sono pellicole da cambiare**; la capienza delle schede di memoria permette di **realizzare un'infinità di scatti in più**; la **sensibilità (ISO)** può essere **modificata semplicemente regolandola**; sono **esenti da alcuni difetti** tipici della pellicola (difetto di reciprocità, ecc.); la risposta quantica (capacità di reagire alla luce) è infinitamente maggiore per cui necessitano di **tempi di esposizione più brevi**; la **risoluzione** è più **elevata**; **le immagini potete svilupparle direttamente voi** ed elaborarle con particolari software (migliorandole enormemente).

**Di contro:** il loro **campo apparente** (almeno per ora) a causa delle minori dimensioni fisiche dei sensori è **inferiore** rispetto alla pellicola; sono **più sensibili al mosso** proprio per la maggiore risoluzione; generalmente nell'astrofotografia (a parte i CCD) **non possono superare tempi di esposizione superiori a 5 minuti** (oltre i quali il rumore e la luminosità del cielo rischiano di compromettere l'immagine).

### Il rapporto segnale/rumore

Quando scattiamo una foto con una camera digitale **la luce raccolta dai sensori viene trasformata in un segnale elettronico**.

Questo segnale conterrà sia **le informazioni** che cerchiamo (dettagli planetari, sfumature di una nebulosa, ecc.) sia una certa quantità di **rumore**.

### L'informazione

L'immagine grezza ripresa dal sensore, priva di qualunque elaborazione e/o compressione, viene detta RAW.

Diverse camere digitali, come ad esempio la Canon EOS 300D, permettono il salvataggio di immagini in formato RAW (file con estensione ".crw" o ".nef", ecc), mentre altre che elaborano e/o comprimono le immagini attraverso un software interno non sono in grado di produrre immagini grezze.



Fermo restando i limiti introdotti dal seeing o dalle ottiche, la quantità d'informazione contenuta in un'immagine grezza (RAW) dipenderà principalmente dalla qualità del nostro sensore e dalla corretta scelta dei tempi di esposizione (immagini né sottoesposte, né sature).

I sensori di elevata qualità sono caratterizzati da una grande sensibilità nel rilevare i fotoni che li colpiscono (efficienza quantica) ed i singoli pixel sono in grado di immagazzinare un grosso numero di fotoni (capacità di carica).

I pixel immagazzinano, durante il tempo di esposizione, una certa quantità di fotoni (particelle luminose), come se fossero dei contenitori, che poi verrà letta dalla nostra fotocamera per assegnare ad ogni punto il suo valore di luminosità.

In ogni caso, i valori letti da ogni singolo pixel dovranno essere trasformati in un segnale comprensibile sia al processore della nostra fotocamera digitale, sia al PC, permettendogli di ricostruire l'immagine sullo schermo o sul display.

Ogni punto dell'immagine, così realizzata, potrà mostrare una certa quantità di livelli di intensità luminosa compresi tra il bianco ed il nero (sfumature di grigio).

Questa quantità rappresenta la Dinamica della nostra immagine.

Per esempio: la Canon EOS 300D, così come moltissime camere fotografiche digitali, possiede una Dinamica di 12 bit, pari a 4.096 ( $2^{12} = 4.096$ ) diverse intensità luminose, comprese tra il nero (0) ed il Bianco (4096), per ognuno dei 3 canali (RGB) che compongono l'immagine a colori, mentre molte camere CCD (progettate esclusivamente per uso astronomico) possiedono una dinamica di 16 bit, pari a 65.536 ( $2^{16} = 65.536$ ) sfumature di grigio.

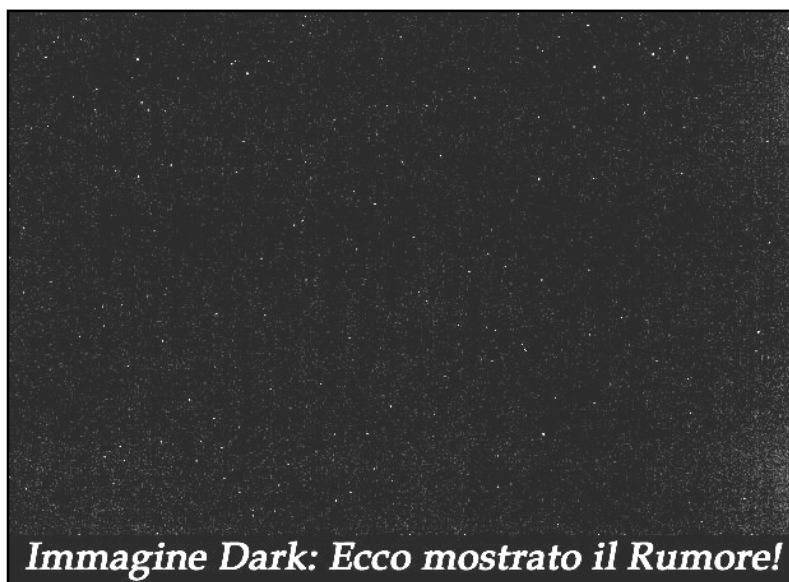
Dunque, per estrarre la maggior quantità d'informazione possibile, nell'astrofotografia è preferibile usare il formato Raw (anche per realizzare i Dark Frame ed i Flat Field), sempre che la nostra strumentazione ce lo permetta, altrimenti useremo il formato meno compresso (ma in tal caso la Dinamica scenderà a 8 bit, pari a sole 256 diverse intensità luminose).

In pratica, maggiore sarà la Dinamica utilizzata e maggiori saranno i dettagli percepibili nell'immagine, sempre che l'informazione non venga eccessivamente deteriorata dal rumore.

### ***Il Rumore***

Per rendere evidente il rumore basterà coprire l'obiettivo e scattare un'immagine al buio (Dark Frame).

Controllando questa immagine ci accorgeremo che non è affatto buia.



***Immagine Dark: Ecco mostrato il Rumore!***

Infatti diversi pixel risulteranno illuminati ed un piccolo numero di essi, detti caldi, risulteranno addirittura saturi (i pixel freddi sono invece quelli bui che non reagiscono alla luce).

Il rumore contenuto in una immagine buia è composto: dal **Bias Frame** (prodotto dal caotico movimento degli elettroni nell'attraversamento dei circuiti elettronici), dal **Thermal Frame** (prodotto dall'agitazione termica degli elettroni); dal **Readout Noise** (generato dagli errori di lettura del segnale).

Tutto questo rumore altera il valore attribuito ad ogni singolo pixel rispetto a quello affettivamente percepito, per cui molti dettagli contenuti nell'immagine (informazione), soprattutto quelli più deboli, rischieranno di confondersi con esso.

Ecco perché è così importante **ridurre il rumore!**

Dato che il rumore contenuto in un'immagine digitale **aumenta con l'aumentare dei tempi di posa e della temperatura**, i CCD oltre ad utilizzare sensori di alta qualità utilizzano specifici sistemi di raffreddamento.

Invece, nelle classiche macchine fotografiche digitali si cerca di ridurre il rumore utilizzando specifici software interni (ma ciò non sempre è un bene).

Cosa possiamo fare, dunque, per abbassare ulteriormente il rumore?

Semplice, dobbiamo sottrarre al segnale il suo rumore salvaguardando l'informazione.

### ***Realizzare un Dark Frame***

Per sottrarre al segnale il suo rumore dobbiamo prima crearne un'immagine.

Questa immagine non è altro che il **Dark Frame**, ovvero dobbiamo **fotografare il buio** senza variare né il tempo di esposizione né la temperatura che hanno caratterizzato la foto che vogliamo calibrare.

*Per rendere più comprensibili le operazioni da effettuare per calibrare le immagini, d'ora in poi utilizzeremo a titolo esemplificativo una specifica sequenza di immagini.*

Ammettiamo di aver scattato 10 foto ad una galassia, una dietro l'altra, usando il medesimo tempo di esposizione di 3 minuti.

Appena termina la sequenza (senza attendere che la temperatura cambi) per ottenere il Dark Frame **dovremo coprire l'obiettivo** (del telescopio o della camera digitale) **e scattare una serie di foto** (da 5 a 9) **con lo stesso tempo di esposizione** utilizzato per realizzare ogni singola immagine RAW della galassia (3 minuti).

In questo modo abbiamo prodotto una sequenza di Dark Frame che utilizzeremo successivamente per calibrare le immagini.

### ***L'informazione ideale***

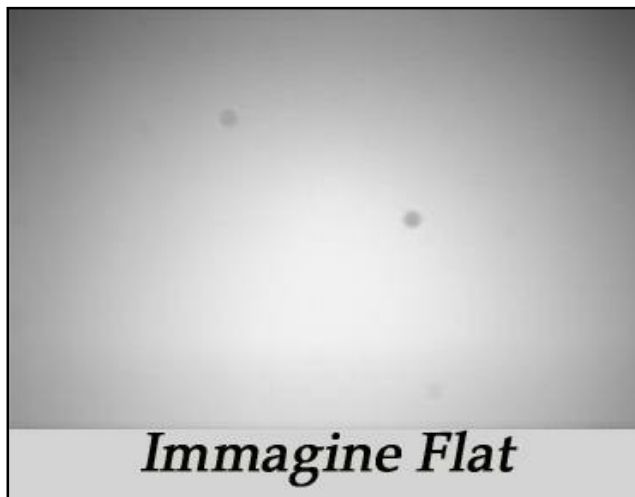
Per **migliorare il rapporto segnale/rumore**, oltre a ridurre il rumore, possiamo provare ad **"aumentare" l'informazione** cercando di compensare alcuni difetti.

La luce proveniente dalla galassia, dopo aver attraversato la nostra atmosfera, nell'ultimissima parte del suo lungo tragitto subirà una serie di alterazioni: verrà **affievolita in alcune zone per la presenza di polveri o aloni** sulle ottiche o sul sensore, verrà **deformata dalle imperfezioni** del nostro sistema macchina fotografica/telescopio e **verrà letta in maniera non uniforme** a causa delle differenti risposte dei singoli pixel.

Tutto questo significa **perdere una parte dell'informazione!**



Per ovviare al problema dovremo scattare una foto ad un soggetto di luminosità uniforme, ovvero realizzare un Flat Field.



Se il nostro sensore fosse perfetto (in realtà ciò è impossibile) e l'ottica priva della più minuscola impurità tutti i pixel dovrebbero leggere il medesimo valore essendo colpiti dalla medesima quantità di luce e l'immagine dovrebbe apparire totalmente bianca.

Il Flat Field servirà per capire come ogni pixel ha effettivamente reagito alla luce, evidenziando tutte quelle variazioni, rispetto alla sua risposta ideale, da applicare per calibrare l'immagine della galassia.

### *Realizzare il Flat Field*

Per riprendere un Flat Field dovremo scattare una foto ad un soggetto uniformemente illuminato, meglio se bianco (per esempio antepoendo a circa 40/50 cm dall'obiettivo del telescopio un grosso cartoncino bianco illuminato in maniera indiretta), senza modificare in alcun modo la messa a fuoco utilizzata per riprendere la galassia (altrimenti cambiano le deformazioni introdotte dall'ottica).

Il tempo di esposizione sarà quello necessario per sovraesporre la foto senza saturarla (dipende dall'illuminazione utilizzata).



Anche in questo caso realizzeremo più immagini Flat Field (da 5 a 9) per utilizzarle in fase di calibrazione.

Ovviamente anche il Flat Field è un'immagine come le altre contenente informazione e rumore, per cui dovremo realizzare anche una sequenza di immagini (4 o 5) del suo rumore (il Dark Frame del Flat Field), impostando il medesimo tempo di esposizione usato per realizzare ogni singolo Flat Field.



## LA CALIBRAZIONE DELLE IMMAGINI

La prima operazione da eseguire per elaborare le immagini è chiamata **Calibrazione** e consiste nel sottrarre il rumore ed ottimizzare l'informazione contenuta in ogni singola immagine della galassia.

Prima di calibrare le immagini dovremo preparare dei Dark Frame e Flat Field molto più precisi, mediando le sequenze di immagini realizzate.

### *Mediare le immagini: più informazione, meno rumore!*

La media è una semplice operazione matematica e viene eseguita confrontando i valori di luminosità dei medesimi pixel di una sequenza di immagini, ottenendo un'unica immagine finale.

Per esempio: mediamo 3 immagini scattate allo stesso soggetto e vediamo cosa succede ai 3 pixel posti nella medesima posizione in ogni immagine (stesse coordinate spaziali: X 347 e Y 458). Il pixel della prima immagine segna un valore di 100 adu, quello della seconda di 120 adu e quello della terza di 140 adu, per cui il valore medio di quel pixel nell'immagine finale sarà di 120 adu ( $100+120+140/3$  immagini = 120).

Ora è arrivato il momento di comprendere perché, per esempio, abbiamo realizzato da 5 a 9 immagini di Dark Frame.

Ogni Dark Frame contiene una parte del rumore che si ripeterà nelle altre immagini della sequenza (l'informazione) ed una parte casuale di rumore (il rumore) che invece non troverà riscontro.

Quindi mediando queste immagini otterremo una sola immagine finale (Dark Master) con maggior informazione e minor rumore rispetto ad ogni singola immagine della sequenza.



Ecco perché abbiamo eseguito una sequenza di immagini del Dark Frame, del Flat Field e del Dark Frame del Flat Field e non una sola.

Più immagini mediamo e più saranno precisi i Dark Master ed i Flat Field Master, anche se a volte dovremo accontentarci di scattare solo 3 o 4 immagini (invece di 9 o più), per evitare di perdere troppo tempo, soprattutto se stiamo fotografando soggetti che necessitano lunghi tempi di esposizione.

### *Il processo di calibrazione delle immagini*

Per elaborare le immagini digitali dovremo utilizzare un software specifico.

In circolazione ve ne sono molti, da quelli commerciali (Photoshop) a quelli astronomici a pagamento (Astroart) a quelli scaricabili gratuitamente dalla rete.

Personalmente utilizzo IRIS, che potete scaricare gratuitamente al seguente indirizzo: [www.astrosurf.org/buil/us/iris/iris.htm](http://www.astrosurf.org/buil/us/iris/iris.htm)

Anche se il suo uso è abbastanza complesso ed il manuale esiste solo in Inglese e Francese il software è davvero completo.

Utilizzando questi programmi di elaborazione, dopo avere eseguito la media delle sequenze di Dark Frame, Flat Field e Dark Frame del Flat Field, useremo le immagini finali per calibrare ogni singola immagine della nostra galassia.

Innanzitutto sottraiamo al Flat Field finale il suo rumore, rimuovendo il Dark Frame del Flat Field.

Otterremo così il Flat Field Master da applicare all'immagine della galassia per ottimizzarne l'informazione.

Per calibrare l'immagine della galassia basterà sottrargli il Dark Master e applicargli il Flat Field Master.

Così facendo, ad ogni immagine della galassia abbiamo tolto il rumore (sottrazione del Dark Master) e ottimizzato l'informazione (applicazione del Flat Field Master).

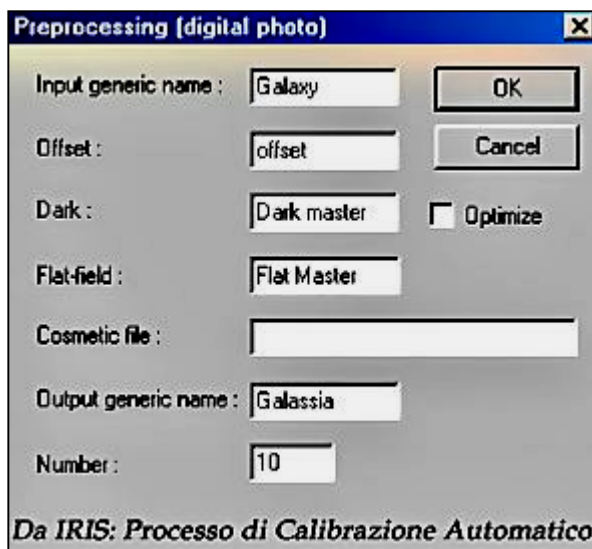
Fortunatamente questo processo viene eseguito automaticamente da vari software di elaborazioni di immagini astronomiche.

Alcuni di questi programmi ci chiederanno di indicare anche l'immagine Offset, altrimenti non eseguono la calibrazione.

Niente paura è un semplice Dark Frame con tempo di esposizione prossimo a zero (mostra il rumore elettronico intrinseco).

Realizzarlo è semplicissimo: basta impostare il tempo di esposizione più rapido (esempio 1/4000 di secondo) e scattare 9 foto con il tappo sull'obiettivo.

La media di queste 9 immagini diventerà il nostro Offset che potremo salvare sul PC ed utilizzarlo per sempre, dato che l'impronta elettronica della fotocamera digitale non cambia mai.



Terminata la calibrazione le nostre 10 immagine della galassia sono pronte per essere elaborate.

### *Sensori a colori e in bianco e nero*

Ogni immagine a colori, in realtà, è composta da 3 diverse immagini.

Chi possiede sensori in bianco e nero (è il caso di molti CCD) per ottenere un'immagine a colori dovrà scattare almeno 3 foto del medesimo soggetto e utilizzare per ognuna di esse un differente filtro in grado di lasciar passare solo la luce corrispondente ad uno dei 3 colori fondamentali.

Mischiando queste tre immagini si potranno ottenere tutte le sfumature di colore possibili (esattamente come accade per la stampa in tricromia o lo schermo televisivo).

Tale procedimento risulta piuttosto lungo e complesso da realizzare poiché i filtri riducono la luminosità del soggetto ripreso e per ottenere una sola immagine dovremo scattare tre foto.

Per fortuna, la maggior parte delle fotocamere digitali possiede sensori capaci di fornire immagini a colori eseguendo un'unica posa.

In pratica davanti ai pixel è posta una microgriglia di filtri che lasciano passare solo alcune frequenze luminose corrispondenti ai colori: Verde (G), Blu (B) e Rosso (R), o in alternativa, Ciano (C) Magenta (M) e Giallo (Y).

Sarà poi il software interno alla fotocamera digitale o il programma di elaborazione a ricostruire un'unica immagine a colori, ma di questo argomento e più complessivamente del processo di elaborazione delle immagini digitali ce ne occuperemo nell'ultimo capitolo.



# 10. L'ELABORAZIONE DELLE IMMAGINI

Tutte le foto, anche quelle eseguite utilizzando la pellicola e poi sviluppate su carta fotografica, grazie all'ausilio di uno scanner possono essere trasformate in immagini digitali, permettendoci così di elaborarle.

## *Soglie di visualizzazione*

Aperto l'immagine con il nostro software, essa potrà apparire con punti eccessivamente scuri o al contrario troppo luminosi (saturi).

Per migliorarne la visione dobbiamo regolare entrambe le soglie di visualizzazione (minima e massima).

Abbassando la soglia minima renderemo visibili i dettagli rimasti nascosti, perché debolmente luminosi (sfumature di nebulose, parti di galassie, ecc.), ma anche il rumore del fondo del cielo (che non è mai perfettamente buio).

Alzandola, invece, scompariranno alcuni dettagli, ma aumenterà il contrasto generale dell'immagine ed il cielo tornerà scuro.

Abbassando la soglia massima aumenterà la luminosità di tutta l'immagine (rendendo visibili dettagli nascosti), ma parte dell'oggetto ripreso risulterà saturo, perdendo parte dell'informazione.

Alzandola, invece, l'immagine perderà di luminosità generale, ma eventuali punti saturi mostreranno nuovamente l'informazione persa.

Ovviamente, per ogni immagine dovremo cercare il miglior compromesso, regolando entrambe le soglie di visualizzazione in modo da evidenziare la maggior quantità d'informazione possibile e rendere l'immagine interessante.



Le soglie di visualizzazione (a meno di non salvare l'immagine) potranno essere modificate nuovamente in qualunque istante del processo di elaborazione.

## *Sommare, mediare ed Allineare le immagini*

Se la corretta esposizione di una particolare galassia richiede 30 minuti, grazie alla risposta lineare dei sensori si può ottenere il medesimo risultato sommando 10 immagini da tre minuti.

Oltre ad ottenere un'immagine finale simile a quella realizzata con una sola posa di 30 minuti ( $3 \times 10 = 30$ ), aumenteremo anche l'informazione in essa contenuta (dettagli di oggetti debolissimi) e diminuiremo il rumore.

Se le foto sono state realizzate con sensori a colori, esse andranno sommate mantenendo le immagini a colori.

Senza entrare troppo nel merito della questione (vale lo stesso ragionamento già fatto per la media), **più immagini si sommano o si mediano** più l'immagine risultante sarà **ricca di informazioni** (dettagli) e **povera di rumore** (migliora il rapporto segnale/rumore).

Ovviamente, se ci limitiamo a mediare le 10 immagini della galassia, l'immagine finale sarà solo meno rumorosa, ma non mostrerà i deboli dettagli che caratterizzano una foto eseguita con 30 minuti di posa, dato che il valore dei pixel non è stato sommato.

Eseguire **la media** di più immagini è un'operazione **efficace per soggetti luminosi e correttamente esposti**, **non certo per soggetti deboli e sottoesposti**.

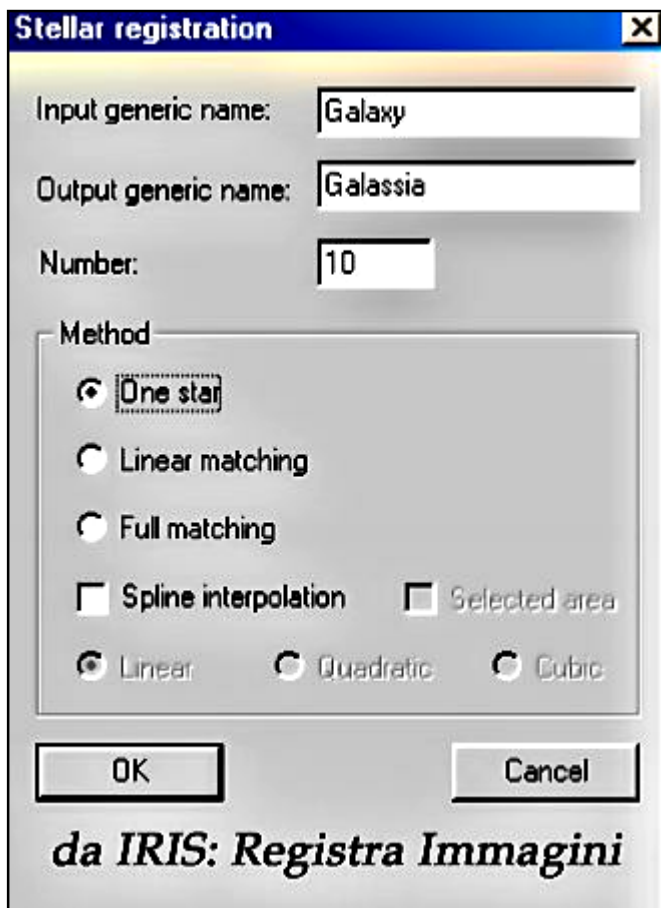
In ogni caso, **prima di effettuare qualunque operazione matematica** (somma, media, divisione, ecc.) **tutti gli oggetti** presenti nelle immagini **dovranno coincidere perfettamente**.

Quindi, **prima di sommare o mediare più immagini**, esse dovranno essere perfettamente **allineate** (chiaramente questo non vale per le immagini Dark e Flat)

L'allineamento è un'operazione indispensabile anche se le immagini sono state scattate in sequenza, dato che piccoli spostamenti (di pochi pixel) sono sempre possibili (anche a causa del seeing).

Per fortuna **la maggior parte dei software esegue l'operazione automaticamente**.

Il programma vi chiederà di evidenziare nella prima immagine una o più stelle, oppure il contorno di un pianeta, cercando successivamente di far coincidere in tutte le immagini i dettagli evidenziati.



## Calibrare i colori

L'immagine Raw acquisita dal nostro programma di elaborazione non essendo stata precedentemente processata dal software della fotocamera digitale **risulterà con una pesante dominante di colore** (le immagini RAW di una CANON EOS 300D sono mostruosamente verdi).

Dunque, **dopo** aver eseguito **la calibrazione** ed eventualmente **sommato o mediato** le immagini, la prima operazione da realizzare sarà quella di **regolare i tre colori fondamentali** (per la Canon: R; G; B), **restituendo all'immagine i suoi colori reali**.

Ogni software utilizza comandi diversi, ma in genere **si agisce su 3 cursori** (uno per colore), **variando la "luminosità" dei tre diversi canali**, fino ad ottenere il giusto effetto cromatico (La Canon, per la EOS 300D, indica i seguenti valori: Rosso 1,96, Verde 1,00; Blu 1,23, ma essi nell'astrofotografia sono solo indicativi).



Alcuni programmi di elaborazione eseguono **la calibrazione del colore automaticamente**.

**Selezionando una zona** dell'immagine (anche molto piccola) che noi riteniamo **bianca**, il software, grazie all'indizio che abbiamo fornito, assegnerà un determinato valore di luminosità ad ogni immagine dei tre colori primari (bilanciamento automatico del bianco).

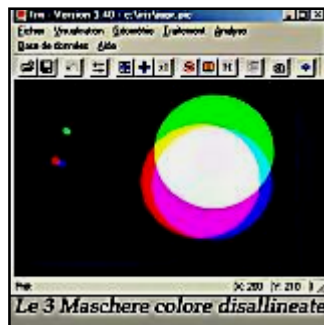


Comunque è sempre **meglio ritoccare manualmente la calibrazione del colore**, anche più volte durante l'elaborazione, al fine di ottenere la miglior resa cromatica e, in alcuni casi, immagini in falsi colori per meglio evidenziare alcuni dettagli.

### *Ricomporre le immagini allineando i colori*

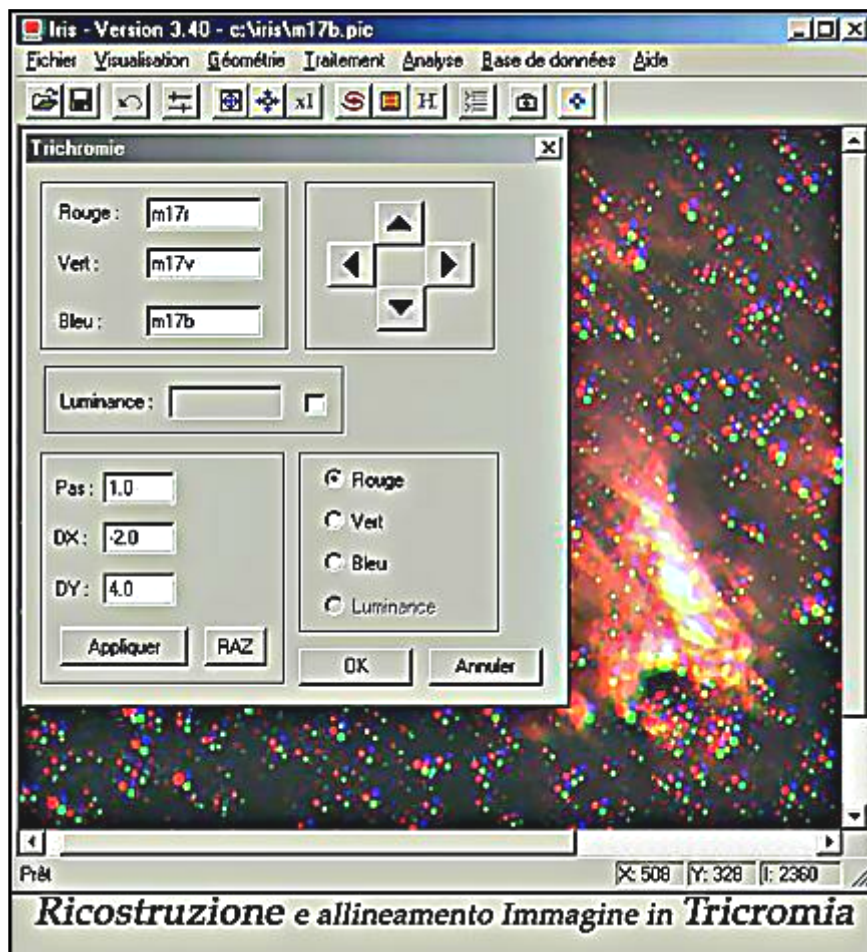
Se osserviamo un astro luminoso in prossimità dell'orizzonte, soprattutto in serate con cattivo seeing, esso probabilmente apparirà scomposto nei suoi colori fondamentali (come se mutasse colore in continuazione). Ciò che stiamo osservando è **l'effetto della rifrazione atmosferica** che tende a **deviare la luce in maniera diversa a secondo della sua frequenza luminosa** (colore).

Fotografando quell'astro, i **tre colori fondamentali** potrebbero **risultare non perfettamente allineati** (con elevata turbolenza atmosferica, anche astri posti a 35 o 40° gradi dall'orizzonte risentono di questo effetto, seppur in forma più lieve).



Quindi, le tre **immagini dei colori** fondamentali **dovranno essere riallineate**.

Se l'immagine del sensore è a colori, essa andrà scomposta nei suoi 3 colori fondamentali (canali R, G e B) e ricomposta allineandoli (ogni software possiede una specifica funzione per eseguire questa operazione).





Se, invece, si tratta di 3 immagini in bianco e nero riprese con 3 diversi filtri colore, eseguiremo solo l'operazione di ricostruzione ed allineamento dell'immagine finale, che apparirà a colori.

Questa [tecnica definita di tricromia](#) possiede alcune interessanti ed utili varianti.

### *Luminanza e tecnica della quadricromia (LRGB)*

Osservando le immagini dei [tre canali R, G e B](#), noteremo [vistose differenze nei dettagli](#) che ogni immagine mostra.

In genere il canale più nitido sarà il Verde (G), mentre il Blu (B) ed il Rosso (R) potranno apparire anche molto deteriorati.

In particolare, le fotocamere digitali (non essendo state pensate specificatamente per uso astronomico) davanti al sensore hanno un filtro IR CUT (taglia infrarossi) che purtroppo diminuisce notevolmente anche la sensibilità al Rosso.

In fase di elaborazione, pur non potendo sostituire il canale Rosso, possiamo eventualmente sostituire quello Blu (soprattutto se eccessivamente deteriorato) con quello Verde.

In tal caso [ricomporremo](#) e allineeremo l'immagine utilizzando [il Rosso, il Verde e nuovamente il Verde](#) (RGG).

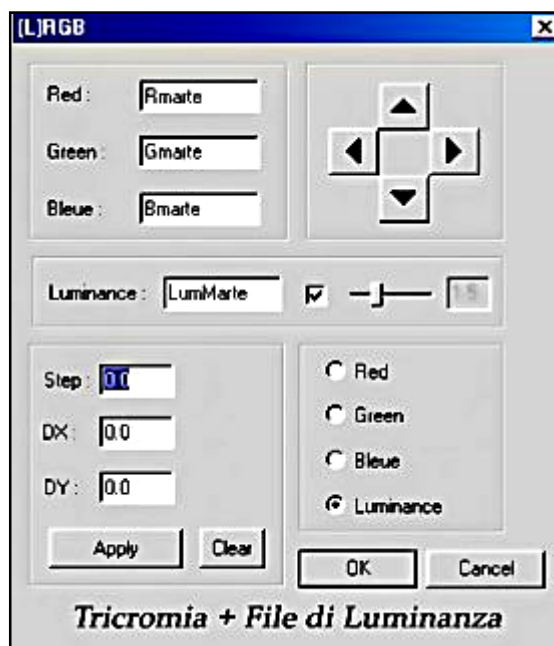
L'immagine [così ricostruita risulterà più ricca di dettagli](#), ma dovremo nuovamente calibrare i colori utilizzando gli appositi cursori.

Un ulteriore [miglioramento della risoluzione](#) si può ottenere con la tecnica della [quadricromia](#).

In tal caso, [oltre ai tre canali colore](#) ne viene [aggiunto un quarto](#), detto di [Luminanza \(L\)](#).

Come immagine di Luminanza utilizzeremo [quella più ricca di dettagli](#), mentre i tre canali [R, G e B](#) serviranno soprattutto per [fornire l'informazione cromatica](#), colorando correttamente l'immagine (non importa se la loro risoluzione è inferiore rispetto all'immagine di Luminanza).

Coloro che utilizzano [sensori in bianco e nero](#) dovranno riprendere l'immagine di [Luminanza senza utilizzare alcun filtro colore](#), curando molto questa ripresa, al fine di cogliere il maggior numero di particolari possibile.



Se invece l'immagine fornita dal  **sensore è a colori**, utilizzeremo come immagine di **Luminanza** quella del  **canale migliore** (in genere il  **Verde**), ossia la più ricca di dettagli (maggiore risoluzione).

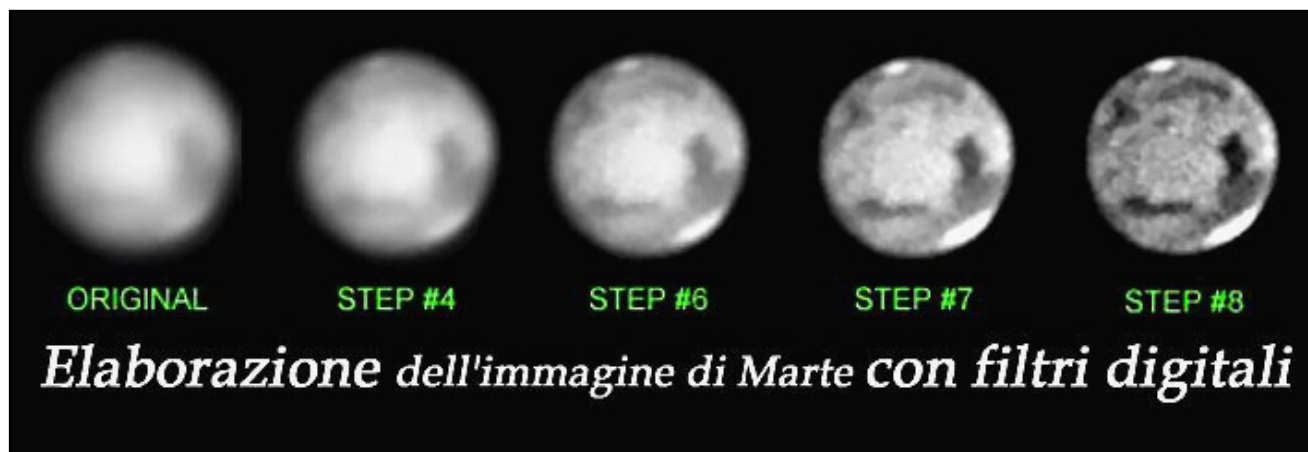
L'esperienza insegna che utilizzando la tecnica della quadricromia, con immagini prodotte esclusivamente da sensori a colori, a volte l'immagine finale risulta troppo "dura". Quindi il suo utilizzo andrà ponderato caso per caso.

### *L'immagine processing e l'uso dei filtri di elaborazione.*

Dopo aver  **calibrato e regolato le immagini**, con l'ausilio di particolari  **filtri di elaborazione**, proveremo a migliorare ulteriormente la loro qualità estraendo e **rendendo visibile** anche quella  **parte d'informazione finora rimasta celata** (particolari di luna e pianeti, debolissime sfumature di nebulose e galassie, ecc.).

**Attenzione a non esagerare**, perché  **una cosa è far apparire ciò che c'è, un'altra far apparire ciò che non c'è** introducendo artefatti inesistenti nell'immagine reale.

Questo rischio è tutt'altro che remoto visto che gli strumenti offerti dai vari programmi di elaborazione  **possono introdurre vistose e sostanziali modificazioni** nelle immagini.



Per evitare di tediarvi ulteriormente, mi limiterò a citare i più comuni filtri presenti nei vari software di elaborazione di immagini astronomiche, descrivendone sommariamente gli effetti.

In sostanza utilizzando  **questi filtri riassegniamo diversi valori di luminosità ai singoli pixel, ricostruendo l'immagine secondo nuovi parametri** (differenti da filtro a filtro).

Di per sé la parola filtro è esplicativa: si blocca qualcosa per lasciar passare qualcos'altro.

In questo caso ciò che  **desideriamo bloccare è il rumore** e ciò che  **vogliamo far passare è l'informazione**.

Se speravate attraverso la calibrazione delle immagini di esservi liberati dal rumore, avete preso un abbaglio. Infatti il rumore può essere ridotto al minimo, ma non eliminato totalmente e dovremo nuovamente farci i conti.

### *I filtri di convoluzione*

Questi filtri agiscono sull'immagine per come essa appare nello spazio (piano), ovvero nelle sue due dimensioni: altezza e lunghezza.

Per questo motivo si dice che  **operano nel dominio dello spazio**.

I filtri di convoluzione si dividono in due categorie: **passa basso** e **passa alto**.

**I filtri passa basso** producono una sfocatura dell'immagine, che aumenta o diminuisce regolandone l'intensità (più sarà alta, più l'immagine risulterà sfocata). Con il loro utilizzo, se ben calibrati, **si attenua il rumore** rendendo le **immagini più morbide**, ma la minor nitidezza (leggera sfocatura) si traduce in **una perdita di dettagli**.

Il più conosciuto è il **Filtro di Gauss**. Utile soprattutto per **ammorbidire** e rendere più naturali **le immagini lunari** (anche se si perdono alcuni dettagli) e quelle **di soggetti nebulosi**.

Ne esiste anche una speciale versione chiamata **Filtro Gaussiano Selettivo**.

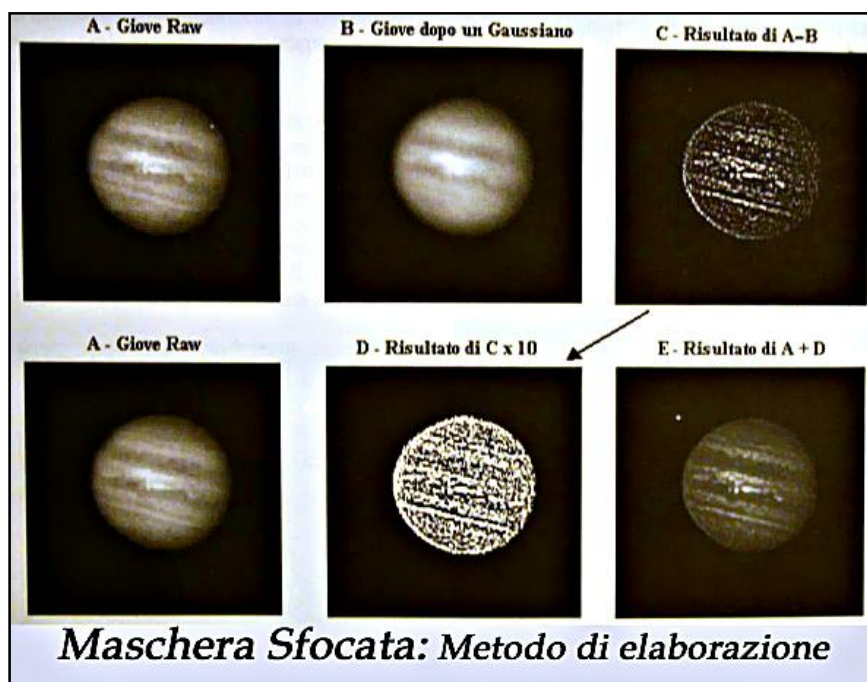
Questo filtro permette **di agire solo su pixel al di sotto di una certa soglia di luminosità** (scelta da noi), **eliminando** così la maggior parte del **rumore** (presente soprattutto nei pixel più scuri) **senza diminuire i dettagli** fini presenti nell'immagine. Per la sua particolarità è utilizzabile con soddisfazione **anche su immagini planetarie**.



Invece, **i filtri passa alto** aumentano il **contrasto** delle immagini, ma purtroppo **esaltano** anche il **rumore**.

### *La maschera sfuocata (Unsharp Mask)*

La **maschera sfuocata** non è altro che **una particolare procedura**. Ad un'immagine RAW (A) si sottrae la sua copia sfuocata (B), a cui è stato applicato un filtro Gaussiano, poi si moltiplica il risultato ( $A-B=C$ ) per un fattore scelto da noi (per esempio 10), ottenendo l'immagine D ( $C \times 10$ ) che sommeremo nuovamente all'immagine RAW (A).



Non preoccupatevi perché queste operazioni le esegue il computer automaticamente: Noi dovremo solo scegliere la risoluzione ed il contrasto.



Questo particolare metodo di elaborazione è utile soprattutto nelle immagini planetarie ed è in grado di evidenziare dettagli poco visibili nell'immagine RAW, al prezzo, però, di un incremento del rumore.

A differenza dei filtri passa alto con questo metodo non si perdono i dettagli di oggetti deboli (galassie), per cui il suo utilizzo non è limitato alle sole immagini planetarie e lunari.

Dato che con questo metodo si esalta anche il rumore conviene sempre sommare o mediare più immagini (anche se si tratta di luna e pianeti) per diminuire il rumore al minimo ed evidenziare l'informazione.

### *Wavelet*

In pratica con questa procedura è possibile regolare, oltre al contrasto, anche la risoluzione dell'immagine utilizzando 5 diversi cursori.

Ogni cursore modifica la risoluzione, suddividendola in: larghissima (agisce sui dettagli grossolani), larga, media, fine e molto fine (agisce sui dettagli più fini).





Per renderci conto dei benefici e dei possibili artifici (se si esagera) che introduce questo filtro, non ci resta che provare ad utilizzarlo, magari associandolo ad una leggera maschera sfuocata (una combinazione che può fare miracoli, soprattutto su immagini planetarie).

### *Filtri di deconvoluzione*

Questi filtri sono più potenti di quelli di convoluzione ed al contrario di essi non agiscono sull'immagine per come appare, ma la convertono e la elaborano come una somma di frequenze.

Per questo motivo si dice che operano nel dominio delle frequenze.

Anche questi filtri si dividono in due categorie: **passa basso** e **passa banda**.

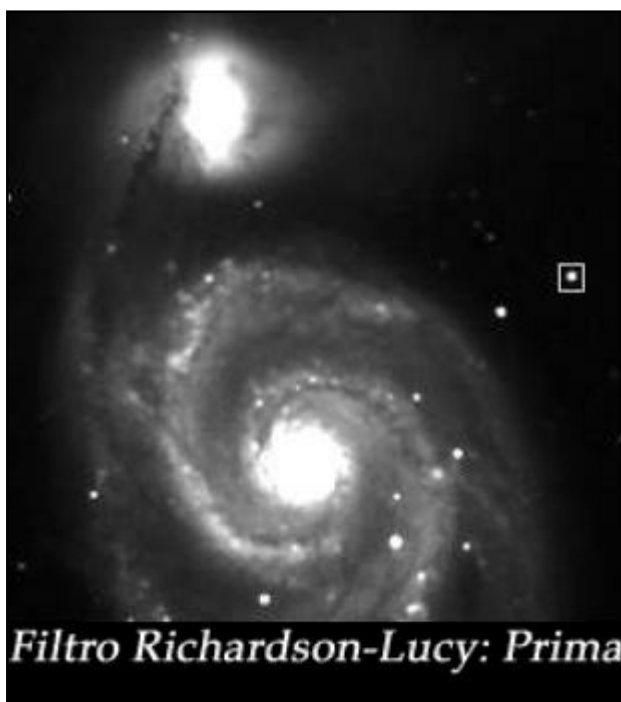
I primi producono una sfocatura dell'immagine ed i secondi bloccano alcune frequenze (rumore) e ne esaltano altre (informazione), evidenziando particolari precedentemente invisibili.

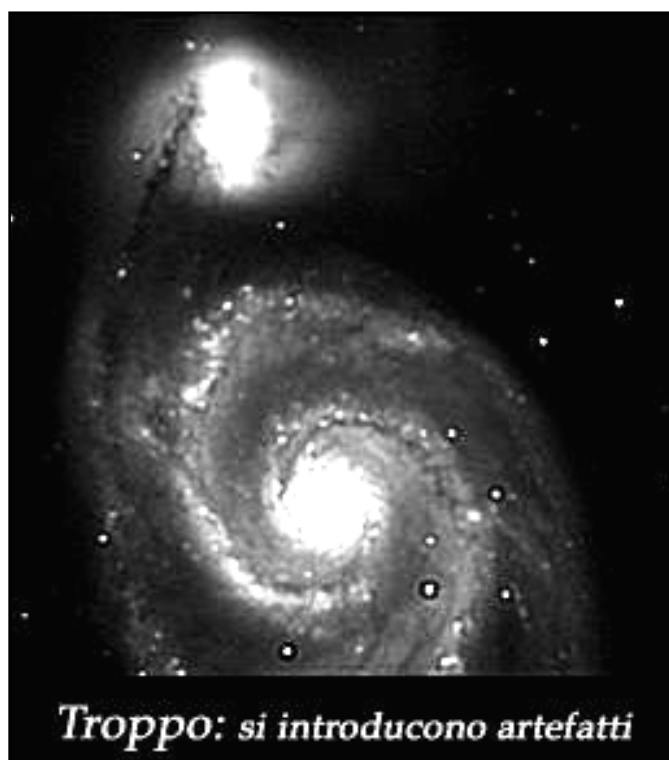
### *Metodi di deconvoluzione:*

#### *Massima Entropia, Richardson-Lucy e Van Citter*

Questi tre diversi metodi di deconvoluzione, al di là delle specificità, sono stati pensati per restituire all'immagine il suo aspetto naturale, mutato a causa delle deformazioni prodotte dalla turbolenza atmosferica o da imprecisioni introdotte dalle ottiche e/o dalle nostre riprese (mosso, sfocatura, ecc.).

Per far questo, il programma ci chiederà di evidenziare una stella al fine di verificare quanto e in quali direzioni la luce si sia dispersa occupando una superficie del sensore più ampia di quella che avrebbe dovuto (un punto luminoso di pochi pixel).

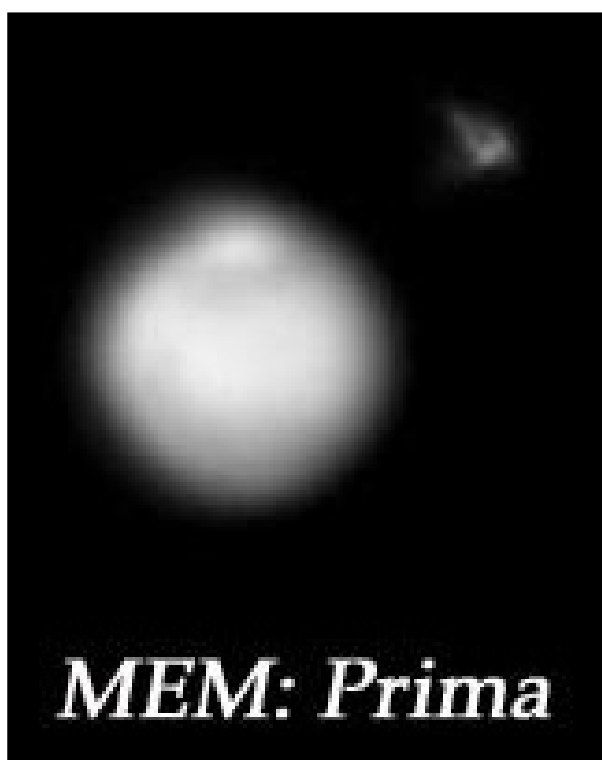




Analizzando le deformazioni riscontrate rispetto all'immagine ideale ed utilizzando particolari calcoli matematici (algoritmi), vengono applicati alcuni filtri di deconvoluzione al fine di correggere le presunte deformazioni.

In sostanza l'immagine RAW viene prima convertita in un segnale composto da frequenze, poi opportunamente deconvoluta e corretta ed infine ricostruita.

I metodi più comuni per eseguire questa procedura sono: **Massima Entropia, Richardson-Lucy e Van Cittert.**



In ogni caso, saremo noi a [decidere il numero di passate](#) (quante volte filtrare l'immagine) da utilizzare [per compensare](#) il minor (meno passate) o maggior (più passate) grado di [deformazione dell'immagine](#).

**Queste procedure dovranno necessariamente essere eseguite prima di applicare qualunque altro filtro** e valgono le stesse regole precedentemente descritte (sommare o mediare più immagini, [non esagerare con l'elaborazione](#), ecc.).

Personalmente, tra i tre metodi, preferisco utilizzare quello di Richardson-Lucy, seppur la Massima Entropia è stata concepita per correggere le immagini del telescopio spaziale Hubble.

Utilizzando IRIS ho constatato che i filtri di deconvoluzione sono efficaci solo se applicati ai singoli canali R, G, B e/o L, ma non all'immagine a colori.

Tale problema non affligge i filtri di convoluzione.

### *[A spasso tra le stelle](#)*

Ora, dopo tanta teoria, non ci resta che sperimentare e goderci le meraviglie regalateci dall'universo.

Le gioie e ahimè i dolori della fotografia astronomica.

Qui finisce la nostra avventura.

Per chi vuole approfondire gli argomenti trattati, [qui sotto ho riportato la bibliografia](#), da cui spesso ho tratto illustrazioni, foto ed idee, indispensabili per realizzare questa passeggiata tra le stelle.

Un ringraziamento ai tanti astrofili sparsi per il mondo ed a Giangius per la preziosa collaborazione e per aver messo a disposizione il sito che gestisce, pubblicando questo manualetto.

Che altro dire... Già!

Buona fortuna e cieli sereni a tutti.

*Paolo Punx*

#### [Bibliografia:](#)

- Osservare il cielo con il telescopio- Parravicini e Viazzo- De Vecchi editore;
- Corso di Astronomia Pratica – Gruppo Astrofili Lariano - De Vecchi editore;
- Guardare Le Stelle - Gruppo Astrofili Lariano - De Vecchi editore;
- Fotografia Astronomica – Walter Ferreri – Edizioni il Castello;
- Guida ai CCD per l'astronomia – Plinio Camaiti - Edizioni il Castello;
- Il Telescopio: costruire o acquistare? – Braga ed Ercolani – Edizioni Scientifiche Coelum;
- Come testare il proprio telescopio – Braga, Camaiti, Dal Lago, Frassati - Edizioni Scientifiche Coelum;
- Guida Pratica all'astronomia – edizioni “Nuovo Orione”;
- Gli accessori dei telescopi – Walter Ferreri - edizioni “Nuovo Orione”;
- Catalogo Messier – Enrico Moltisanti - edizioni “Nuovo Orione”;
- Il CCD in astronomia – Franchini, Pasi, Nicolini - edizioni “Nuovo Orione”;
- Le riviste: Nuovo Orione, Coelum e l'Astronomia (acquistabili mensilmente in edicola).