

# Introduzione ai telescopi

**Conoscere ed usare uno strumento astronomico**

**di Luigi Fontana**

Introduzione

## **Capitolo I. Il telescopio**

Cenni storici

Che cosa è un telescopio e come funziona

Cosa fa un telescopio (e cosa non fa)

Tipi di telescopi

Miti da sfatare

Definizioni essenziali

Tipi di montature

Cosa si vede al telescopio

## **Capitolo II. Gli accessori**

Gli oculari

Accessori "ottici"

Altri accessori

Assieme al telescopio

## **Capitolo III. Uso del telescopio**

Prima di osservare: regolazioni essenziali

Osservazioni diurne

Osservare il Sole

Stazionamento polare

Trovare gli oggetti celesti

Alcuni suggerimenti pratici

Manutenzione

## **Capitolo IV. Fotografia astronomica**

Metodi di ripresa

CCD e pellicola

Le webcam

## **Glossario**

## Introduzione

Complimenti! Con l'acquisto del vostro telescopio avete mosso il primo passo in un mondo affascinante, il mondo dell'astronomia amatoriale. Il vostro telescopio, anche se semplice, è nettamente più potente dello strumento con cui Galileo, all'inizio del XVII° secolo, rivoluzionò il mondo culturale occidentale, scardinando convinzioni che duravano ormai da duemila anni. Il vostro telescopio vi consentirà di ripercorrere molte scoperte fondamentali dell'astronomia, e costituirà una vera e propria finestra sull'Universo (e sulla storia della scienza). Potrete vedere coi vostri occhi molti degli oggetti o dei fenomeni di cui magari avete solo sentito parlare, e "conoscere più da vicino" pianeti, stelle e galassie.

Lo scopo di questo libretto è farvi da guida rapida alla conoscenza dei telescopi amatoriali e al loro uso. Imparerete cosa è un telescopio e cosa può fare (e anche cosa *non* può fare) e vi verranno fornite anche le informazioni di base per costruire la vostra cultura astronomica, soprattutto dal punto di vista pratico. Se la passione per l'astronomia vi "prenderà" davvero, sarà un hobby che potrà accompagnarvi tutta la vita, e magari influenzare alcune scelte importanti, di studio e magari anche di lavoro. Di fatto molte delle persone che oggi sono professionisti in questo settore hanno scoperto la loro passione per le stelle con un piccolo telescopio.

Questo, però, *non è un libro di astronomia*. Si suppone che il lettore possieda già le nozioni di base di questa disciplina. In caso contrario, vi sono numerosi ottimi testi su questo argomento, di vari livelli di difficoltà. Frequentare un circolo astrofili (cioè un'associazione di appassionati di astronomia) è un ottimo sistema per accrescere le proprie conoscenze in questo campo. Su Internet è facile rintracciare i gruppi astrofili di ogni paese. Per chi risiede in Italia, sul sito [www.orione.it](http://www.orione.it) viene mantenuto e aggiornato un ricco elenco al riguardo.

Leggendo queste pagine, incontrerete molte volte frasi tipo "...argomento che verrà trattato più avanti". Purtroppo, come tutte le cose un po' tecniche, l'uso dei telescopi non è semplice da apprendere, e richiede un linguaggio specifico piuttosto ricco. Dato che si suppone che il lettore abbia solo qualche idea di astronomia generale, è inevitabile che "creare" questo linguaggio richieda continui rimandi ad altri argomenti non ancora trattati. Perciò alcuni argomenti vengono affrontati più volte, approfondendoli di volta in volta con quanto si è appena visto. Questo metodo - assieme al ricco glossario - vorrebbe non solo rendere più facile la prima lettura (che è la più importante), ma anche mantenere snella una eventuale consultazione futura. Le prime pagine vi spiegheranno abbastanza per comprendere cosa si può vedere al telescopio e come è fatto un telescopio "dentro". Proseguendo, troverete consigli su qualche accessorio e sull'uso dello strumento, tanto per osservazioni diurne che, soprattutto, astronomiche. Nel glossario sono riportate anche voci non usate nel testo, ma comuni in campo astronomico.

Buon divertimento!

# Capitolo I - Il telescopio

## Cenni storici

Comunemente si ritiene che l'inventore del telescopio sia l'italiano Galileo Galilei, vissuto a cavallo del 1600. Non è così. Il primo telescopio - anche se allora non si chiamava così, ma "cannone occhiale" - fu quasi certamente realizzato da un occhialaio olandese, Jan Lippershey, attorno al 1608. Il merito di Galileo fu quello di adottare questo strumento per l'osservazione astronomica e non solo per l'uso militare o ludico da parte dei nobili. Galileo inoltre si rilevò un assiduo e attento osservatore, e da questo punto di vista lo si può senz'altro ritenere il primo astronomo "moderno", il che sarebbe sufficiente a considerarlo uno dei più grandi scienziati di sempre, anche in considerazione del fatto che egli è il padre del metodo sperimentale – vero asse portante del progresso scientifico e tecnologico degli ultimi quattro secoli.

Comunque, il cannocchiale galileiano soffriva di diverse manchevolezze. Ingrandiva poco, mostrava fastidiosi aloni colorati (*aberrazione cromatica*), inquadrava un campo minuscolo. Poi soffriva di diverse altre aberrazioni (imperfezioni) ottiche, non dipendenti solo dalla lavorazione delle ottiche, ma congenite nel progetto. Ma subito dopo Galileo i telescopi cominciarono una lenta ma continua evoluzione, che ebbe due importanti "salti". Nel 1672 Isaac Newton (padre, tra l'altro, della meccanica celeste) realizzò il primo (piccolissimo) telescopio il cui obiettivo era uno specchio e non una lente. L'idea non era sua, ma fu il primo a realizzare e presentare uno strumento funzionante. Nel 1733, poi, Hall (e nel 1758, in forma più perfezionata, Dollond) realizzarono nuovi obiettivi a lente, ma composti in realtà da *due* lenti vicinissime, fatte di vetri diversi (*doppietto acromatico*), il che permetteva di evitare gli aloni colorati. Da allora a oggi il telescopio ha subito una evoluzione continua, sono stati introdotti vari perfezionamenti tecnologici o concettuali, e realizzate infinite varietà negli schemi ottici, ma per quel che riguarda i principi, sostanzialmente, nulla è più cambiato. Tutti i telescopi moderni sono discendenti di quel microscopico strumento presentato da Newton o dai lavori di Dollond. Si chiamano rispettivamente *riflettori* (telescopi in cui l'obiettivo principale è uno specchio) e *rifrattori* (se l'obiettivo è una lente o sistema di lenti). Tra la fine del XIX° e l'inizio del XX° secolo sono stati introdotti schemi ottici ibridi, detti *catadiottrici*, che utilizzano sempre uno specchio come obiettivo, ma hanno una grande lente posta davanti all'obiettivo stesso, lente di potere molto modesto. I più noti sono il Maksutov e lo Schmidt-Cassegrain. Esistono oggi una grande varietà di schemi ottici, ma ricadono tutti in una di queste tre "famiglie": riflettori, rifrattori, o catadiottrici.

## Che cosa è un telescopio e come funziona

I telescopi sono, semplificando al massimo, insiemi di *ottica e meccanica* costruiti per far vedere ingranditi (o fotografare) gli oggetti lontani. L'ottica, ovviamente, si occupa di creare l'immagine che viene osservata (o ripresa). La meccanica, oltre al sostegno fisico del tubo in cui è alloggiata l'ottica, fornisce la possibilità di puntare lo strumento dove si desidera più, eventualmente, la possibilità di inseguire il moto apparente della volta celeste, con un sistema manuale o affidato ad un motorino, generalmente elettrico. Fa parte della "meccanica" tutto ciò che non è strettamente collegato alla formazione dell'immagine. Ad esempio il materiale in cui è costruito il tubo ottico, il sistema di messa a fuoco, eccetera.

Durante **l'utilizzo visuale** l'obiettivo del telescopio (lente o specchio che sia) genera un'immagine di ciò verso cui lo strumento è puntato. Tale immagine (che è grande più o meno come una moneta) viene osservata con una sofisticata lente di ingrandimento (l'oculare). La posizione in cui si forma l'immagine è detto *piano focale*, e l'immagine stessa può essere visualizzata togliendo l'oculare e mettendo al suo posto un pezzetto di carta oleata o plastica traslucida. Allo stesso modo, l'oculare può essere utilizzato come una lente di ingrandimento. Provate ad accostare l'oculare all'occhio ed avvicinare un piccolo oggetto, come la punta di una matita. Quando sarà a qualche millimetro dalla lente dell'oculare, la vedrete ingrandita (non in tutti i modelli di oculari è possibile ottenere un'immagine a fuoco con questo metodo).

Durante **la ripresa di immagini** la questione si complica un po'. Si possono utilizzare diversi metodi per formare l'immagine sulla pellicola (o sul sensore elettronico). Ne parleremo più avanti.

## Cosa fa un telescopio (e cosa non fa)

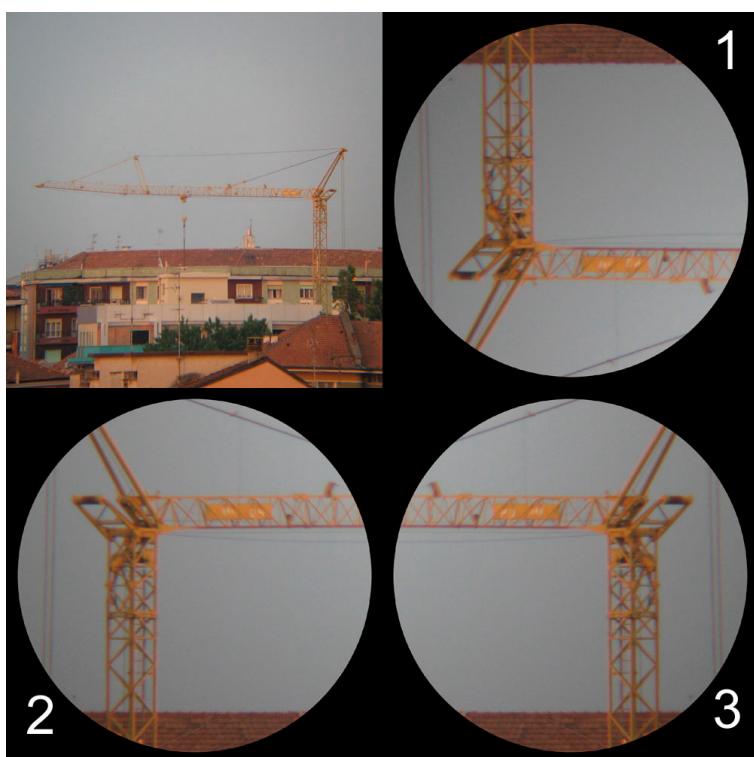
Osservare con un telescopio, rispetto ad una osservazione effettuata ad occhio nudo, apporta due vantaggi principali:

- *Viene raccolta più luce*, e quindi si vedono stelle più deboli di quelle visibili ad occhio nudo. Ovviamente le stelle che già si vedono ad occhio nudo, al telescopio appaiono brilliantissime.
- Aumenta il *potere risolutivo*, o *risoluzione*, ovvero la capacità di distinguere particolari fini. In altre parole, con un telescopio potete leggere il giornale da 50 metri di distanza, o l'insegna di un negozio da qualche chilometro.

Quindi, di fatto, osservare con un telescopio potenzia moltissimo la vostra capacità visiva. Principale svantaggio è che il  è molto piccolo. Pensate alla Luna piena. Mentre ad occhio nudo la Luna è "piccola" nel cielo, al telescopio riuscirete ad osservare al massimo una zona poco più grande della Luna stessa. La Luna "è larga" (sottende) mezzo grado. E' difficile avere (al telescopio) visuali più vaste di un paio di gradi, anche se ciò ovviamente varia da un telescopio all'altro. Ad occhio nudo, per confronto, abbiamo un campo visivo di circa 130 gradi. Si veda la voce "angoli" nel glossario per vedere come valutare gli angoli ad occhio.

Anche se può apparire scontato sottolineiamo alcune cose che il telescopio *non può fare*.

- Il telescopio non permette di osservare attraverso le nuvole.
- Il campo visivo è sempre un cerchio.
- Il telescopio non permette di osservare oggetti a meno di qualche metro (o qualche decina di metri) di distanza perché non riesce a mettere a fuoco così vicino.
- Il telescopio non permette di osservare attraverso nessun oggetto che appaia opaco anche ad occhio nudo, al massimo vi aiuta raccogliendo più luce (per esempio, con leggera foschia, il telescopio rende visibili stelle altrimenti troppo deboli per essere rilevate ad occhio nudo).
- Non si possono ottenere ingrandimenti illimitati. Nessun telescopio vi permette di leggere un giornale da 200 chilometri di distanza!



**Importante!** Il telescopio, di norma, mostra immagini *rovesciate*, sia alto-basso che destra-sinistra. Questo è scomodo durante le osservazioni di soggetti terrestri, ma irrilevante in astronomia. Quando si osserva con un deviatore a 90° (un accessorio ottico che consente di piegare ad angolo retto il fascio ottico, per evitare posizioni troppo scomode per l'osservatore) le immagini appaiono solo ribaltate (destra-sinistra) ma corrette alto-basso. Infine, quando si usa un accessorio detto *prisma raddrizzatore* si possono ottenere immagini diritte. Non tutti i modelli di telescopio possono utilizzare un prisma raddrizzatore. Nella figura qui a fianco vediamo una

immagine "ad occhio nudo" (in alto a sinistra), una immagine telescopica "normale" (1), con deviatore a  $90^\circ$  (2) e con prisma raddrizzatore (3). Notate come l'immagine telescopica sia molto di "dettaglio" (piccolo campo inquadrato) e l'orientamento della gru rispetto all'immagine normale.

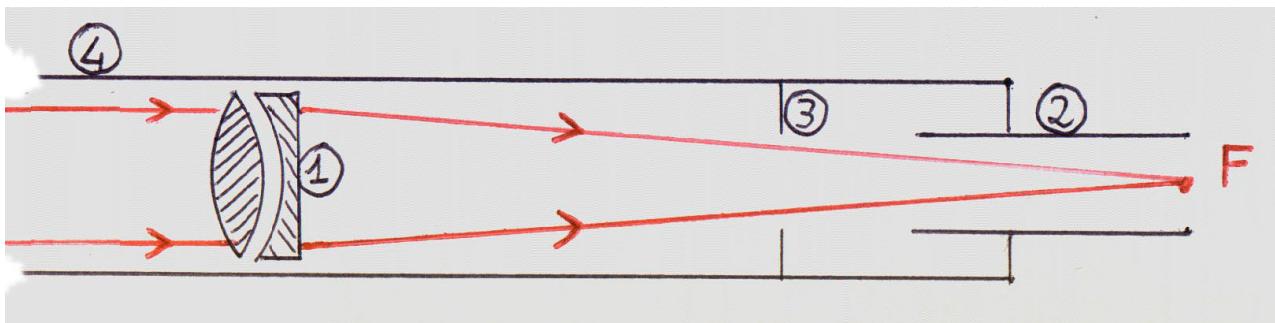
Come per ogni genere di strumenti, anche per i telescopi dimensioni, prestazioni e prezzi variano enormemente in funzione del tipo di strumento, della qualità dell'ottica e della meccanica, del numero e della qualità degli accessori, ecc.

## Tipi di telescopi

Come già accennato, in base allo schema ottico i telescopi moderni si dividono in tre "famiglie" principali:

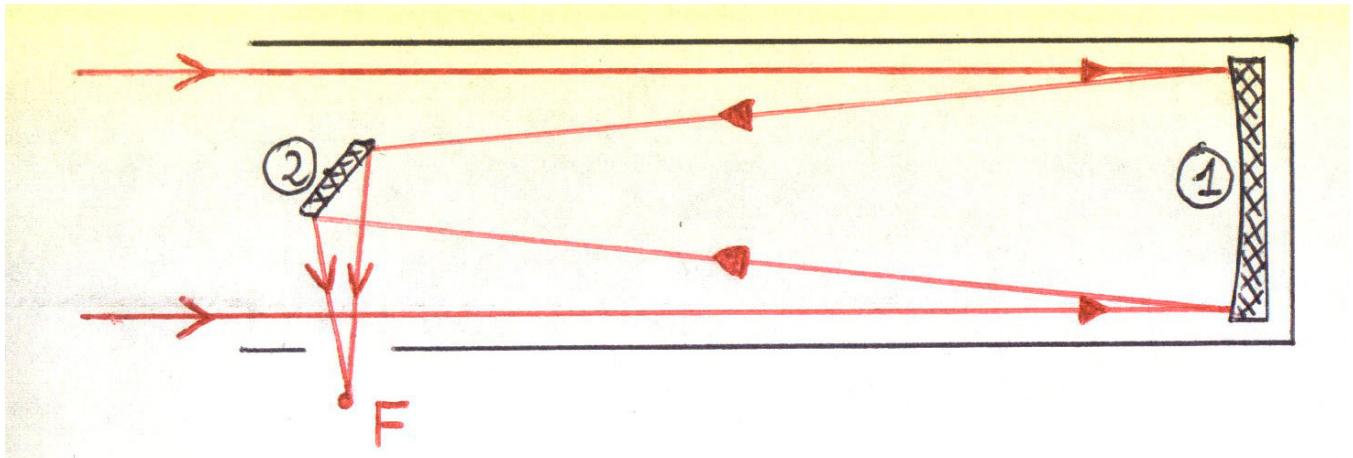
- 1) Rifrattori, ossia strumenti a lenti, derivati dagli strumenti di Dollond e loro evoluzioni.
- 2) Riflettori, basati su specchi. Lo schema più classico è quello di Newton ma esistono diverse varianti, come il Cassegrain (quasi tutti gli schemi ottici prendono il nome dal loro inventore o da chi li perfezionò).
- 3) Catadiottrici, o composti, che sfruttano sia lenti che specchi (sono sostanzialmente dei riflettori con una lente frontale di potere molto basso che annulla alcune aberrazioni – vedi glossario per la definizione di questa parola).

**I rifrattori** sono i telescopi più "classici", anche perché sono stati i primi realizzati (i cannocchiali galileiani sono dei rifrattori). Sono chiamati così in quanto il loro modo di creare l'immagine si basa sul fenomeno fisico della rifrazione (vedi glossario). Sono strumenti adatti soprattutto all'osservazione dei pianeti, del Sole e della Luna, offrono in genere immagini definite e altamente contrastate, più "incise" di quelle offerte da un riflettore o da un catadiottrico di pari diametro. Non sono invece l'ideale per l'osservazione di oggetti deboli, come comete e galassie (sia pure con qualche eccezione). Sono inoltre ingombranti e molto costosi nei diametri maggiori. Nello schizzo qui sotto vediamo lo schema di un rifrattore: la luce entra da sinistra, viene concentrata dall'obbiettivo, normalmente un doppietto (1) nel piano focale (F), dove si pone l'oculare (e l'occhio!) quando si osserva o si mette la pellicola quando si fotografa. Il sistema di messa a fuoco (2) è un tubo coassiale a quello principale che può scorrere di qualche cm. Uno o più diaframmi interni (3) aumentano il contrasto dell'immagine. Il paraluce (4) riduce il formarsi di condensa sull'obbiettivo nella stagione fredda.

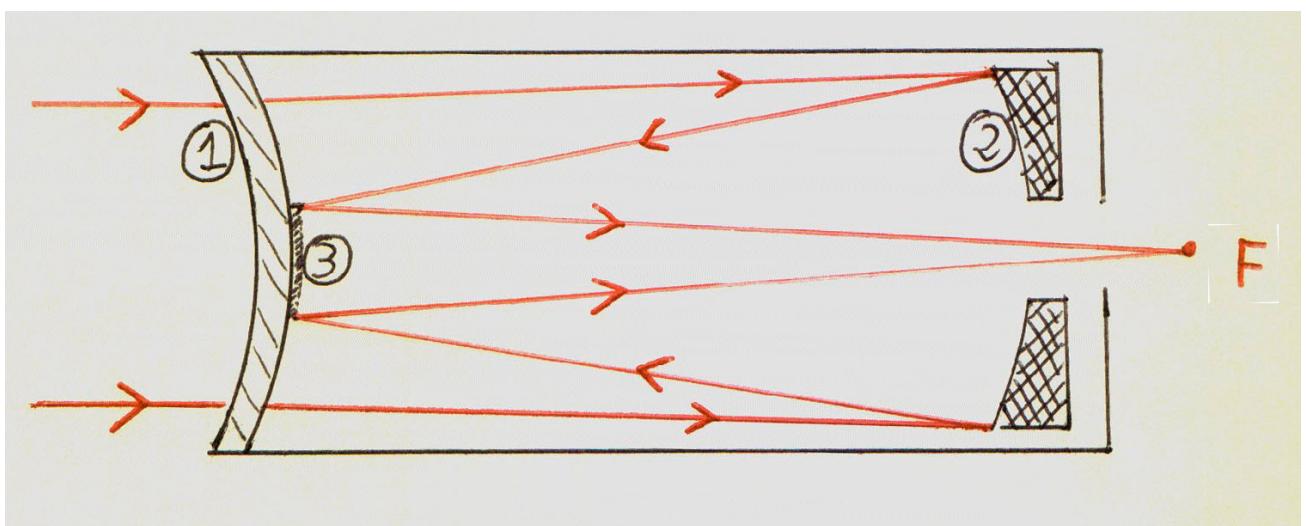


**I riflettori**, storicamente, vengono subito dopo. Ne esistono di parecchi tipi, anche diversissimi tra loro, tutti però accomunati dal basarsi sulla riflessione mediante specchi per creare l'immagine. Il primo riflettore, costruito da Newton nel 1672, aveva uno specchio di soli 35 mm di diametro, piccolissimo secondo il mercato moderno, che offre strumenti con specchi obiettivi da almeno 70 mm. Rispetto ai rifrattori offrono minore ingombro e prezzo nettamente inferiore (a parità di diametro), e disponibilità di strumenti anche molto grossi, adatti ad osservare e fotografare le più deboli nebulose. L'immagine offerta da un riflettore è però di qualità leggermente inferiore di quella offerta da uno strumento a lente (sempre a parità di diametro), per diversi motivi che vedremo poi. Tra i riflettori, comunque, figurano senz'altro gli strumenti di costo accessibile più versatili. Quasi tutti i riflettori adottano lo stesso schema ideato da Newton, e vengono spesso chiamati semplicemente "telescopi Newton" o "newtoniani". Qui sotto vediamo uno schizzo. La luce entra da sinistra, percorre tutto il tubo e viene focalizzata dallo specchio primario concavo, l'obbiettivo (1) nel fuoco (F). Lo specchio piano (2), detto "secondario" posto a 45° lungo il percorso ottico, devia il

fascio di luce di fianco al tubo, dove è più facile osservare o fotografare. Lo specchio secondario è sorretto da una o più razze, il cui insieme è detto "spider" ("ragno" in inglese). Lo spider è responsabile delle "punte" che mostrano talvolta le stelle nelle foto eseguite con grandi telescopi. Quasi tutti i telescopi giganti oggi esistenti sono dei newtoniani, ma invece di avere lo specchio secondario, date le enormi dimensioni, hanno gli apparati di ripresa direttamente nel tubo ottico, cioè *al posto* dello specchio secondario.



I **catadiottrici**, infine, sfruttano lenti e specchi per offrire un ingombro contenutissimo in relazione al diametro, e uniscono alle buone qualità dei riflettori alcune caratteristiche tipiche dei rifrattori. Sono molto leggeri, compatti, disponibili in diametri interessanti a prezzi ragionevoli, hanno generalmente una buona meccanica e dispongono di una gamma di accessori quasi infinita. Unico difetto è il costo (superiore ad un riflettore Newton di pari diametro). Gli schemi catadiottici più diffusi sono il Maksutov e lo Schmidt-Cassegrain. Qui sotto vediamo lo spaccato di un Maksutov. La luce entra da sinistra, attraverso una lente di basso potere (il "menisco", 1) e raggiunge l'obiettivo, detto specchio primario (2), che è forato al centro. Focalizzata dal primario, la luce colpisce lo specchio secondario (3), ottenuto alluminando parte della faccia interna del menisco. Il secondario rimanda la luce al fuoco F attraverso il foro nel primario. La messa a fuoco si ottiene di solito con minimi spostamenti del primario.



Parente del Maksutov è lo Schmidt-Cassegrain, dove la lente frontale sostiene il supporto dello specchio secondario, che è un elemento ottico separato e ha una curvatura propria diversa da quella della lastra. Esiste anche il Cassegrain, dove non c'è la lente frontale e uno spider sostiene un

secondario che rimanda la luce attraverso un foro nel primario. A titolo di cronaca, il telescopio spaziale Hubble è un Cassegrain modificato

Gli strumenti si dividono poi a seconda del tipo di supporto meccanico (montatura) di cui sono dotati, della qualità e quantità di accessori, del grado di rifinitura, eccetera.

Ci sono diversi motivi per cui un rifrattore ha un potere risolutivo leggermente migliore di tutti gli altri schemi ottici (sempre a parità di diametro). Il principale è che, lavorando specchi e lenti con la stessa precisione, gli specchi sono svantaggiati dal fatto che una imperfezione di lavorazione viene *amplificata* dalla riflessione, mentre la stessa imperfezione su una lente viene *mitigata* dal fatto che l'effetto della lente è dovuto alle *due* superfici della lente attraverso cui passa la luce. Come regola generale, un rifrattore ha un potere risolutivo un po' migliore di quello che si calcola di solito, e pari a quello di un riflettore o catadiottrico di apertura superiore del 30% circa.

## Miti da sfatare

Sarete forse rimasti stupiti che, in questa rapidissima introduzione, si sia appena accennato alla capacità del telescopio di ingrandire le immagini, ossia al suo "potere di ingrandimento".

Ciò è stato fatto proprio perché l'errore più comune del neofita è quello di sopravvalutare l'importanza dell'ingrandimento (vedi anche glossario). Questo parametro, in strumenti che non siano giocattoli, può essere variato senza difficoltà, semplicemente cambiando oculare e/o utilizzando elementi ottici aggiuntivi: ma l'esperienza insegna che sono rarissimi i casi in cui, con strumenti amatoriali, convenga usare più di 300-400 ingrandimenti. La cosa di gran lunga più importante, in uno strumento astronomico, ancor prima dello schema ottico, è il *diametro dell'obiettivo*, specchio o lente che sia. Uno strumento più grande raccoglie infatti più luce (o in altre parole mostra stelle più deboli) e permette di discernere, almeno in linea di massima, dettagli più fini, cioè ha un potere risolutivo superiore. Moltissimi fattori, quali il tipo di strumento, lo stato dell'atmosfera, eccetera, concorrono alle prestazioni di un telescopio ma l'idea di fondo "maggior diametro = prestazioni ottiche superiori" è sempre vera. Vedremo più avanti qualche dettaglio.

Altro mito da sfatare (purtroppo!) è che col telescopio si possano vedere immagini come quelle che sono ottenute col telescopio spaziale, o in foto eseguite con strumenti medi e grandi. In linea di massima al telescopio i pianeti si vedono grandi come una moneta tenuta alla distanza di un braccio teso, e le nebulose e le galassie appaiono come tenui immagini simili ad un "fumo luminoso". Poche sono prodighe di dettagli, e solo in fotografia si possono apprezzare i colori. La Luna, invece, è impressionante in qualsiasi telescopio, ed offre praticamente una infinità di dettagli.

Altra considerazione importante è la seguente: l'ottica non è tutto! La qualità meccanica di uno strumento non deve essere sottovalutata rispetto a quella ottica. Gli strumenti destinati a chi comincia, in questi ultimi anni, hanno raggiunto un livello di compromesso tra la meccanica e il prezzo accettabile: solo chi desidera cimentarsi in fotografie molto impegnative deve orientarsi decisamente verso montature di classe superiore; anche qui, comunque, si possono avere prodotti eccellenti senza spendere cifre davvero "astronomiche".

## Definizioni essenziali

Vediamo ora, anche con qualche formula elementare, un po' di termini che è essenziale conoscere per usare il telescopio, e come leggere la "carta d'identità" di uno strumento.

### Diametro

Come detto è senza dubbio il parametro fondamentale del telescopio. È il diametro dell'obiettivo, specchio o lente che sia. Di norma si indica con D o col simbolo  $\varnothing$  e si esprime in millimetri. Di norma si considera un telescopio amatoriale "piccolo" sotto gli 80 mm di diametro, medio da 80 a 150 mm, grande fino a 250 mm e molto grande oltre.

### Focale (o "lunghezza focale")

Distanza tra l'obiettivo e la superficie dove si forma l'immagine dell'oggetto su cui l'obiettivo "punta", quando l'oggetto è posto a distanza infinita. Se una lente ha una focale di 600 mm ciò significa che l'immagine che essa forma di un soggetto all'infinito si forma a 600 mm dal centro della lente. Ci si può facilmente rendere conto di cosa sia la focale facendo formare l'immagine su un foglio di carta tenendo una comune lente di ingrandimento puntata verso qualcosa di riconoscibile (un albero, un palazzo, ecc). L'immagine si formerà circa 20 cm dietro la lente. Tra specchi e lenti vi è la ovvia differenza che la lente produce l'immagine dalla parte opposta del soggetto, mentre uno specchio dalla stessa parte. Un sistema ottico non deve avere necessariamente delle dimensioni fisiche pari alla focale. I telescopi catadiottrici, ad esempio, includono spesso nello schema ottico un elemento che allunga la focale "nominale" dello specchio obiettivo (specchio primario) ed avere magari 2 metri di focale (2000 mm) con un tubo di appena 60-80 cm. Di solito si indica con F e si esprime in millimetri.

### Rapporto focale

Rapporto tra la lunghezza focale e il diametro. Si indica con f/. Essendo un rapporto tra due lunghezze, f/ è un numero puro (non ha unità di misura). Rapporto focale, lunghezza focale e diametro sono legati dalla semplice relazione

$$f/ = F / D$$

Per esempio, un telescopio da 200 mm di diametro e 1200 mm di focale è un f/6. Infatti 1200 diviso 200 fa 6. Il comune Newton da 114 mm di diametro e 900 mm di focale è un f/ 7,9 circa. **Diametro, focale e rapporto f/ sono parametri fissi di ogni strumento** e sono di norma stampigliati sul tubo (almeno due dei tre, dato che è poi facile ricavare il terzo).

Il rapporto focale è una caratteristica determinante del telescopio, ed è importante per stabilire in quali osservazioni un telescopio sia più sfruttabile

**I telescopi a basso rapporto focale (sotto f/6):** offrono un grande campo visuale e sono fotograficamente *luminosi* (o "veloci"). Il basso rapporto focale permette di effettuare esposizioni fotografiche in tempi molto ridotti (a scapito però della risoluzione). Questi telescopi non sono generalmente adatti per gli alti ingrandimenti, ma danno belle immagini a grande campo di oggetti deboli e immagini a medio ingrandimento della Luna e dei pianeti.

**I telescopi ad alto rapporto focale (oltre f/10):** danno alti ingrandimenti con oculari più comodi da usare (vedi oltre "estrazione pupillare"), e di solito forniscono immagini molto contrastate, sia in visuale che fotograficamente, specie della superficie lunare e dei pianeti, ma anche degli oggetti terrestri. Questi telescopi sono fotograficamente *meno luminosi* ("lenti") e non sono generalmente adatti alla fotografia astronomica degli oggetti deboli (nebulose, galassie).

**Telescopi a medio rapporto focale (tra f/6 e f/10):** sono strumenti universali, e racchiudono le caratteristiche di entrambe le categorie viste sopra, ovviamente con qualche compromesso. Questi telescopi sono adatti a tutti i tipi di osservazioni sia visuali che fotografiche.

Esistono accessori ottici sia per "allungare" la focale (aumentare il rapporto  $f/$ ) che per accorciarla (diminuire  $f/$ ), ma non per tutti gli strumenti. In linea di massima il dispositivo ottico per allungare la focale (lente di Barlow) è più economico ed efficiente di quelli per accorciarla. Naturalmente dover interporre un altro elemento ottico può ridurre un minimo la qualità dell'immagine rispetto ad uno strumento di focale "nativamente" più lunga (o più corta).

### Ingrandimento

Osservando visualmente, l'ingrandimento si calcola dividendo la focale del telescopio ( $F$ ) per la focale dell'oculare utilizzato in quel momento (un parametro fisso di ciascun oculare normalmente stampigliato sull'oculare stesso). Quindi per cambiare l'ingrandimento basta cambiare oculare. Esistono oculari con lunghezza focale ( $f_{oc}$ ) compresa circa tra 4 mm e circa 50 mm. Più un oculare è *corto* (di focale), più ingrandisce. In formula, infatti, l'ingrandimento è dato da

$$I = F / F_{oc}$$

Così un telescopio con 900 mm di focale, usato con un oculare da 20 mm ingrandirà  $900/20 = 45$  volte. Si scrive "45x" e si legge "45 per". L'ingrandimento, come il rapporto  $f/$ , è un numero puro, essendo il risultato della divisione tra due grandezze omogenee (due lunghezze). Naturalmente  $F$  e  $f_{oc}$  devono essere espresse nella stessa unità di misura, usualmente mm. L'ingrandimento risulta anche essere il rapporto tra l'angolo sotteso da un soggetto visto ad occhio nudo e lo stesso soggetto osservato al telescopio. Per esempio, se Giove in un dato momento sottende  $40''$  e lo si osserva con cento ingrandimenti apparirà di  $40'' \times 100 = 4000''$  (secondi d'arco), vale a dire  $4000''/60=66$  primi quindi un po' più grande di due lune piene affiancate viste ad occhio nudo.

### Campo apparente

Misura (angolare) di quanto appare grande il campo visuale accostando l'occhio ad un oculare. Guardando in un oculare con un piccolo campo apparente sembra di "guardare in un tubo", mentre se il campo apparente dell'oculare è grande, la visione è più confortevole. I campi apparenti variano da circa  $30^\circ$  per gli oculari molto economici sino a  $60^\circ$  e più per quelli di maggior pregio. Il campo apparente *non influisce* sull'ingrandimento fornito da un oculare (per il quale conta solo la focale) ma è determinante per il campo reale. Si veda anche il paragrafo sugli oculari.

## Campo reale

Misura (angolare) dell'angolo di cielo che si abbraccia al telescopio usando un determinato oculare. È dato dal campo apparente dell'oculare diviso l'ingrandimento fornito da quell'oculare con quel telescopio

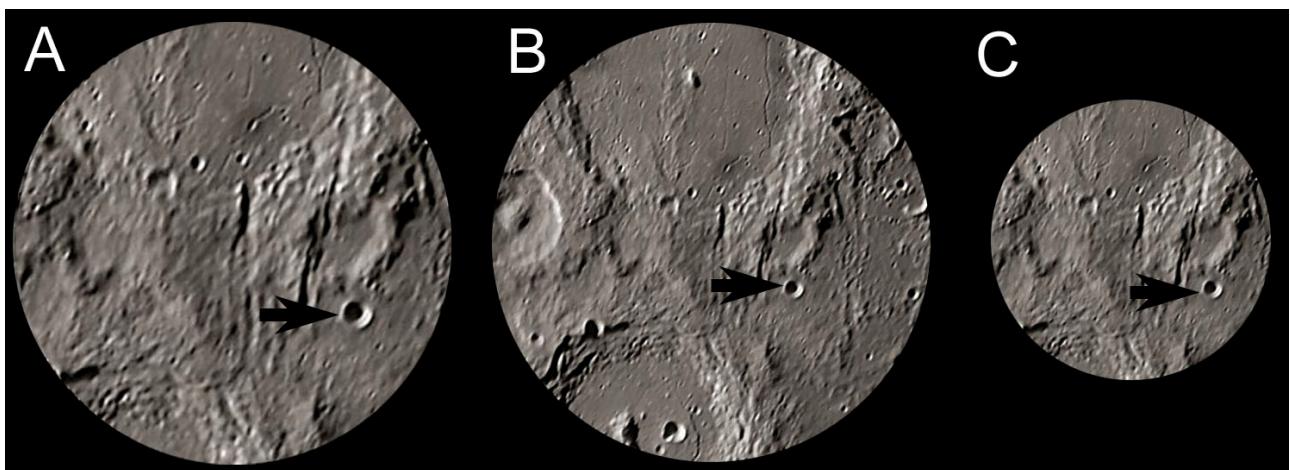
$$C_{\text{reale}} = C_{\text{apparente}} / I$$

Per esempio, usando un oculare da 20 mm di focale e  $55^\circ$  di campo apparente con un telescopio da 900 mm di focale avremo:

$$\text{Ingrandimento} = \text{focale telescopio} / \text{focale oculare} = 900 \text{ mm} / 20 \text{ mm} = 45 \times$$

Campo reale = Campo apparente / ingrandimento =  $55^\circ / 45 = 1,222^\circ$  cioè  $1^\circ$  e  $13'$ , vale a dire poco più di due lune piene affiancate.

I concetti di campo apparente, campo reale ed ingrandimento dovrebbero risultare chiari osservando attentamente la figura qui sotto, dove abbiamo riprodotto tre diverse viste della stessa zona lunare (lo stesso cratere è indicato da frecce nelle tre immagini). È esattamente quello che si potrebbe vedere osservando la Luna con lo stesso telescopio, usando però tre oculari diversi, A, B e C.



Gli oculari A e B hanno lo stesso campo apparente (i "cerchi sono grandi uguali") ma differenti focali. Precisamente A è di focale minore di B e quindi ingrandisce di più. Offre infatti lo stesso campo apparente di B ma un campo reale minore ma più ingrandito. C invece è un oculare di pari focale rispetto a B ma campo apparente minore. Offre un campo reale minore con lo stesso ingrandimento (i dettagli visibili hanno le stesse dimensioni in B e in C).

## Pupilla d'uscita

Parametro strettamente legato all'ingrandimento. È data dal diametro del telescopio diviso l'ingrandimento utilizzato in quel momento. Si misura in millimetri.

$$\text{Pupilla di uscita} = D / I$$

Ci sono dei limiti pratici di pupilla d'uscita, sia massima che minima, che si riflettono in limiti pratici di ingrandimento, sia massimo che minimo. L'ingrandimento minimo è dettato dal fatto che la pupilla del nostro occhio non si dilata più di 6 mm circa e quindi avere pupille d'uscita maggiori porta d uno spreco di luce. All'estremo opposto, pupille da meno di 0,5 mm risultano poco o nulla utilizzabili. Ne consegue che l'ingrandimento minimo utile di un telescopio è dato dal diametro (in

millimetri) diviso 6, l'ingrandimento massimo è invece circa il doppio del diametro, sempre espresso in mm. Quindi, per un telescopio da 200 mm di diametro, abbiamo un ingrandimento minimo di circa 33 $\times$ , ed uno massimo di circa 400 $\times$ . Per un 114 mm i limiti sono rispettivamente circa 19 $\times$  e circa 228 $\times$ . Per i limiti imposti dall'atmosfera, praticamente nessun telescopio, nemmeno un grosso strumento professionale, può usare con profitto più di 500-600 $\times$ . La pupilla d'uscita si vede chiaramente guardando nell'oculare da 30-40 cm di distanza mentre il telescopio è puntato verso un muro bianco. Essa appare come un dischetto luminoso, eventualmente con una macchia centrale (vedi "ostruzione").

### Ostruzione

Caratteristica di soli rifrattori e catadiottrici, viene misurata come rapporto tra il diametro dello specchio secondario e quello dello specchio primario (l'obiettivo), ed è quindi un numero puro (senza unità di misura), essendo il rapporto tra due lunghezze; dato che il primario è sempre più grande del secondario, l'ostruzione è rappresentata da un numero minore di 1.

$$\text{Ostruzione} = D_{\text{sec}} / D_{\text{pri}}$$

Per i rifrattori, privi di specchio secondario, l'ostruzione è sempre zero. Un telescopio da 100 mm di diametro con un secondario da 18 mm avrà un rapporto di ostruzione di 18 / 100 = 0,18, valore tipico per i Newton. In questo tipo di strumenti, ovviamente, come diametro del secondario si computa l'asse minore dell'ellisse, dato che lo specchio è ellittico ma essendo inclinato di 45° rispetto al percorso ottico, appare come un cerchio. Le ostruzioni dei telescopi Newton variano tipicamente da 0,11 a 0,25, mentre per i catadiottrici possono arrivare a 0,45. Tale valore sembra "enorme", ma non deve stupire. Basti pensare che un secondario da 80 mm di diametro su un primario da 200 (ostruzione ben 0,4) sottrae solo il 16% della luce. In questo conto, infatti, quello che conta è l'area, e come è facile verificare, l'area di un cerchio di 80 mm di diametro è appena il 16% di quella di un cerchio di 200 mm di diametro.

C'è da notare che osservando con uno strumento ostruito una stella sfocata si vedrà, al centro della chiazza luminosa, l'ombra scura del secondario (e delle razze, se ce ne sono), ombra che si nota anche osservando di giorno la pupilla d'uscita. Quando l'immagine è a fuoco, tuttavia, essa non è più avvertibile in alcun modo.

### Potere risolutivo

Concetto un po' difficile. È l'*angolo* minimo di cui debbono essere separati due punti perché il telescopio li possa mostrare distinti. Per esempio due lampadine poste a qualche centimetro l'una dall'altra, viste da qualche chilometro di distanza, oppure una stella doppia. Viene espresso in secondi d'arco (simbolo ", vedi anche la voce "angoli" nel glossario) e vale circa

$$\text{Potere risolutivo (in ")} = 120 / D$$

dove D è il diametro in millimetri dell'obiettivo. Quindi un telescopio da 60 mm di diametro ha un potere risolutivo di 2", un 200 mm circa 0,6". Il fatto che il telescopio sia a lenti o a specchi è poco influente, anche se i rifrattori hanno prestazioni di norma un po' superiori, in questo campo, a parità di diametro. In condizioni di osservazione non eccezionali è sempre il *seeing* (vedi glossario) a limitare la risoluzione del telescopio. Sono rare notti con un seeing migliore di 1", cioè durante le quali si riescono a distinguere particolari che sottendono meno di 1".

## Estrazione pupillare

È la distanza, espressa normalmente in mm, tra l'ultima lente di un oculare e la posizione in cui va posto l'occhio per apprezzare tutto il campo visivo offerto dall'oculare stesso. Vale di norma *circa* 0,3-0,5 volte la focale dell'oculare, anche se questo parametro varia fortemente con lo schema ottico dell'oculare (ne ripareremo poi). Una estrazione pupillare piccola, inferiore a qualche mm, provoca facilmente l'appannamento dell'oculare, specie durante la stagione fredda. Si noti che un telescopio a f/ molto bassa richiede l'uso di oculari corti o cortissimi per ottenere ingrandimenti elevati, oculari che inevitabilmente sono più "scomodi" di quelli di focale maggiore, anche perché hanno lenti più piccole. In alcuni casi può risultare più confortevole usare una lente di Barlow (vedi il capitolo sugli accessori) assieme ad un oculare più lungo. Si ottiene lo stesso ingrandimento con una estrazione pupillare più confortevole.

## Magnitudine limite

Per attaccare il discorso circa la magnitudine limite, ovvero la stella più debole che un certo strumento consente di vedere, è necessario spiegare la scala di magnitudini (o grandezze) stellari. Sin da quando i primi astronomi, a partire da Ipparco (II° secolo a.C.), cominciarono a compilare cataloghi e mappe stellari, divisero le stelle per brillantezza in sei classi. Erano stelle di prima grandezza le più brillanti, di seconda quelle un po' meno brillanti e così via, sino alle stelle più deboli discernibili con una buona vista in una notte scura, classificate di sesta. Perciò alla magnitudine espressa dal numero minore corrisponde la stella più brillante.

La scala fu tramandata nei secoli, modificata più volte, e infine definita rigorosamente in tempi moderni. Si scelsero alcune stelle come campione e si stabilì che il rapporto di flusso luminoso tra una magnitudine e la successiva fosse la radice quinta di 100, ossia circa 2,512. Così il flusso di luce (o, se preferite, il numero di fotoni di lunghezza d'onda visibile) che ci arriva ogni secondo da una stella di magnitudine, poniamo, 3,5 è esattamente 2,512 volte quello che arriva da una stella di mag. 4,5. E la stessa stella di mag. 3,5 ci invia 2,512 volte la luce di una di 2,5.

Per come è definita la scala, una qualunque stella è 100 volte più brillante di un'altra che sia di 5 magnitudini più debole. Infatti  $(2,512)^5$  fa 100. La definizione rigorosa, per come furono scelte le stelle campione, ha fatto sì che alcune stelle molto brillanti abbiano magnitudine inferiore a 1, o addirittura negativa. Sirio, ad esempio, la stella più brillante del cielo, ha magnitudine -1,46, Arturo -0,04; tra le stelle brillanti ci sono Vega (mag. 0,02), Spica (0,98), Castore (1,58); la stella polare non è brillantissima; la sua luminosità oscilla leggermente, attorno alla mag. 2, rientrando a fatica tra le 50 stelle più brillanti del cielo.

Una persona dotata di vista normale, dopo qualche minuto di adattamento al buio, scorgerà stelle di magnitudine 3-4 dai centri cittadini, circa 5 dalla campagna e circa 6 da cieli molto scuri. Ovviamente questo limite non è un muro invalicabile; da zone elevate molto isolate non è difficile scorgere stelle di 6,5, e c'è chi afferma di essere andato anche oltre.

Le magnitudini di alcuni corpi celesti tipici sono:

Sole	-26
Luna piena	-12
Luna al primo o all'ultimo quarto	-9
Venere alla massima brillantezza	-4,4
Giove in opposizione media	-2,4
Sirio (stella più brillante)	-1,5
Stella Polare	2

Albireo (beta del Cigno)	3
Urano	5,6
Nettuno	7,5
Plutone	14
Limite telescopio da 250 mm con CCD	circa 19
Limite telescopio da 5 metri con pellicola chimica	circa 24
Stelle più deboli mai fotografate	circa 29,5

Quante volte è più luminoso Urano di Nettuno ? La differenza di magnitudine è 1,9 (cioè 7,5 – 5,6); basta allora elevare 2,512 alla 1,9 per ottenere la risposta (circa 5,75 volte. Ovvero, se da Nettuno arrivano 100 fotoni al secondo, da Urano ne arrivano 575).

Queste differenze sembrano enormi rispetto a quanto può sembrare osservando ad occhio, per esempio, Sirio e la Polare. Questo succede perché la nostra vista non ha una sensibilità lineare alla luce, bensì logaritmica. In altre parole, i nostri occhi non sono molto adatti a valutare differenze luminose, e affidandosi ai propri sensi, non sembra possibile che Sirio sia ben 25 volte più brillante della Polare.

Il più modesto strumento ottico, ovviamente, raccoglie molta più luce della pupilla. Ad esempio, l'obiettivo di un ipotetico piccolissimo telescopio da 25 mm ha un'area superficiale di circa 490 millimetri quadrati, contro i soli 38 di una (eccezionale) pupilla dilatata a 7 mm. Dato che la possibilità di vedere una stella è data dal fatto che la luce raccolta superi la sensibilità "di soglia" dell'occhio dell'osservatore, si capisce subito come la magnitudine limite sia una caratteristica che dipende quasi solo dall'apertura dello strumento, ed è poco legata allo schema ottico, al rapporto f/, o addirittura al fatto se il telescopio sia a lenti o a specchi. Una formula abbastanza classica (ma a parer nostro un po' pessimistica) per valutare questo limite è

$$\text{Magnitudine limite} = 6,8 + 5 \times \log D$$

in cui D è il diametro dello strumento (in centimetri, attenzione, non negli usuali millimetri) e il logaritmo è quello decimale, indicato normalmente "log" sui calcolatori tascabili (da non confondere con quello in base e, identificato di solito "ln").

Questa formula fornisce la seguente tabella, valida però solo come prima approssimazione, e per astri alti sull'orizzonte, in condizioni di cielo terso e perfettamente scuro.

Apertura (mm)	Mag. limite
50	10,3
60	10,7
80	11,3
100	11,8
120	12,2
150	12,7
180	13,0
200	13,3
250	13,8
300	14,2
400	14,8

Ancora una volta, bisogna tenere conto di innumerevoli fattori, che possono alterare anche di due magnitudini questi valori. Vediamone alcuni:

Il più importante, ovviamente, è la qualità del cielo, e non ci stancheremo mai ripeterlo. A duemila metri di quota, in un posto lontano dalle città, dopo un temporale che abbia "pulito" l'aria è ovvio che si è in condizioni migliori che a livello del mare, vicino a una città e con molto pulviscolo atmosferico, che aumenta la luminosità di fondo. Inoltre, verso lo zenith (vedi glossario), la magnitudine limite è sempre più alta che osservando presso l'orizzonte. Se si va alla ricerca delle prestazioni limite, inoltre, diviene importante anche il seeing, oltre alla trasparenza; un buon seeing consente di "concentrare" in immagini più piccole la luce delle stelle, permettendo di "staccarle" dal fondo del cielo. Viene poi il tipo di strumento, l'esperienza dell'osservatore, ed altri parametri secondari. Contrariamente a quanto si può pensare, la presenza di un'ostruzione influisce poco su questo parametro.

## Tipi di montature

Sin dall'inizio abbiamo detto che i telescopi sono insiemi di ottica e di meccanica, ed è giusto insistere sull'importante ruolo ricoperto da una buona meccanica per avere osservazioni soddisfacenti. La montatura - ovvero la parte principale della meccanica di un telescopio - non solo fornisce il sostegno al tubo ottico, ma permette anche di puntarlo dove si desidera e, come vedremo, permette di inseguire il moto apparente della volta celeste.

### Altazimutale ed equatoriale

Il tipo di sostegno più semplice, per un telescopio, è quello che consente due soli movimenti; quello parallelo al suolo, che permette di scorrere l'orizzonte (movimento in azimut), e quello che consente di guardare a diverse altezze sull'orizzonte, mantenendo costante l'azimut (movimento in altezza). Un sostegno che disponga di questi due movimenti, è una montatura **altazimutale** (vedi figura).



L'asse attorno a cui avviene il movimento di azimut (2), ovviamente, è verticale, mentre l'asse di altezza (1) è parallelo al suolo. Questo tipo di sostegni, in genere, è l'ideale per osservazioni naturalistiche o di panorami, osservazioni che vengono svolte di solito ad ingrandimento molto basso ( $50\times$  o meno). Alcuni telescopi molto leggeri e compatti vengono venduti addirittura senza montatura (si compra solo il tubo ottico), in quanto sono progettati per essere montati su un semplice treppiede fotografico, che agisce come una montatura altazimutale. Esistono diverse varianti della montatura altazimutale. La più classica è quella adottata in genere per piccoli rifrattori, dotata preferibilmente di movimenti micrometrici in entrambi gli assi (o almeno in altezza), che si comandano mediante flessibili o manopoline rigide.

Le montature altazimutali, leggere e poco ingombranti, hanno però una grave limitazione, per l'osservazione astronomica. Il moto apparente degli astri, causato dalla rotazione della Terra, deve essere controbilanciato agendo contemporaneamente sui due assi, e per di più a velocità non costante. Dato che se si lascia il telescopio fermo anche pochi secondi o al più

qualche minuto il moto della volta celeste "fa uscire" il soggetto dal campo di vista, bisogna sempre agire sulle due regolazioni per mantenere puntato quello che ci interessa, operazione che dopo un po' diviene noiosa, soprattutto se si osserva ad alto ingrandimento (cioè con un campo reale ridottissimo, il che obbliga a correzioni continue).

La soluzione, fortunatamente, è semplice. Basta costruire una montatura con un asse che si possa rendere parallelo a quello di rotazione della Terra. Eseguita questa operazione di rendere paralleli i due assi (stazionamento), se si fa compiere al telescopio un giro al giorno attorno a questo asse, (movimento che avviene a velocità costante, e che può quindi essere affidato ad un motorino elettrico), il telescopio stesso rimane puntato sul soggetto dell'osservazione, in quanto

controbilancia la rotazione giornaliera del nostro pianeta. Questo tipo di montatura, inventata alla fine del '700, si dice **equatoriale**. La più comune, detta "alla tedesca", è visibile nella foto qui sotto.



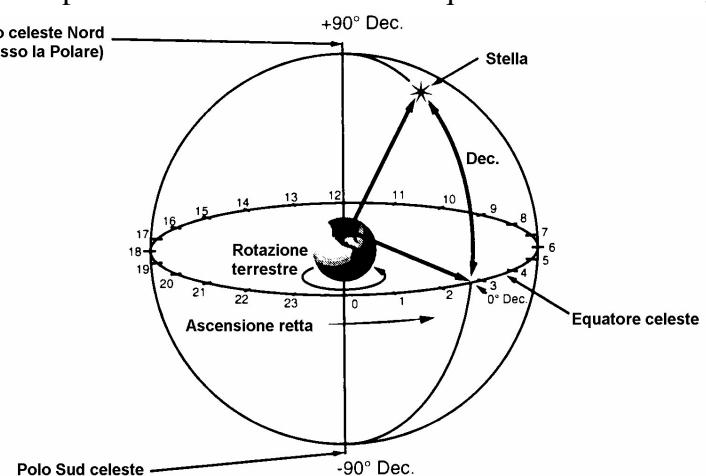
Esistono svariate forme di montatura equatoriale, ma tutte sono accomunate dall'avere uno dei due assi inclinabile sino a fargli raggiungere un'angolazione rispetto al suolo pari alla latitudine del luogo d'osservazione; questo asse è detto asse polare, oppure asse orario, o asse di A.R., mentre l'altro - perpendicolare al primo - è detto asse di declinazione (in figura le frecce 1 indicano l'asse polare e la sua direzione, la freccia 2 quello di declinazione). L'asse ottico (vedi glossario) dello strumento è a sua volta perpendicolare all'asse di declinazione, e può essere reso parallelo a quello polare, come nella foto. Durante l'uso del telescopio, l'asse polare deve venir puntato verso il polo celeste (il che lo rende parallelo all'asse di rotazione della Terra), punto che per gli osservatori nell'emisfero boreale cade a meno di un grado dalla stella polare, o Polaris. Questo "allineamento al polo", o "stazionamento", si ottiene con due moti ulteriori della montatura, in altezza (3) e in azimut (4). In pratica i moti in altezza e azimut si usano solo in fase di preparazione del telescopio, per puntare l'asse polare (1) verso il polo celeste. Poi vengono bloccati, e durante le osservazioni si usano solo i moti di ascensione retta e declinazione, che avvengono attorno agli assi omonimi (1 e 2 rispettivamente).

Bene, ma cosa sono ascensione retta e declinazione?

Analogamente al sistema di latitudine e la longitudine su cui sono basate le coordinate terrestri, gli oggetti celesti sono abbinati ad un sistema di coordinate sulla "sfera celeste", la sfera immaginaria su cui appaiono fissate le stelle. I poli del sistema di coordinate celesti sono quei due

punti attraverso i quali l'asse di rotazione terrestre, se prolungato all'infinito interseca a nord e a sud la sfera celeste. Quindi il polo nord celeste è il punto nel cielo attraverso il quale l'asse terrestre, prolungato dal polo nord, interseca la sfera celeste. *Per un puro caso*, questo punto nel cielo si trova nei pressi alla stella polare, o Polaris (che non è assolutamente la stella più brillante del cielo, come molti credono).

Sulla superficie della Terra, le linee della "longitudine" sono tracciate tra i poli nord e sud. Allo stesso modo, le linee delle "latitudine" sono tracciate lungo la direzione est-ovest, parallelamente all'equatore terrestre. L'equatore celeste è semplicemente la proiezione dell'equatore terrestre sulla sfera celeste. Proprio come sulla superficie della Terra, sono state tracciate delle linee immaginarie sulla sfera celeste a formare un reticolo di coordinate. Le



posizione degli oggetti celesti viene specificata in relazione a questo reticolo, allo stesso modo come sulla superficie della Terra essa viene specificata dalla longitudine e latitudine.

L'equivalente celeste della longitudine Terrestre si chiama "declinazione", o più semplicemente "DEC.", e si misura in gradi, minuti e secondi Nord (+) o Sud (-) dall'equatore celeste. Quindi, ogni punto dell'equatore celeste (che passa, per esempio, nelle costellazioni di Orione, Vergine ed Acquario) possiede declinazione  $0^\circ 0' 0''$ . La declinazione della Stella Polare, che si trova molto vicina al polo nord celeste, è di  $+89^\circ 12'$ .

L'equivalente celeste della longitudine terrestre si chiama "ascensione retta" o "A.R." e si misura in ore, minuti e secondi da un'arbitraria linea "zero" di A.R. che passa nella costellazione di Pegaso. Le coordinate di ascensione retta variano da 0h 0m 0s fino a (escluse) 24h 0m 0s. Quindi ci sono 24 linee principali di A.R. spaziate di  $15^\circ$  l'una dall'altra lungo il giro completo dell'equatore celeste. Le coordinate di ascensione retta crescono da ovest a est a partire dalla linea che è l'origine della coordinata (A.R.= 0h 0' 0").

Di conseguenza, potendo specificare le posizioni di tutti gli oggetti celesti attraverso le loro coordinate di ascensione retta e declinazione, la loro localizzazione nel cielo (specie nel caso degli oggetti meno luminosi) viene notevolmente semplificata. I cerchi graduati di A.R. e di DEC. del telescopio possono essere utilizzati, in effetti, per la lettura delle coordinate celesti e per la ricerca degli oggetti senza dover ricorrere alle tecniche di ricerca visuale. Tuttavia, è possibile trarre vantaggio dall'uso dei cerchi graduati solo se il telescopio sarà stato perfettamente allineato con il polo celeste, operazione che descriveremo nel capitolo III.

Una montatura equatoriale, quindi, è certo meno intuitiva da utilizzare di una altazimutale, e presenta la necessità di eseguire lo stazionamento prima di poter venire utilizzata correttamente. Una volta stazionata (o "messa in polo"), però, non solo l'inseguimento della volta celeste avviene su un solo asse, ma diviene anche utilizzabile il sistema di coordinate celesti.

Praticamente tutti i telescopi oltre gli 100 mm sono venduti solo montati equatorialmente, mentre quelli più piccoli sono talvolta disponibili nelle due versioni. Le montature equatoriali utilizzate sugli strumenti amatoriali sono principalmente di due tipi: montatura alla tedesca, come quella illustrata, e montatura a forcella.

La montatura alla tedesca è normalmente utilizzata per i rifrattori e per quasi tutti i riflettori. La si riconosce immediatamente perché presenta una vistosa sbarra con un contrappeso che sporge dal corpo della montatura dalla parte opposta del tubo ottico. Questa sbarra è disposta lungo la direzione dell'asse di declinazione, e normalmente è solidale all'asse stesso. Compatta ma pesante, è l'unica soluzione per strumenti con tubo lungo. Tra i suoi pregi annovera la facile equilibratura. Se si aggiunge del carico (per esempio un pesante teleobiettivo in parallelo al telescopio) la bilanciatura attorno all'asse polare viene raggiunta semplicemente spostando il contrappeso, mentre l'equilibrio attorno all'asse di declinazione viene ottenuto spostando il tubo ottico avanti o indietro nella sua sede (chiamata normalmente culla). Questo movimento è sempre possibile allentando gli anelli o le fasce di ritenuta che trattengono il tubo nella culla.

Se la montatura è utilizzata correttamente, cioè stazionata, il movimento attorno all'asse polare farà variare l'ascensione retta (A.R., vedere anche il glossario) cui punta il telescopio, mantenendo la declinazione costante. Esattamente il contrario se si utilizza il movimento sull'asse di declinazione. I telescopi amatoriali, normalmente, sono dotati di manopoline di fermo sui due assi, che bisogna smollare per muovere il telescopio liberamente. Puntato approssimativamente l'oggetto che

interessa, si serrano i fermi, e si procede al puntamento fine mediante i moti micrometrici, manuali od elettrici.

Quindi, riassumendo, tutte le montature equatoriali hanno due possibili movimenti, quello di A.R e quello di DEC., che servono per puntare il telescopio durante l'uso, ma sono dotate di altre due regolazioni, che consentono di variare l'azimut e l'altezza cui punta l'asse polare (talvolta la regolazione in azimut manca e si ruota l'intero strumento). Queste regolazioni permettono di stazionare lo strumento e si usano solo *prima* di osservare, durante la fase preparatoria; se il telescopio è rimasto montato da una osservazione precedente, non si usano affatto.

A proposito delle montature alla tedesca, c'è da notare che quando il telescopio è stazionato, puntarlo in alcune zone del cielo rende scomoda la posizione dell'oculare e/o del cercatore. In questo caso basta eseguire il cosiddetto ribaltamento. Ossia si ruota lo strumento di 180° attorno ai due assi si A.R. e di DEC. Così facendo il telescopio punterà nella stessa posizione di prima, presentandosi però in una posizione più confortevole. Se necessario si può ruotare il tubo nella culla, per rendere più accessibile l'oculare. Alcuni osservatori consigliano di osservare gli oggetti verso est tenendo il tubo ottico a ovest della montatura, e viceversa.

L'altro tipo di montatura equatoriale è quella a forcella (vedi figura), utilizzata soprattutto per i telescopi catadiottrici, o per Newton luminosi (e quindi a tubo corto). E' caratterizzata dal sostegno

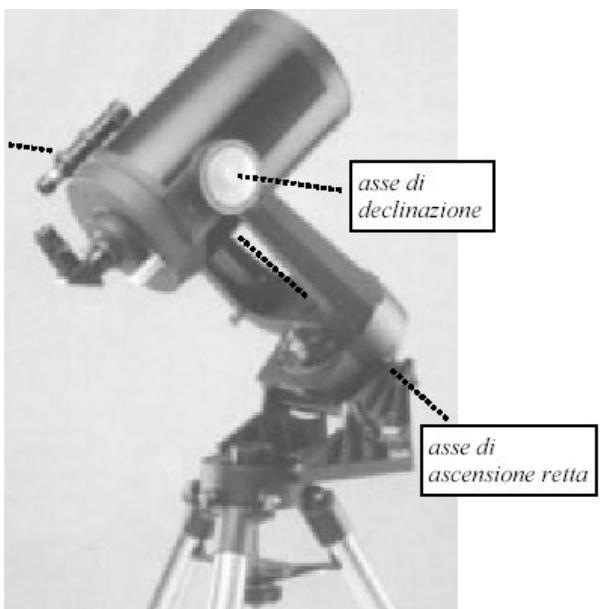
a forma di U, in cui alloggia il tubo ottico (a volte strumenti molto piccoli sono sostenuti da un braccio solo).

Il concetto è del tutto simile a quello della montatura tedesca, con l'evidente vantaggio di una maggiore compattezza, e quindi una minore sensibilità alle vibrazioni. Qualche svantaggio deriva dal fatto che il tubo ottico è in genere solidale alla forcella, con conseguente notevole peso del blocco "tubo + forcella", che va spostato in un sol pezzo e che risulta abbastanza ingombrante.

La quasi totalità dei telescopi dotati di montatura equatoriale, prevede come opzione, o include direttamente, un motorino per il moto orario, ossia quello di bilanciamento della rotazione terrestre.

Tali motorini, quasi tutti a batteria, aumentano considerevolmente la comodità di osservazione. Basta puntare il soggetto desiderato, attivare il motorino, e il telescopio manterrà al centro del campo ciò che ci interessa, sempre che sia stato stazionato correttamente. Al momento di acquistare il telescopio, informatevi se può funzionare a pile, o con la batteria dell'automobile mediante la presa accendisigari. Gli strumenti più sofisticati includono (o prevedono come optional) il movimento elettrico anche sull'asse di declinazione, comodo ma non essenziale.

La montatura a forcella dei catadiottrici, normalmente, è collegata al basamento (di solito un robusto treppiede) mediante un meccanismo (la testa equatoriale) che consente la regolazione d'inclinazione dell'asse polare e, nei modelli più sofisticati, anche dell'azimut. Se non si si utilizza la testa equatoriale, e si fissa sul treppiede direttamente il blocco "forcella + tubo", ci si ritrova... con una montatura altazimutale, comoda per osservazioni diurne. Poche montature a forcella prevedono lo spostamento del tubo rispetto alla forcella, limitazione che obbliga ad alcuni stratagemmi per bilanciare lo strumento, se si aggiungono dei carichi supplementari.



## Cosa si vede al telescopio ?

Vediamo adesso una "scaletta" di strumenti, accompagnata da un elenco, sia pur indicativo, di ciò che vi si può vedere. Considereremo come strumento astronomico "minimo" il rifrattore da 50 mm di diametro. Nei diametri inferiori si utilizza di norma un binocolo.

Ricordate che i pianeti, ad occhio nudo, appaiono semplicemente come stelle più o meno brillanti. E che le stelle, al telescopio, sono sempre e comunque puntiformi, solo più brillanti.

Nel leggere questo elenco tenete conto che con telescopi più grossi è visibile, ovviamente, tutto quanto si vede con quelli più piccoli, più qualcos'altro. In ogni caso scordatevi che col telescopio, osservando, si vedano nebulose stupendamente colorate o incredibili dettagli planetari come nelle foto sulle encyclopedie (normalmente prese da sonde spaziali o dai telescopi giganti professionali). Durante le osservazioni astronomiche è raro vedere i colori e i pianeti appaiono di norma grandi come una moneta vista da mezzo metro di distanza. Inoltre le stelle, viste al telescopio, rimangono comunque dei punti, semplicemente più brillanti che ad occhio nudo. Fatto questo necessario chiarimento, partiamo per il nostro "giro turistico"...

Rifrattore da 50-60 mm o riflettore da 80. Con uno strumento di questo tipo si possono vedere centinaia di formazioni lunari (crateri, montagne, mari), le fasi di Venere e Mercurio, le calotte polari di Marte (solo in condizioni favorevoli), due-tre bande su Giove, i quattro satelliti galileiani, distinguere gli anelli di Saturno, 2-3 suoi satelliti e scorgere, sia pure come punti, Urano e Nettuno. In condizioni eccezionali si vede la divisione di Cassini negli anelli di Saturno. Con l'apposito filtro si possono osservare macchie solari anche piccole. Sono anche alla vostra portata qualche centinaio di stelle doppie e i più brillanti oggetti deep-sky (vedi glossario). Solo pochissimi, però, mostrano dettagli, e la maggior parte sono visibili solo come macchiette di luce.

Rifrattore da 80 mm o riflettore da 100-120. Con strumenti di questo livello, tra cui rientra il comunissimo Newton da 114 mm di diametro (forse il telescopio più adatto per cominciare, e certamente il più diffuso al mondo) risultano visibili, in buone condizioni, un migliaio di formazioni lunari, le 2-3 formazioni principali di Marte oltre i poli, 5-6 bande su Giove e bene la macchia rossa (se visibile). Su Saturno la divisione di Cassini non è difficile, e un paio di bande si intravedono sul disco. Gli oggetti deboli raggiungibili vanno verso il migliaio, di cui molti con dettagli pregevoli. Alcuni, come la grande nebulosa di Orione, M13, le Plediadi, divengono emozionanti (la sigla "M" sta per Messier, vedi glossario).

Rifrattore da 100 mm o riflettore da 150, o catadiottrico da 130-150. Questi strumenti, già ottimi come prima scelta, permettono di vedere quasi ogni formazione lunare catalogata (alcune migliaia), molti particolari di Marte, Giove e Saturno. Per quanto riguarda i dettagli planetari, con strumenti di questo livello si incontrano raramente notti che permettano di sfruttare l'ottica al 100%. In altre parole sono rare le notti in cui l'aria è così tranquilla che lo strumento permetta di raggiungere i propri limiti reali, dettati dall'ottica. Grandi soddisfazioni, invece, dagli oggetti deep-sky. Sotto un cielo scuro molti ammassi globulari si risolvono almeno parzialmente, parecchie galassie mostrano strutture, braccia, bande scure. Gli oggetti più brillanti divengono spettacolari.

Rifrattore da 120-150 o riflettore o catadiottrico da 200-250. Se vi capita una notte veramente perfetta, con strumenti di questo tipo vi sembrerà di non avere limiti. Marte, Giove e Saturno paiono modellini sospesi nel vuoto, con stupende sfumature. Su Giove si vedranno oltre dieci bande, con vortici e cicloni. I satelliti galileiani possono essere visti come minutissimi dischetti e non più solo come punti. Su Saturno la divisione di Cassini sarà nettissima, e si intravederà quella di Encke, oltre a parecchie bande sul disco e le zone scure polari (sempre in buone condizioni, ovviamente).

Plutone, l'ultimo pianeta del sistema solare, diviene finalmente visibile, sia pure come un semplice puntino. Gli oggetti di cielo profondo visibili divengono parecchie migliaia, centinaia dei quali ricchi di dettaglio e molti addirittura mozzafiato. Purtroppo è raro trovare notti abbastanza scure (per gli oggetti deboli) o abbastanza calme (per i pianeti) che consentano di sfruttare al massimo questi strumenti.

Tutto quello che un telescopio può dare, comunque, soggiace a due restrizioni ferree.

La prima, ovviamente, è la **qualità del cielo**. Se l'aria è molto agitata (cattivo seeing) i dettagli fini sui pianeti o sulla Luna non saranno visibili con nessun telescopio, nemmeno con uno strumento professionale. Parallelamente, le osservazioni di oggetti deboli richiedono un cielo molto scuro. Che ci sia buon seeing aiuta, ma non è determinante. Molte persone, soprattutto chi vive in città, hanno perso del tutto l'idea di cosa sia un cielo veramente scuro e spesso rimangono a bocca aperta per cieli meno che mediocri. Cieli veramente neri si vedono oggi solo dall'alta montagna o dai deserti. In Italia ormai solo alcune sperdute località alpine o appenniniche, e l'interno di Sardegna e Sicilia offrono cieli molto buoni dal punto di vista della "scurezza".

Il secondo "freno" è l'**esperienza dell'osservatore**. Come ogni parte del corpo, l'occhio può essere allenato. Da questo punto di vista, però, la differenza tra osservazioni planetarie e di oggetti deboli diviene molto forte. Chi osserva anche per la prima volta vede senza eccessiva difficoltà le deboli galassie che gli vengono indicate dall'osservatore esperto. La stessa persona, però, distinguerà meno particolari su Marte o Saturno del suo mentore, e il suo pensiero sarà probabilmente "ma dove ci vede poli, bande e vortici su questa immaginetta?". Ancora una volta, è la pazienza ad essere determinante. Anche solo stare qualche minuto all'oculare, sfruttando magari qualche attimo di perfetta calma atmosferica, aumenta già i dettagli visibili con la prima, distratta occhiata.

## Capitolo II – Gli accessori

### Gli oculari

Abbiamo già accennato che la funzione di un oculare è mostrare all'osservatore, ingrandita, l'immagine che il telescopio forma al piano focale. Questo avviene perché qualsiasi oculare, per quanto complesso, alla fin fine non è altro che una sofisticata lente d'ingrandimento, con un suo piano focale, che si trova di solito a qualche millimetro dalla prima lente. L'immagine nell'oculare appare nitida quando, mediante la messa a fuoco, portiamo a coincidere il piano focale del telescopio con quello dell'oculare. In effetti l'oculare più semplice immaginabile è una lente singola, e così è stato per decenni dopo Galileo, anche se la qualità dell'immagine non sarebbe accettabile secondo gli standard moderni.

Nel corso di oltre tre secoli di evoluzione, sono stati sviluppati decine di schemi ottici per gli oculari, molti dei quali oggi caduti nell'oblio. Esamineremo tra breve i principali oggi disponibili. Ma cosa contraddistingue, in pratica, un tipo di oculare da un altro? Un parametro "meccanico", il **diametro del barilotto**, e poi lo **schema ottico**, ossia il numero e la disposizione delle lenti che costituiscono l'oculare. Lo schema ottico è responsabile delle caratteristiche ottiche principali dell'oculare, ovvero la **lunghezza focale** (da non confondere con quella del telescopio), la **definizione** e il **campo apparente**, di cui abbiamo già accennato.

Per il *diametro del barilotto* non c'è molto da dire. Esistono tre misure standard, 24,5 mm (oggi ormai poco usata), 31,8 e 50,8 mm. Molti telescopi di pregio hanno il focheggiatore in grado di accettare gli oculari da 50,8 mm, con un riduttore per quelli da 31,8.

La *lunghezza focale* dell'oculare, normalmente stampigliata all'esterno, è una misura di quanto ingrandisce l'oculare. Più è *corta*, più l'oculare ingrandisce. Un oculare preso da solo si comporta come una lente che ingrandisce "250 / focale in mm" volte. Quindi Un oculare da 25 mm, usato staccato dal telescopio, si comporta come una lente di ingrandimento da 10×, un 50 mm ingrandisce 5 volte, un 5 mm ingrandisce invece 50 volte.

La *definizione* determina se la qualità d'immagine è elevata su tutto il campo abbracciato (in tutti gli oculari la qualità è massima al centro). Questo fattore è però legato anche al telescopio, e in generale più uno strumento è luminoso (*f/7-f/6* o meno) e più l'oculare è di lunga focale, più difficile è avere una buona immagine su tutto il campo. Se in un telescopio ultraluminoso, al minimo ingrandimento, le stelle appaiono puntiformi al centro ma un po' a forma di boomerang ai bordi, la colpa può non essere dell'oculare, ma del telescopio (il quale magari è fatto a regola d'arte, ma esistono dei limiti intrinseci in qualsiasi schema ottico).

Resta infine il **campo apparente (CA)**, di cui abbiamo già detto, ovvero l'angolo sotteso dal cerchio luminoso che si vede in un oculare accostandolo all'occhio, in ambiente illuminato. Negli oculari semplici questo angolo è modesto (circa 30°) e pare di "guardare in un tubo". Oculari sofisticati (e, purtroppo, più costosi) offrono invece CA anche sino a 60° e oltre, e accostando l'occhio sembra di "caderci dentro".

Diamo ora una rapida scorsa ai tipi di oculari più diffusi, in ordine di qualità generale crescente:

Il più antico ancora diffuso è l'oculare di **Huygens** (si usa normalmente la sigla "H"), composto da due lenti. Limitato oggi a produzioni economiche, ha un modesto campo apparente (meno di 40°) e lavora bene solo con telescopi con *f/* superiore a 8. In caso contrario insorge un certo cromatismo

residuo. Ha però una buona definizione, soprattutto al centro, e una buona estrazione pupillare (circa metà della focale). Diffuse anche alcune varianti, la più nota delle quali è la **Huygens-Mittenzwey** (sigla HM), che ha una minore aberrazione sferica. E' l'unico oculare, tra quelli diffusi, il cui piano focale non sia facilmente accessibile, cadendo tra le due lenti.

Il **Ramdsen** (R) è anch'esso costituito da due lenti. Presenta meno aberrazioni dello Huygens, ha il piano focale esterno ed un campo apparente paragonabile (circa 35°). Ha di norma una modesta estrazione pupillare (circa un quarto della focale). Quasi tutti i cercatori, anche di telescopi di pregio, hanno un oculare Ramdsen.

Il **Kellner** (K) è un perfezionamento dei tipi precedenti, essendo la lente dell'occhio un doppietto acromatico. Ha un campo buono (40-45°) e poche aberrazioni. L'estrazione pupillare vale circa 0,45 volte la focale (o semplicemente 0,45, è sottinteso "della focale"). Suo parente stretto è l'**acromatico modificato** (MA). Sono oculari più che dignitosi, il cui unico limite rispetto agli schemi decisamente più costosi è il campo apparente non grande.

L'**ortoscopico** (OR) è un oculare a quattro lenti. In realtà il termine ortoscopico è un po' vago, e racchiude diversi schemi, il più noto dei quali è quello di Abbe (tripletto incollato come lente di campo e lente singola all'occhio). L'ottima definizione lo ha reso l'oculare "storico" per i pianeti, ma anche le lunghe focali si avvantaggiano del largo campo (fino a 50° circa) e della considerevole estrazione pupillare (circa 0,8). Caratteristiche simili, ma ottenute con sole tre lenti, per altri schemi simili, come l'**RKE**. Offrono un eccellente rapporto qualità / prezzo.

Anche il **Plöss** (P) ha quattro lenti, ma distribuite in due doppietti. Aumenta ancora il campo apparente dell'ortoscopico classico (fino a 55°), mantenendone tutte le altre buone caratteristiche. Varianti di questo schema sono il **König** (Kö) e parecchie altre, con nomi più o meno fantasiosi in base al produttore. In alcuni modelli una quinta lente centrale di potere molto basso, o la lavorazione asferica di una superficie mantiene il campo estremamente corretto anche con telescopi a f/ molto aperto, garantendo una definizione ottima.

L'**Erfle** (Er), molto costoso, è costituito da 5 o 6 lenti ed è il più evoluto oculare che si possa considerare ancora "classico"; vanta un'ottima correzione contro tutte le aberrazioni, un campo entusiasmante (60-70°) e una raggardevole estrazione pupillare (0,75). E' in genere disponibile solo in focali lunghe.

Oltre a questi schemi moltissimi altri sono offerti sul mercato, con nomi legati per lo più a specifici produttori; ma andiamo a prodotti sofisticati e costosi, adatti a chi ha ormai una solida esperienza osservativa.

Ogni osservatore dovrebbe possedere almeno tre oculari. Uno in grado di fornire un ingrandimento vicino al minimo del telescopio (pupilla d'uscita da 5-6 mm) e col più grande campo apparente possibile. Uno che fornisca un ingrandimento elevato, attorno a una volta e mezza il diametro dello strumento in millimetri (se riflettore) o due volte (se rifrattore), ed uno che fornisca un ingrandimento intermedio. Nel completare la vostra dotazione di oculari tenete presente che:

1. Del grande campo apparente si avvantaggiano soprattutto gli oculari a lunga focale. Un 10 mm (oculare "corto") verrà utilizzato quasi esclusivamente per osservazioni di soggetti molto piccoli, come i pianeti, stelle doppie, o nebulose di dimensioni molto contenute. In questo caso il campo apparente non è "vitale", è sufficiente una buona definizione al centro; gli acromatici modificati o, meglio, gli ortoscopici, rappresentano un buon compromesso in questo senso.

2. Gli schemi più sofisticati e costosi si adattano in genere meglio ad obiettivi luminosi (f/8 o meno), ma sono una scelta obbligata se si vogliono bassi ingrandimenti con strumenti luminosi.
3. Anche se esistono gli adattatori per utilizzare oculari di diametro diverso da quello del focheggiatore, tenete presente che se la lente di campo ha un diametro maggiore di quello del focheggiatore stesso, inevitabilmente si avrà un oscuramento del bordo del campo (vignettatura). Gli oculari da 50.8 sono "così grossi" non per farvi spendere di più, ma perché, soprattutto nelle focali lunghe, *sono necessarie* lenti di campo di notevoli dimensioni. Inoltre non ha senso usare oculari "mostruosi" su telescopi di fascia bassa.

## Accessori ottici

Vediamo una carrellata dei più comuni accessori ottici, che possono essere forniti di serie col telescopio, o acquistati separatamente.

Ogni telescopio degno di questo nome - diciamo a partire dai 50-60 mm di diametro - è fornito di un **cannocchiale cercatore**, o più brevemente cercatore. Come suggerisce il nome, esso è un piccolissimo telescopio che, grazie all'ingrandimento molto modesto, fornisce un campo di vista "grande" (normalmente da 4° a 7°), facilitando la ricerca di ciò che si vuole puntare con lo strumento principale. Quanto si vede nel cercatore, infatti, è ancora riconducibile a ciò che si osserva ad occhio nudo. Il cercatore è di solito montato vicino al portaoculari dello strumento principale, su un supporto fornito di viti di regolazione che consentono di rendere i due assi ottici paralleli, cioè di far sì che il cercatore e il telescopio puntino esattamente nella stessa direzione. La *collimazione* del cercatore è una operazione essenziale per l'uso del telescopio, e la descriveremmo nel prossimo capitolo. I cercatori - come i binocoli - sono identificati da una sigla, composta da due numeri, come 5×24, 6×30 o 8×40. Il primo numero indica l'ingrandimento, mentre il secondo il diametro dell'obiettivo (in millimetri). Il cercatore, ovviamente, va proporzionato allo strumento principale. Un 6×30 sarà adatto sino a telescopi da 150 mm di diametro, un 40-50 mm è l'ideale per strumenti maggiori.

Come anche il telescopio, i cercatori forniscono immagini rovesciate, tranne quelli dotati di prisma a 90° (detti zenitali, in quanto facilitano l'osservazione di oggetti molto alti sull'orizzonte), che rovesciano solo destra-sinistra. A nostro avviso sono di gran lunga preferibili quelli "diretti" che quelli a prisma. Oltre ad essere più economici presentano due importanti vantaggi.

In primo luogo sono più "intuitivi"; il primo puntamento si effettua con un semplice allineamento ad occhio. Inoltre il fatto che rovescino completamente l'immagine permette di utilizzare le cartine semplicemente rovesciandole, mentre col prisma a 90° bisognerebbe guardarle in trasparenza per poterle confrontare con quanto si vede nello strumento. Unico svantaggio, richiedono a volte di assumere delle posizioni da contorsionista.

In questi ultimi anni hanno preso piede i **cercatori "star dot"**, costituiti da una semplice lastrina di vetro semitrasparente, in cui traguardare un puntino luminoso generato da un minuscolo LED. Non avendo ottica, non mostrano stelle più deboli di quelle già visibili ad occhio nudo, ma hanno il grande vantaggio di risultare molto "naturali" nell'uso. Richiedono di impiegare l'oculare ad ingrandimento più basso sul telescopio per confrontare quanto si vede con una cartina dettagliata e con la visione ad occhio nudo. Sono meno adatti di quelli "ottici" quando il cielo è mediocre, e quindi ad occhio nudo non si vedono molte stelle.

Alcuni telescopi adottano **cercatori "reflex"**, così chiamati in quanto un piccolo specchio piano, comandato da una levetta a scatto, permette di deviare parte del fascio luminoso del telescopio principale nel cercatore, che sporge come un "tubicino" dal telescopio primario, inclinato di un curioso angolo di circa 30°. Non incontrano molto favore, in quanto la loro ottica, normalmente modesta, non è sostituibile senza tribolare. Hanno però il non disprezzabile pregio di non perdere l'allineamento con lo strumento principale.

Un altro accessorio comunemente fornito è la **lente di Barlow**, un dispositivo che di inserisce nel fochegettatore e in cui si inserisce l'oculare. E' un doppietto (o, nelle più sofisticate, un tripletto) negativo, ossia che fa divergere i raggi luminosi. Il suo scopo è quello di allungare, normalmente raddoppiandola, la focale del telescopio, consentendo quindi di raggiungere forti ingrandimenti con oculari relativamente "lunghi", con più comoda estrazione pupillare. Molto utile, soprattutto durante la stagione fredda (per evitare l'appannamento della lente dell'occhio usando oculari molto corti). Una curiosità: l'aumento di focale indotto dalla Barlow dipende dalla distanza tra la lente stessa e

l'oculare (principio sfruttato nelle barlow zoom, in cui la lente è mobile nel barilotto); perciò, inserire nell'ordine Barlow-prisma-oculare fornisce un ingrandimento leggermente superiore alla disposizione prisma-Barlow-oculare.

Alcuni telescopi vengono poi forniti con un **filtro lunare**, un semplice dischettino di vetro scuro, a facce piane e parallele, montato in una ghiera che consente di avvitarlo agli oculari, mediante un'apposita filettatura ricavata nel barilotto degli oculari stessi (filettatura che, fortunatamente, è la stessa per quasi tutti i produttori). E' un semplice attenuatore di luce, grigio o verde, che assorbe circa il 90% della luce e che permette di osservare la Luna senza restarne abbagliati. Il nostro satellite, infatti, specie verso la fase di luna piena, arriva a dare un po' fastidio per l'eccessiva brillantezza, specialmente con strumenti oltre i 150 mm di diametro.

Simile al filtro lunare come aspetto e costi, ma enormemente più scuro (trasmette circa un decimillesimo della luce) è il **filtro solare (da oculare)**, il cui uso va *tassativamente* limitato a strumenti da 70 mm al massimo e con rapporti f/ preferibilmente alti (12 o più). Ovviamente uno strumento più grande può essere diaframmato facilmente con una maschera ottenuta ritagliando un comune cartoncino nero. Molti strumenti hanno un foro predisposto per queste osservazioni nel tappo, di diametro opportuno, chiuso da un tappino più piccolo. Se invece ci si fabbrica la maschera per un riflettore, si farà il foro eccentrico in modo che il fascio luminoso entrante eviti il secondario e/o i suoi supporti. Principale inconveniente dei filtri di questo tipo è la possibilità che si rompano per il calore, con conseguente rischio (anche piuttosto grave) per l'osservatore.

Il sistema migliore per osservare il Sole è il **filtro solare da obiettivo**, realizzato con una lastra di vetro o di uno speciale materiale plastico, altamente riflettente, in modo da riflettere la quasi totalità della luce incidente (a vederlo sembra uno specchio). La lastra è montata su un tappo che si adatta davanti allo strumento. Un filtro di questo genere può essere a piena apertura, o presentare una "finestra" in un tappo che si adatti allo strumento. Sono assolutamente sicuri, inalterabili, e adatti sia a riprese fotografiche che all'osservazione visuale.

Alcuni strumenti (solo piccoli rifrattori) sono dotati di **schermo solare** una semplice lastrina metallica che si monta mediante un braccetto a 30-40 cm dall'oculare, e che permette di osservare un'immagine del Sole fortemente ingrandita, anche a più persone nello stesso momento.

A titolo di curiosità citiamo anche il **prisma di Herschel**, un prisma deviatore a 90° che riflette solo dall' 1% al 10% circa della luce, che va usato accoppiato ad un filtro da oculare. E' la soluzione idale per i rifrattori, mentre non risolve il problema del surriscaldamento del secondario per i riflettori, in quanto l'obiettivo lavora sempre a piena apertura e senza alcun elemento filtrante. Molto diffuso nei decenni passati, il prisma di Herscel tende a scomparire, soppiantato dai filtri da obiettivo.

Sempre da avvitare all'oculare esistono i **filtri colorati**, che assorbono dal 3% al 97% della luce incidente, a seconda del colore e/o della densità; i modelli disponibili spaziano dal viola scuro all'azzurro, passando per i più classici verde, giallo, rosso, in varie sfumature. Utili quasi esclusivamente per le osservazioni planetarie, permettono di aumentare leggermente il contrasto di alcuni dettagli, come i vortici nelle bande di Giove, la macchia rossa, o le calotte polari di Marte. I più generali sono i classici giallo, verde e rosso chiaro.

Non possiamo non citare i **filtri nebulari**, o più correttamente **filtri interferenziali**. Sono filtri sofisticati, costituiti da decine di sottilissimi strati metallici, che lasciano passare (o riflettono) solo specifiche lunghezze d'onda, aumentando molto (a volte in maniera impressionante) il contrasto delle nebulose contro il fondo del cielo. Destinati a chi ha un po' di esperienza.

Per osservazioni terrestri, in cui è ovviamente più comodo avere la visione diritta che non quella rovesciata offerta dal telescopio, si può acquistare un **prisma raddrizzatore**, o prisma di Porro, così chiamato dall'ottico italiano che lo ideò. E' un dispositivo che, come la lente di Barlow, si adatta al focheggiatore ed accoglie l'oculare. Non ha alcuna utilità astronomica, ma trasforma rifrattori e catadiottrici in potenti strumenti per l'osservazione terrestre. Alcuni telescopi non hanno una corsa di messa a fuoco sufficiente per utilizzare il prisma di Porro, che necessita di almeno 10 cm di arretramento del piano focale. Se lo acquistate per uno di questi strumenti, accertatevi che il fuoco sia raggiungibile anche per soggetti lontani.

Citiamo infine il **riduttore di focale**. È un dispositivo ottico che riduce, normalmente dimezzandola, la focale di uno strumento, con conseguente raddoppiare del campo inquadrato. Pochi telescopi possono utilizzarli per limitazioni dovute allo schema ottico, e spesso solo a scapito della qualità dell'immagine visuale. Molto utili invece in fotografia.

## Altri accessori

Vediamo adesso altri accessori, che non contribuiscono direttamente al formarsi dell'immagine, ma possono arricchire la dotazione del vostro strumento.

Per accostarsi alla fotografia astronomica, il mezzo più semplice è la fotografia in parallelo, realizzabile mediante un sostegno che consenta di montare la macchina fotografica - con la sua ottica - rigidamente collegata al tubo ottico dello strumento principale. Per farlo si usa il **sostegno piggy-back**, termine anglosassone intraducibile, ma che indica una staffa opportunamente sagomata, con una vite di passo opportuno per bloccare il corpo macchina. Qualsiasi macchina che abbia la posa "B", cioè la possibilità di tenere aperto l'otturatore quanto si vuole, è adatta allo scopo; ne ripareremo riguardo la fotografia astronomica.

Per altri tipi di riprese occorrono **adattatori per la macchina fotografica**, che permettono o meno di inserire un oculare tra il telescopio e la macchina fotografica. Ne ripareremo nel capitolo sulla fotografia astronomica.

Per le montature equatoriali la procedura di stazionamento - ossia rendere parallelo l'asse polare a quello di rotazione della Terra - è tanto "vitale" quanto ostica, almeno le prime volte. Descriveremo più oltre diversi metodi per stazionare lo strumento, ma non possiamo non accennare al **cannocchiale polare**, accessorio disponibile su molte montature tedesche, e di serie su alcune. E' un piccolo strumento, generalmente un 5×20 con 6° di campo, che si trova, fisso, all'interno dell'asse polare della montatura, che ovviamente è cavo e dotato di un'apertura verso il polo, mentre l'oculare sporge verso il basso. Il principio di funzionamento è molto semplice. Guardandoci dentro si vedono alcuni riferimenti incisi, che - muovendo la montatura - vanno sovrapposti a stelle visibili quando si guarda verso il polo. Compiuta questa operazione, la montatura è già stazionata. Non ci dilungheremo sul loro uso, dettagliatamente descritto nelle istruzioni di ciascun strumento. Ci limitiamo a ricordare che tra gli accessori, il cannocchiale polare è senza dubbio uno dei più utili.

Ultimo accessorio che può ritenersi di uso generale è il **focheggiatore elettrico**, disponibile solo per telescopi di una certa levatura. Come suggerisce il nome, è un motorino elettrico che agisce sul dispositivo di messa a fuoco, lasciando di solito la possibilità di regolare il fuoco anche manualmente. Principale vantaggio - soprattutto per uso fotografico o col CCD, o ad ingrandimenti molto sostenuti - è che focheggiando senza toccare lo strumento si evitano anche le più piccole vibrazioni. Di solito è comandato da una piccola pulsantiera che racchiude la batteria, o da un cavetto che si collega al pannello di controllo degli strumenti dotati di computer interno.

Un discorso a parte merita il **moto orario**, ossia il motorino atto a controbilanciare la rotazione della Terra per mantenere puntato il telescopio su ciò che interessa. Esso, fornito di serie con quasi tutti gli strumenti di pregio, è applicabile perlomeno come optional a quasi tutte le montature equatoriali. Il suo uso è realmente necessario solo se si vogliono eseguire fotografie al fuoco diretto, ma è indubbiamente comodo in ogni tipo di osservazione. *Questo motorino può assolvere al proprio compito solo se la montatura è stazionata*, e questo è un errore comunissimo! Quante volte si sentono lamentele tipo "il motore gira, ma il telescopio non insegue" per poi scoprire che l'asse polare punta chissà dove invece che verso il polo celeste!

Se siete seriamente intenzionati a fotografare, accertatevi che il vostro telescopio includa o possa montare un moto orario. Non è essenziale, invece, se intendete solo osservare visualmente. A completamento del moto orario, si può montare anche il **motore in declinazione**, che rende controllabile mediante pulsantiera anche il secondo moto del telescopio.

Il vostro telescopio, correddato magari di un altro oculare o due, è ovviamente la parte fondamentale della vostra attrezzatura da astrofili. Altrettanto importante, però, è **un atlante celeste**. Uno perfetto per usarsi con i piccoli telescopi è lo *Sky Atlas 2000*, di Wil Tirion. In 26 tavole di grande formato presenta tutto il cielo. Dettagliate quanto basta, le tavole sono ancora "leggibili" con un colpo d'occhio (per esempio, il grande carro sta su una tavola sola). Questo atlante riporta circa 43,000 stelle, più o meno tutte quelle visibili col cercatore in una notte scura. Oltre all'atlante vi consigliamo una "**guida al cielo**" (ve ne sono parecchie) che vi dia informazioni su cosa potete osservare col vostro telescopio. Ciò vi eviterà di spendere un'ora per cercare una galassia troppo debole per essere visibile. Per sapere dove sono i pianeti, invece, vi basta una copia di una rivista di astronomia (in Italia ne vengono pubblicate diverse, reperibili in edicola). Lì, mese per mese, viene descritto dove si trovano i pianeti, ed i fenomeni interessanti da seguire o fotografare.

## Capitolo III. Uso del telescopio

*Leggete tutto questo paragrafo prima di cominciare ad osservare!*

NOTA IMPORTANTE: NON PUNTATE MAI IL TELESCOPIO DIRETTAMENTE VERSO IL SOLE (O PRESSO DI ESSO), NE' PROVATE AD OSSERVARE IL SOLE CON IL TELESCOPIO O CON IL CERCATORE, SENZA UTILIZZARE FILTRI SPECIFICI.

**L'INOSERVANZA DI QUESTO AVVERTIMENTO PUÒ'  
PROVOCARE DANNI ANCHE GRAVISSIMI,  
IMMEDIATI ED IRREVERSIBILI AI VOSTRI OCCHI.**

IL TELESCOPIO CONCENTRA ANCHE I RAGGI INFRAROSSI (CHE PORTANO CALORE), NON SOLO LA LUCE. INOLTRE I DANNI OCULARI DA ABBAGLIAMENTO ESTREMO NON SONO DOLOROSI, E PERCIÓ ANCORA PIÙ "SUBDOLI". SPESSO CHI SUBISCE TRAUMI DI QUESTO TIPO SE NE ACCORGE SOLO DOPO ORE, QUANDO IL DANNO È ORMAI PERMANENTE. NON LASCIATE IL TELESCOPIO SENZA SORVEGLIANZA DI GIORNO CON BAMBINI PRESENTI SENZA LA SUPERVISIONE DI UN ADULTO. PUNTARE IL TELESCOPIO SUL SOLE SENZA USARE UN FILTRO È PERICOLOSO ANCHE SENZA "GUARDARCI DENTRO". LA LUCE DEL SOLE CONCENTRATA DAL TELESCOPIO PUÓ PRODURRE SCOTTATURE ALLA PELLE, ANCHE SERIE, E DANNEGGIARE L'OTTICA DEL TELESCOPIO.

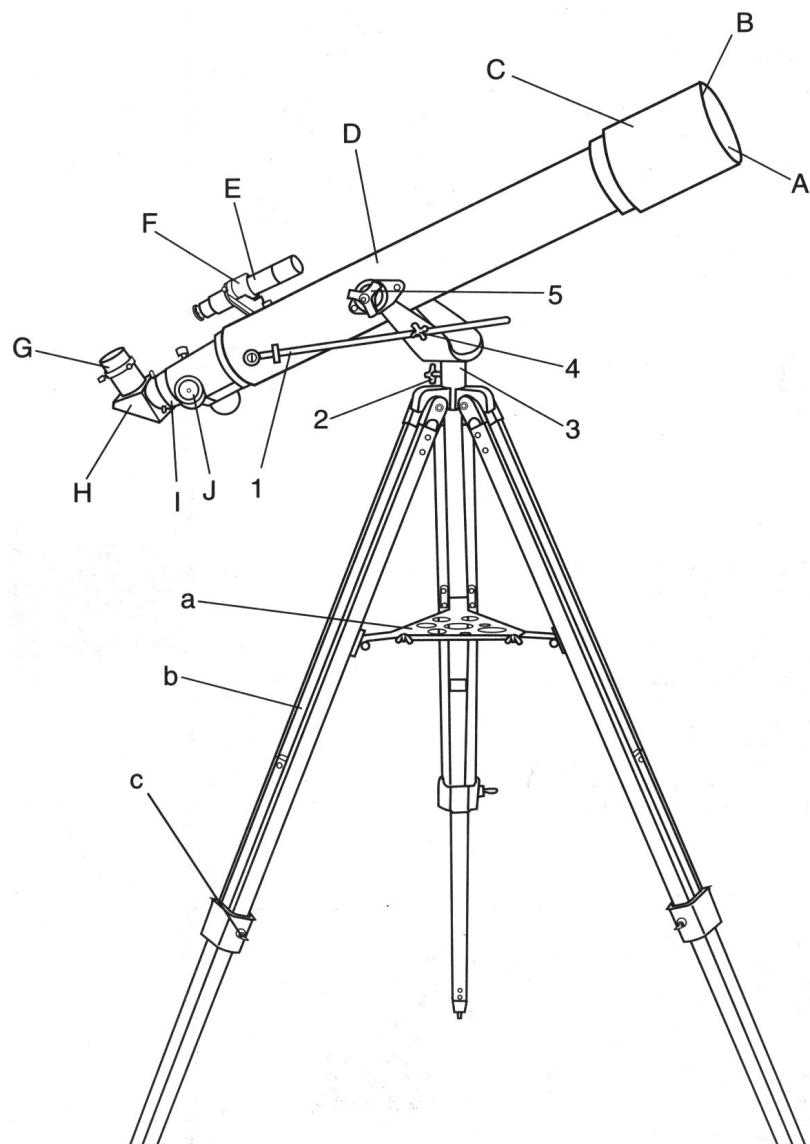
**SOLO IL SOLE È PERICOLOSO. L'ABBAGLIAMENTO INDOTTO DALLA LUNA È INNOCUO.**

**IN NESSUN CASO IL PRODOTTORE, IL RIVENDITORE O L'IMPORTATORE POSSONO ESSERE RITENUTI RESPONSABILI PER DANNI A PERSONE O COSE DOVUTE AD UN USO IMPROPRI DEL TELESCOPIO.**

### Prima di osservare: regolazioni essenziali

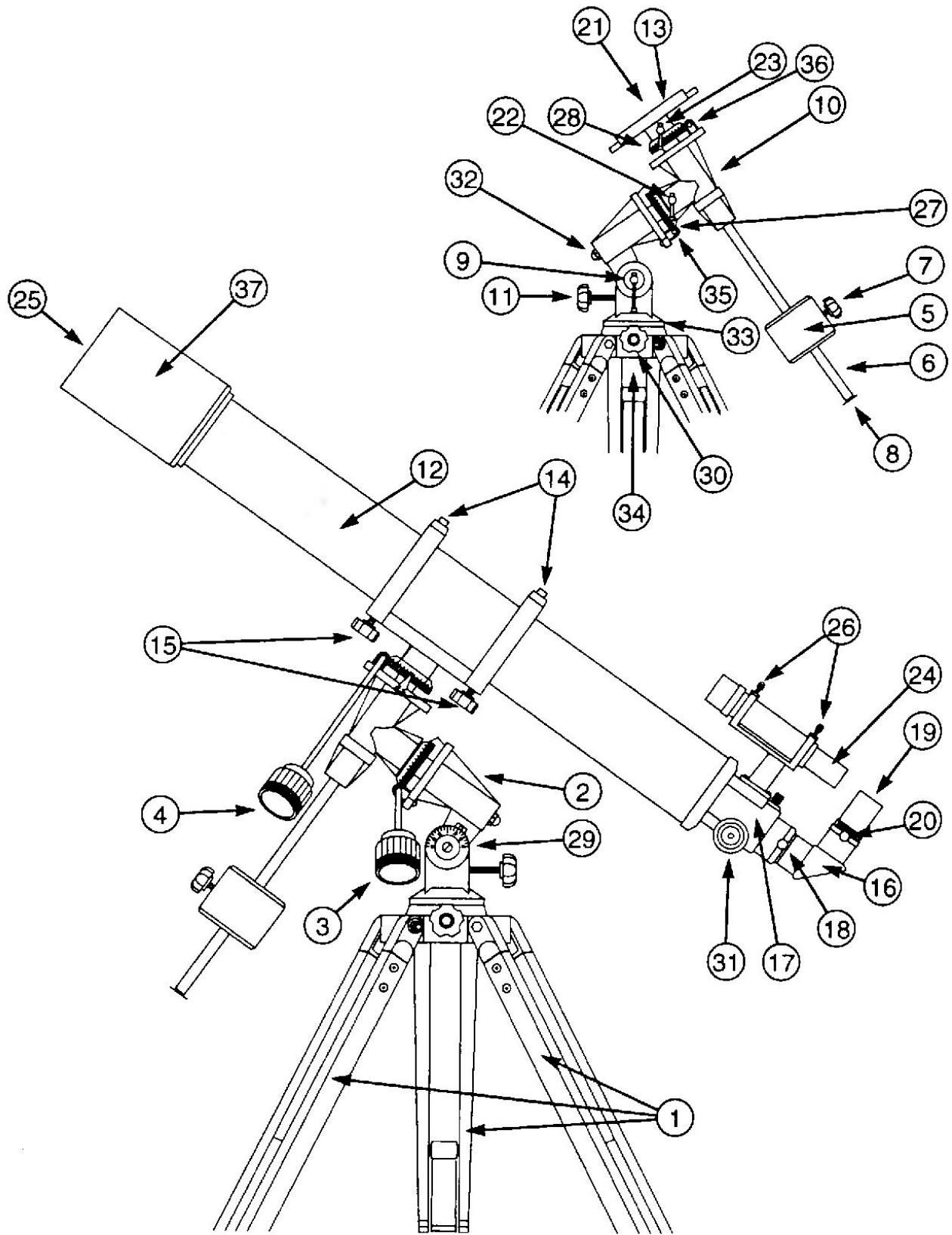
Per imparare ad utilizzare il telescopio è necessario familiarizzare con le sue varie parti. Qui di seguito riportiamo due schemi "generici" di telescopi, uno con montatura altazimutale ed uno con montatura equatoriale. Il vostro telescopio potrà apparire un po' diverso nei dettagli o avere un tubo ottico differente, ma l'importante è riconoscere le varie parti. Non riporteremo qui istruzioni specifiche di montaggio, che sono fornite con ogni strumento.

Per il vostro primo uso del telescopio vi consigliamo di riservarvi almeno un paio d'ore, di giorno. Potete anche stare all'interno di casa, purché possiate osservare da una finestra un soggetto lontano almeno qualche centinaio di metri. La finestra deve però essere aperta, altrimenti la qualità dell'immagine subirà un degrado evidente.



- A) Tappo antipolvere (non mostrato)
- B) Obiettivo (circa 10 cm dentro)
- C) Paraluce anticondensa
- D) Tubo ottico
- E) Cercatore
- F) Sostegno del cercatore
- G) Oculare
- H) Diagonale a 90°
- I) Tubo scorrevole focheggiatore
- J) Manopole di regolazione focheggiatore

- 1) Regolazione fine in altezza
- 2) Fermo del moto in azimut (destra-sinistra)
- 3) Supporto del tubo ottico (la forma a giogo consente di puntare il telescopio in alto)
- 4) Fermo del moto in altezza
- 5) Vite fissaggio del tubo alla montatura
- a) Portaccessori
- b) Gamba del teppiede
- c) Fermo allungamento gamba



- 1) Gambe del treppiede
- 2) Montatura equatoriale
- 3) Controllo flessibile di A.R.
- 4) Controllo flessibile di DEC.
- 5) Contrappeso

- 6) Asse di DEC. (ci scorre il contrappeso)
- 7) Vite di Fermo scorrimento contrappeso
- 8) Fermo di sicurezza contrappeso
- 9) Fermo regolazione latitudine

- |  |  |
|--|--|
| 10) Asse polare (asse di A.R.). La freccia ne indica anche la direzione. | 25) Tappo antipolvere frontale (all'interno)   |
| 11) Manopola per regolazione latitudine                                  | 26) Viti di collimazione cercatore   |
| 12) Tubo ottico del telescopio   | 27) Cerchio di A.R.  |
| 13) Culla portatubo  | 28) Cerchio di DEC.  |
| 14) Anelli collegamento tubo-culla                                       | 29) Scala di latitudine  |
| 15) Viti di fermo anelli-culla   | 30) Fermo in azimut della montatura  |
| 16) Deviatore a 90°  | 31) Manopole di messa a fuoco  |
| 17) Focheggiatore  | 32) Dado blocco asse polare. Qui si trova l'oculare del cannocchiale polare, se il telescopio ne è provvisto |
| 18) Vite di fermo del focheeggiatore                                     | 33) Base montatura (rotazione in azimut)   |
| 19) Oculare  | 34) Dado che blocca la montatura al treppiede. Attorno al suo asse avviene il moto in azimut della montatura |
| 20) Vite di fermo del diagonale  | 35) Sistema vite-corona del moto di A.R.   |
| 21) Asse di declinazione. La freccia ne indica anche la direzione.       | 36) Sistema vite-corona del moto di DEC.   |
| 22) Fermo di A.R.  | 37) Paraluce anticondensa  |
| 23) Fermo di DEC.  |  |
| 24) Cercatore  |  |

Se utilizzate un telescopio altazimutale, passate direttamente al paragrafo "uso del cercatore" qui sotto.

Se invece il vostro telescopio ha una **montatura equatoriale, va bilanciato** su entrambi gli assi (A.R. e DEC.), per consentire alla montatura di lavorare correttamente. Un telescopio sbilanciato risulta difficile da puntare, e gli oggetti celesti possono facilmente "sfuggire" una volta trovati. Inoltre il moto orario, se montato, non lavora correttamente.

Per bilanciare lo strumento:

1. Inclinate l'asse polare di un angolo pari alla vostra latitudine (questo non è esenziale per le osservazioni terrestri, ma serve in quelle astronomiche). Potete usare un angolo di poco meno di 45° per tutta l'Italia, come prima approssimazione.
2. Sbloccate il fermo in declinazione (23) e quello di A.R. (22).
3. Ruotate il telescopio attorno ad *entrambi gli assi* in modo che sia il tubo che l'asse di declinazione (12 e 6) siano *paralleli al suolo*.
4. Spostate il contrappeso lungo l'asse di declinazione fino a che il telescopio non risulta bilanciato attorno all'asse polare (l'asse di A.R.). Deve rimanere fermo anche col fermo aperto, in qualsiasi posizione lo poniate. Bloccate il contrappeso ed accertatevi che la rondella di sicurezza (8), se presente, sia saldamente fissata.
5. Allentate leggermente gli anelli (14) mediante le viti (15) quanto basta per permettere al tubo di muoversi lungo il proprio asse avanti e indietro.
6. Spostate leggermente il tubo avanti e indietro sinché non risulta bilanciato sull'asse di declinazione. Riserrate la culla. Con un pennarello potete segnare sul tubo e sull'asse la posizione corretta delle fasce e del peso. Ciò sarà utile se il telescopio viene frequentemente trasportato o smontato.
7. Se il telescopio è correttamente bilanciato, deve restare puntato in qualsiasi posizione lo si ponga. anche con i fermi di A.R e DEC. "aperti". Se si aggiungono accessori pesanti, come grossi cercatori, o telescopi guida, o macchine fotografiche, occorrerà ripetere l'operazione di bilanciamento. Non occorre invece bilanciare se si cambia oculare, o se si mette o toglie il prisma deviatore a 90°.

Veniamo poi **all'uso del cercatore**. Il cercatore, se non è del tipo Star dot (detto anche "a punto rosso") è stato di norma messo a fuoco in fabbrica all'infinito, e inverte le immagini come il telescopio. Se ritenete necessario cambiare la messa a fuoco, smontate il cercatore dal telescopio per maggiore comodità e poi agite sul suo oculare (se ruota) oppure, se il fuoco si regola da suo obiettivo, seguite questa procedura:

1. Smollate la ghiera di ritenuta dell'obiettivo del cercatore.
2. Ruotate l'intera cella portaobiettivo del cercatore sino a che il fuoco non è soddisfacente. Di norma 2 o 3 rotazioni della cella portaobiettivo provocano una netta variazione del fuoco.
3. Riserrate infine la ghiera e rimontate il cercatore sul telescopio

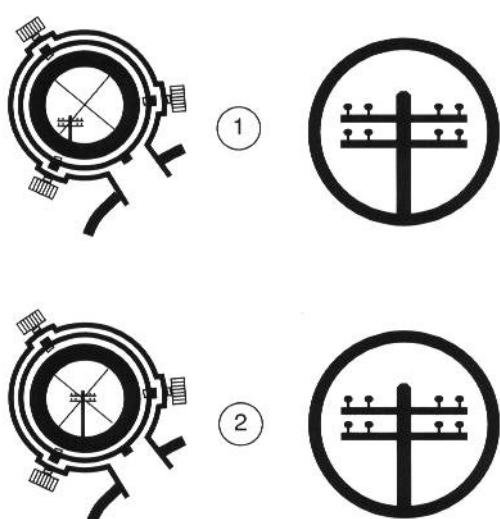
Puntate il telescopio più o meno a caso verso un qualsiasi soggetto lontano, usando l'oculare di maggior focale tra quelli di cui disponete. Familiarizzate con la messa a fuoco del telescopio. In alcuni catadiottrici occorrono molti giri del manettino per vedere cambiare l'immagine in maniera evidente (anche 30-40 giri da un estremo di corsa all'altro). E' possibile, specie ad alti ingrandimenti, notare che le immagini si spostino leggermente, fischeggiando. Ciò è normale, ed è dovuto a microscopiche "derive" del sistema ottico. Non è un difetto del telescopio.

Assicuratevi che siano ben strette le viti che serrano il supporto del cercatore al tubo dello strumento principale. E' veramente seccante regolare il cercatore dieci volte prima di accorgersi che è il suo supporto ad essere lasco.

Poi, dopo aver inserito sul telescopio l'oculare che fornisce il minimo ingrandimento, scorrete il panorama sino a trovare un qualsiasi elemento facilmente riconoscibile (un angolo di un edificio, un comignolo, ecc.) che disti ameno 200-300 metri. A questo punto passate ad un ingrandimento più alto, se possibile, e centrate bene il particolare, serrando bene i fermi della montatura. Poi, mediante le 3 o 6 viti di regolazione che si trovano sul supporto del cercatore, portate al centro del crocicchio lo stesso particolare che avete inquadrato nel telescopio principale. Accertatevi, mentre lo fate, che il telescopio non si sposti. Questa operazione, resa un po' innaturale dall'immagine rovesciata, richiederà qualche minuto, almeno le prime volte, ma raccomandiamo di porvi particolare cura. Un cercatore ben collimato, anche se a soli 6x, può portarvi con precisione sul "bersaglio" anche se il telescopio lavora a 150-200x.

Potendo - quasi tutti i cercatori lo consentono, ruotando l'oculare o tutto il corpo - rendete i bracci del crocicchio paralleli ai moti del telescopio. Lo si effettua facilmente muovendo lentamente avanti indietro un moto della montatura, e ruotando il cercatore sino a che un dettaglio dell'immagine che

state guardando non scorra lungo un braccio del crocicchio come se fosse su un binario. Questo accorgimento può facilitarvi durante le osservazioni per rintracciare il soggetto desiderato. Con un minimo di allenamento, infatti, riconoscerete subito su quale moto agire - e in che direzione - per portare ciò che vi interessa al centro del campo.



In figura vediamo il "prima e dopo" (1 e 2) la collimazione. Visione nel telescopio (a destra) e nel cercatore (a sinistra). Il campo abbracciato da un cercatore a lenti, in genere, ha un diametro angolare di circa 5 volte quello del telescopio usato con l'oculare di serie più lungo.

## Osservazioni diurne

L'uso del telescopio per osservazioni terrestri è quindi semplice. Per muovere il telescopio aprite i fermi dei moti di A.R. e DEC., puntate il tubo come se fosse un cannone e poi serrate i fermi. Poi, avvalendovi del cercatore e delle manopole per i moti fini (o i motori elettrici, se disponibili) puntate con precisione nel cercatore e poi guardate nell'oculare. Mettete a fuoco; tutto qui!

Anche se usate un telescopio "piccolo" per osservare il panorama, esso sarà probabilmente ben più potente di altri strumenti (per esempio binocoli) che possiate aver già utilizzato per osservazioni analoghe. Quindi, quando guardate una casa lontana, o un campanile, vedrete ben più dettagli di quanti ve ne dia un binocolo. D'altro canto, però, oltre ad un campo di vista modesto, potrete anche vedere l'immagine "disturbata" da effetti tipo fata Morgana (come quando si guarda attraverso una colonna di aria calda; le immagini paiono "bollire"). Questi effetti possono variare da "quasi impercettibili" a "molto fastidiosi", a seconda delle condizioni. E' *del tutto normale* che un telescopio ne soffra e magari un binocolo no, per il semplice fatto che il binocolo non ingrandisce abbastanza per mettere in rilievo questa turbolenza.

**Di giorno, ricordate di non puntare il Sole o vicino ad esso per nessun motivo senza un filtro opportuno!**

## Osservare il Sole

**Sottolineiamo ancora una volta che il Sole va osservato solo con un filtro specifico per astronomia. Evitate assolutamente, in questo campo, il fai-da-te. Filtri improvvisati come pellicole radiografiche, possono lasciar passare la radiazione infrarossa, estremamente pericolosa quando concentrata dal telescopio.**

Avendo ben chiaro in mente l'avviso qui sopra, vediamo brevemente come osservare il Sole.

1. Prima di montare il filtro solare mettete a fuoco il telescopio su un soggetto lontano del panorama, utilizzando l'oculare ad ingrandimento più basso di cui disponete.
2. MONTATE IL FILTRO SOLARE. Se utilizzate il filtro da oculare è tassativo diaframmare lo strumento a 60-70 mm di apertura al massimo, costruendo eventualmente un diaframma in cartoncino da anteporre all'obiettivo.
3. Se non avete un filtro anche per il cercatore, lasciate il cercatore tappato, o meglio ancora rimuovete il cercatore.
4. Puntate il telescopio osservandone l'ombra. Quando l'ombra del tubo è un cerchio, il telescopio punta il Sole. Eventualmente "spazzolate" la zona di cielo guardando nel telescopio (le prime volte può essere comodo farsi aiutare da un amico.)

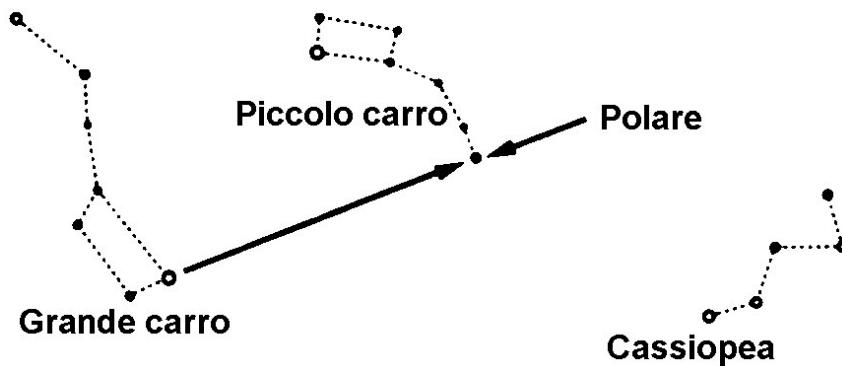
Sul Sole osserverete le macchie (zone scure), occasionalmente dei filamenti più chiari, ed eccezionalmente la granulazione fotosferica. Osservare per più giorni e fare uno schizzo delle macchie vi consentirà di evidenziare la rotazione del Sole.

## Stazionamento polare

*Se il vostro telescopio ha una montatura altazimutale, saltate questa sezione.*

Le stelle sembrano ruotare attorno al polo celeste. In realtà, gli oggetti celesti sono praticamente fissi, ed il loro moto apparente è causato dalla rotazione della Terra attorno al proprio asse. Ogni 24 ore, le stelle compiono una rotazione completa attorno al polo, descrivendo cerchi concentrici con il polo al centro. Allineando l'asse polare del telescopio con il polo celeste nord (oppure, per gli osservatori abitanti nell'emisfero terrestre sud, con il polo sud celeste), è possibile inseguire gli oggetti celesti ruotando un solo asse del telescopio, l'asse polare, col vantaggio di poter affidare questo movimento ad un motorino elettrico. L'operazione di rendere parallelo l'asse polare del telescopio a quello di rotazione della Terra è detta "stazionamento", o "allineamento al polo".

Se il telescopio è allineato ragionevolmente bene con il polo, non saranno necessarie che piccole correzioni con il moto micrometrico in declinazione, durante l'osservazione di un certo soggetto; ovviamente, se non disponete del moto orario elettrico, dovrete "inseguire" a mano col moto di A.R. Virtualmente tutto il movimento del telescopio sarà in ascensione retta (se il telescopio è stato allineato perfettamente con il polo, non sarà necessario effettuare nessuna correzione in declinazione). Per effettuare osservazioni visuali casuali, l'allineamento dell'asse polare del telescopio entro uno o due gradi dal polo è più che sufficiente: con questa precisione di allineamento, ruotare la manopola del moto di A.R. (indicato con 3 nella figura relativa al telescopio equatoriale) manterrà gli oggetti celesti nel campo dello strumento per circa 20-30 minuti prima di dovere correggere in declinazione.



Iniziate ad allineare il telescopio nel momento in cui potete vedere la Stella polare. La ricerca della polare è semplice. La maggior parte delle persone conosce il Grande Carro (od Orsa Maggiore). Il Grande Carro ha due stelle che

indicano verso la polare (vedi figura). Una volta trovata la polare, è immediato ottenere un allineamento polare grossolano.

Se il vostro telescopio è fornito di cannocchiale polare, seguite le istruzioni fornite col cannocchiale polare. Se invece il vostro strumento non ha il cannocchiale polare, per allineare il vostro telescopio con il polo seguite queste istruzioni:

1. Allentate i fermi che consentono il moto in azimut (33, sempre nella figura relativa al telescopio equatoriale) e la regolazione dell'inclinazione dell'asse polare (30) in modo da potere puntare l'asse polare (10) il più vicino possibile alla stella polare.
2. Regolate la lunghezza delle gambe del treppiede fino a livellare il sistema telescopio / testa / treppiede. È sufficiente un livellamento "ad occhio". Questo non influenza la precisione di stazionamento, ma solo la stabilità del telescopio.
3. Impostate la montatura sulla latitudine della vostra località di osservazione ( $45^{\circ}$  a Milano,  $42^{\circ}$  a Roma,  $38^{\circ}$  a Palermo).

4. Liberate il fermo in declinazione (23) e ruotate il tubo del telescopio in declinazione fino a 90°. Serrate il fermo di declinazione. La posizione attorno all'asse di A.R. è irrilevante.
5. Usando i controlli in azimut e di latitudine della montatura (manopola 11 e moto attorno all'asse 30, che talvolta si realizza con due vitine contrapposte), centrate la stella polare nel campo del telescopio. *Non usate i moti di declinazione e di ascensione retta del telescopio durante questo procedimento, ma solo i controlli di azimut e altezza.*

Fatto ciò, il vostro allineamento polare è buono a sufficienza per effettuare osservazioni occasionali. In qualche occasione, tuttavia, potreste avere la necessità di allineare il telescopio con precisione, ad esempio quando volete fare fotografie oppure quando volete usare i cerchi graduati per la ricerca di nuovi oggetti. In questo caso vedete oltre, "allineamento polare preciso".

Se volete usare le coordinate ricordate che il cerchio di ascensione retta va regolato ogni volta all'inizio di una notte di osservazioni. Farlo è semplicissimo: puntata una qualunque stella di cui si conosce l'A.R. basta muovere manualmente il cerchio sino a che l'indice non indica il valore corretto. Il cerchio di A.R. è libero di ruotare, eventualmente dopo aver aperto un fermo.

Dopo avere fissato e bloccato l'angolo di latitudine della montatura seguendo la procedura descritta prima, non è necessario ripetere l'operazione ogni volta che viene utilizzato il telescopio, a meno che non vi spostiate notevolmente in direzione nord o sud rispetto alla postazione osservativa iniziale. (Uno spostamento verso sud o nord di circa 120 Km equivale ad un grado di latitudine).

### Allineamento polare Preciso

Occorre sottolineare che se si vogliono effettuare osservazioni visuali occasionali, il preciso allineamento dell'asse polare del telescopio rispetto al polo celeste non è necessario. Non permettete che lo sforzo per l'allineamento polare disturbi il piacere di osservare! Tuttavia, se volete effettuare osservazioni impegnative o astrofotografie a lunga esposizione, applicando magari un teleobiettivo in parallelo al telescopio, il discorso è diverso, e l'allineamento polare preciso non è solo consigliato, ma essenziale.

Malgrado la precisione della montatura dei telescopi e dell'eventuale moto orario elettrico, nella migliore delle ipotesi durante una fotografia a lunga posa sarà necessario effettuare qualche correzione dell'inseguimento. (Per i nostri scopi, "lunga posa" significa una fotografia che viene esposta per 5 minuti o più.) In particolare, il numero necessario di correzioni in declinazione è una diretta funzione della precisione dell'allineamento polare. Migliore è l'allineamento, meno correzioni saranno necessarie.

La procedura per l'allineamento polare preciso richiederebbe l'uso di un oculare con reticolo, o di un oculare ad alto ingrandimento. Quindi seguite queste istruzioni, relative al cosiddetto metodo della "Deriva in Declinazione": **esso è valido anche se la stella polare non è visibile**, ed è il metodo seguito anche per stazionare i più grandi telescopi del mondo.

1. Stazionate grossolanamente lo strumento seguendo il metodo descritto prima. Inserite l'oculare con reticolo (o l'oculare a forte potere) nel portaoculari del telescopio.
2. Puntate il telescopio su una stella di media luminosità nei pressi del punto in cui si intersecano il meridiano (il cerchio massimo passante per i poli nord e sud ed il punto sopra di voi, lo zenith) e l'equatore celeste. Per i migliori risultati, la stella dovrebbe trovarsi entro +/- 30 minuti di A.R. dal meridiano ed entro +/- 5° dell'equatore celeste. (Puntando il telescopio verso una stella nella

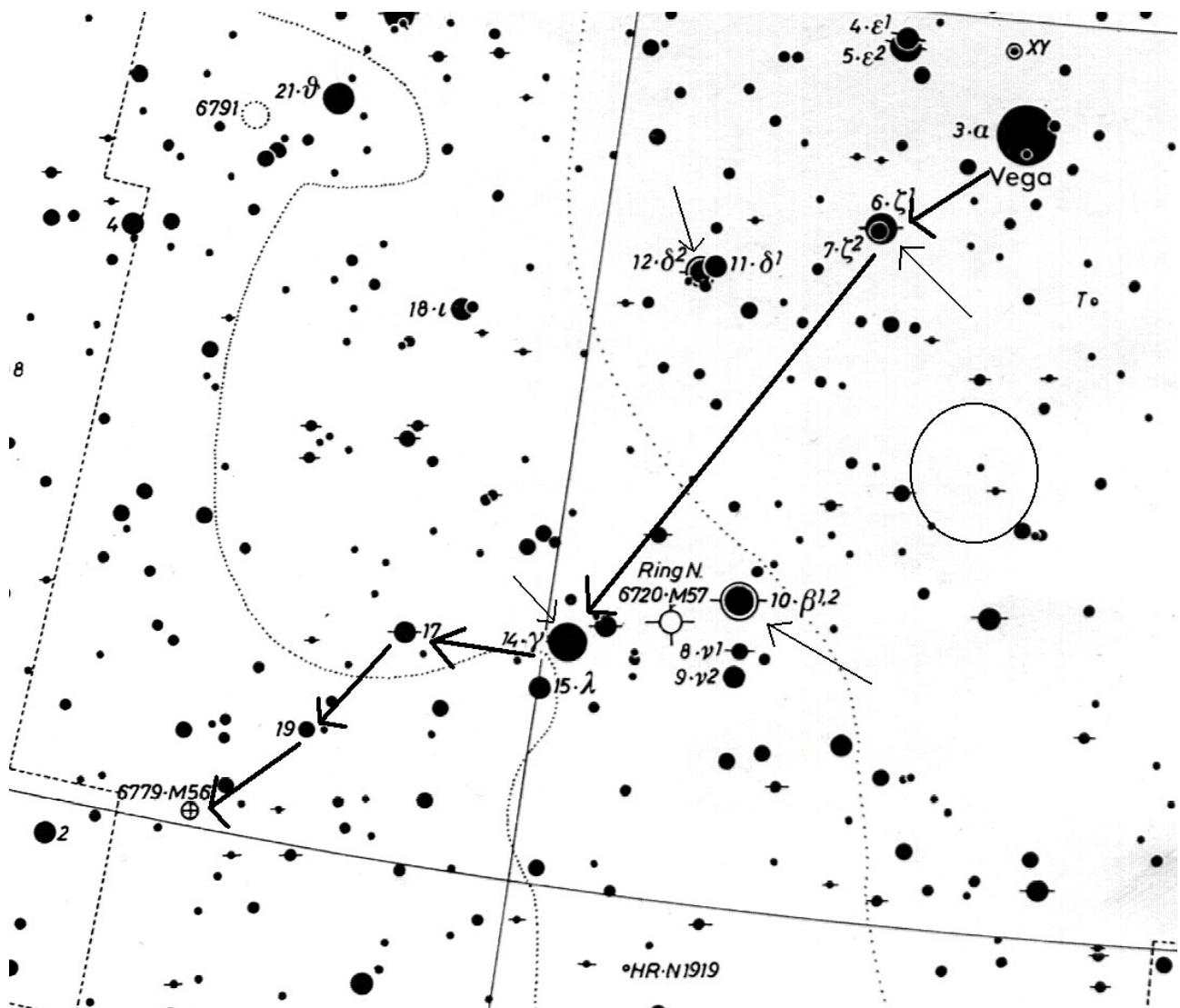
posizione suggerita, sui cerchi graduati di Declinazione dovreste leggere circa  $0^\circ$ ). Inseguite col moto di A.R.

3. Controllate lo spostamento della stella in declinazione. Se la stella si muove verso sud (verso il basso, usando il prisma), l'asse polare punta troppo verso Est. Se la stella si muove verso nord (verso l'alto, usando il prisma), l'asse polare punta troppo verso Ovest.
4. Muovete la montatura in azimut (orizzontalmente) per correggere la posizione della montatura nella direzione appropriata. Continuate l'operazione fino a quando la stella non si sposterà più verso nord o sud, almeno per 2-3 minuti. Tenete la stella all'incrocio del reticolo ancora per qualche minuto per essere sicuri che il movimento della stella in Declinazione sia cessato.
5. Successivamente, puntate il telescopio su un'altra stella di media luminosità che si trova nei pressi dell'orizzonte Est ma sempre vicina all'equatore celeste. Per ottenere i migliori risultati, la stella dovrebbe trovarsi tra i  $20^\circ$  e i  $30^\circ$  sopra l'orizzonte Est ed entro  $\pm 5^\circ$  di distanza dall'equatore celeste.
6. Controllate ancora una volta lo spostamento della stella in Declinazione: se la stella si muove verso sud (verso il basso), l'asse polare del telescopio punta troppo in basso. Se la stella si muove verso nord (verso l'alto), l'asse polare del telescopio punta troppo in alto. Potete usare una stella a Ovest anziché a Est, invertendo però le correzioni da apportare).
7. Usate il controllo della latitudine sulla montatura per apportare le necessarie correzioni all'angolo di latitudine. Ancora, continuate l'operazione fino a quando la stella non si sposterà più verso nord o sud. Tenetela la stella all'incrocio del reticolo ancora per qualche minuto per essere sicuri che il movimento della stella in Declinazione sia cessato.

La procedura appena descritta consente di ottenere un allineamento polare molto preciso, e riduce al minimo la necessità di effettuare correzioni durante le pose astrofotografiche.

## Trovare gli oggetti celesti

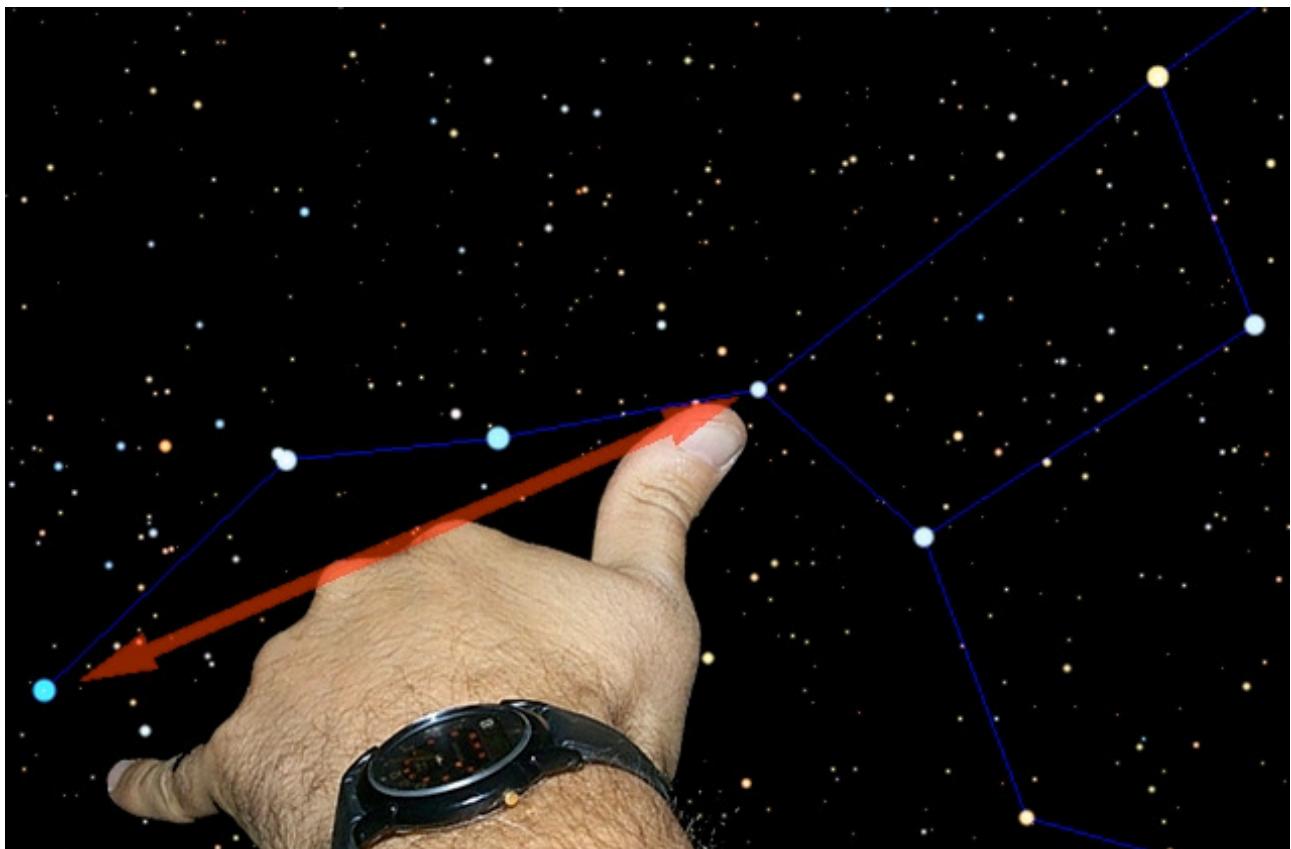
Il sistema più semplice per osservare oggetti celesti si basa sull'uso del telescopio col cercatore ben collimato, assieme ad un atlante. Per esempio, nella prossima figura si vede una buona parte della costellazione della Lira come appare sul già citato "Sky Atlas". Vega, la stella più brillante, è facilissima da individuare, e domina il cielo estivo. Ad occhio nudo dovreste anche individuare le



quattro stelle che disegnano il "corpo" della Lira (indicate da frecce sottili). Tenete ben presente che tutta la costellazione è più piccola di come appare il palmo della vostra mano tenendo il braccio teso!. Dopo aver puntato la zona col cercatore, potrete poi individuare le altre stelle che vi "guidano" verso il soggetto che volete osservare (in questo esempio l'ammasso globulare M56). Aiutatevi con allineamenti, triangoli, archi che le stelle "disegnano" per portarvi da un soggetto di sicura identificazione (in questo caso Vega) al vostro soggetto. Nella figura è riportato, con frecce "spesse", un possibile percorso. Vedete anche un cerchio, sotto Vega. Lo abbiamo disegnato di un grado di diametro, e vi dà l'idea del campo che abbraccia il telescopio quando usato con l'oculare di serie. Il cercatore ha un campo 4-5 volte maggiore (abbraccia le 4 stelle indicate dalle frecce sottili tutte assieme). Potete realizzare un comodo accessorio tracciando due cerchi di dimensioni opportune su un foglio di acetato (plastica trasparente) da sovrapporre alla cartina. La scala dell'atlante vi permetterà di disegnarlo delle dimensioni corrette.

Vi sono tre suggerimenti ancora, derivanti dall'esperienza.

- La prima sera "allenatevi" col cercatore, staccandolo dal vostro telescopio e guardando sia il panorama che le stelle. Confrontate quel che vedete con l'atlante. Occhio alla scala! Il cercatore ha  $5^\circ$  di campo. Quindi il grande carro non è mai visibile tutto in una volta! Al massimo "ci stanno dentro" le due stelle che indicano la polare. Familiarizzate con l'immagine ribaltata.
- Centrare gli oggetti celesti è difficile anche perché sono alti sull'orizzonte (cosa che non si verifica quasi mai durante le osservazioni diurne, e quindi non ci si è abituati). Perciò è bene cominciare con un soggetto facile (Luna, Giove, stelle brillanti).
- In prima approssimazione, anche ad occhio potete stimare le *distanze angolari*, ossia l'angolo che separa due oggetti celesti. Ricordate che la Luna piena *sottende* (cioè "è larga") mezzo grado. La larghezza del vostro mignolo, tenendo il braccio teso, sottende poco più di  $1^\circ$ , circa il campo del telescopio con l'oculare di serie. Il pugno chiuso circa  $7^\circ$ , ossia poco più del campo del cercatore, e infine la spanna aperta sottende  $15^\circ$ . Qui sotto vedete ad esempio come dovrebbe apparire la vostra spanna "contro" il Grande Carro. La distanza esatta tra le due stelle indicate è  $15,7^\circ$ .



Quindi, rissumando.

1. Per puntare la Luna, un pianeta brillante, o comunque un soggetto già visibile ad occhio nudo, semplicemente puntate il telescopio come se fosse un "fucile", aiutandovi poi col cercatore (che avrete preventivamente collimato).
2. Se invece volete puntare un soggetto debole (che magari non è nemmeno visibile nel cercatore, ma solo nello strumento principale), allora consultate prima la vostra guida al cielo (o un astrofilo esperto) per sapere se quel soggetto è alla portata del vostro strumento. Ricordate che tutti gli oggetti del catalogo di Messier (come il già citato M56) lo sono. Altrimenti, l'oggetto più debole che potete vedere col vostro telescopio è *circa* di magnitudine 9-10 con uno strumento da 60-80 mm di diametro, di magnitudine 11 con un 120 mm, di magnitudine 12 e più con strumenti

maggiori, sempre sotto un cielo ottimo. Questo fattore varia *molto* in funzione della scurezza del cielo e del tipo di oggetto.

3. Rintracciate la carta dell'atlante in cui si trova l'oggetto.
4. Individuate una stella brillante nei pressi, puntatela col cercatore, e aiutandovi con allineamenti, archi ecc. spostatevi dove di trova il vostro bersaglio. Fate attenzione all'orientamento e alla scala della carta.

A questo punto il soggetto dovrebbe essere nel campo di vista del telescopio. Se non c'è, calma e pazienza; spostatevi lentamente "in zona" con i moti micrometrici, fatevi aiutare, riprovate. Per allenarvi, provate a puntare una stella brillante, partendo da un'altra, come esercizio. Soprattutto pazienza!

Quando avete inquadrato un oggetto astronomico, vedrete che pare muoversi attraverso il campo di vista, per cui ogni minuto circa dovrete ricentrarlo con i moti micrometrici. Ciò è normale, ed è dovuto alla rotazione della Terra. Se il telescopio è correttamente stazionato, il moto orario può compensare questo movimento, e tenere inquadrato a lungo ciò che osservate. L'effetto di movimento è più vistoso al crescere dell'ingrandimento impiegato, ed è minore se osservate oggetti presso i poli celesti.

## Alcuni suggerimenti pratici

Per ottenere i migliori risultati nell'uso notturno del vostro telescopio, piccolo o grande che sia, altazimutale o equatoriale, dovete seguire alcune indicazioni di base:

1. Non toccate l'oculare durante le osservazioni. Le vibrazioni risultanti da tale contatto provocheranno l'immediato movimento dell'immagine.
2. Lasciate adattare i vostri occhi al buio prima di iniziare ad osservare. L'adattamento all'oscurità richiede generalmente 10 o 15 minuti per la maggior parte delle persone. Rientrare poi in un ambiente illuminato vanifica questo adattamento. Illuminate cartine e accessori con una pila schermata rossa. La luce rossa (che deve comunque essere debole) non abbaglia.
3. Lasciate che il telescopio raggiunga la temperatura dell'ambiente esterno prima di fare osservazioni. La differenza di temperatura esistente tra una casa riscaldata e l'aria fredda dell'esterno richiede l'attesa di almeno 30 minuti per consentire alle ottiche del telescopio di riassestarsi dalle deformazioni provocate dallo sbalzo termico. Durante questo periodo, il telescopio darà immagini che paiono "bollire". Sarà quindi utile portare il telescopio all'aperto 30 minuti prima di iniziare le osservazioni.
4. Se portate gli occhiali e non soffrite di astigmatismo, togliete gli occhiali durante le osservazioni con il telescopio. Potete infatti compensare i difetti visivi con la messa a fuoco del telescopio. Gli osservatori afflitti da astigmatismo, invece, devono osservare con gli occhiali perché il telescopio non può compensare questo difetto visivo. L'astigmatismo, comunque diminuisce considerevolmente osservando a forti ingrandimenti.
5. Evitate di osservare attraverso la finestra aperta di una stanza (o, peggio, attraverso una finestra chiusa!). Le corrente d'aria causate dalla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno renderebbero inaccettabili le prestazioni dell'ottica.
6. E' della massima importanza non utilizzare più ingrandimenti di quanto lo strumento possa sopportare. L'ingrandimento massimo utilizzabile in ogni occasione dipende dalle condizioni atmosferiche. Se le immagini fornite dal telescopio cominciano a perdere di nitidezza mano a mano che aumentate l'ingrandimento, tornate a ridurlo. Un'immagine più piccola ma più luminosa e più nitida è di gran lunga preferibile ad un'immagine più grande ma più scura e senza dettaglio. Qui sotto vedete un esempio di ingrandimento corretto (a sinistra) ed eccessivo (a destra). I dettagli sono più grandi ma confusi, e l'immagine è meno fruibile.



Quando avrete usato il vostro telescopio molte volte, vi accorgerete di essere in grado di vedere dettagli sempre più fini: la capacità di osservare con un telescopio "serio" è frutto di esperienza. L'osservazione del cielo diventerà sempre più gratificante mano a mano che i vostri occhi acquisteranno maggiore allenamento nella scoperta di sottili sfumature e dettagli delle immagini.

Non si può tralasciare una importante considerazione circa **la magnitudine degli oggetti diffusi** (nebulose, galassie, comete) che ricavate da un atlante a dalle riviste. Gli oggetti diffusi distribuiscono la loro luminosità complessiva su una superficie estesa; perciò, se in certe condizioni si vedono agevolmente stelle di mag. 11 non è detto che si vedano galassie di magnitudine 11, o anche di 10,5.

Prima di cercare gli oggetti di *cielo profondo* (deep-sky), bisogna controllare sui cataloghi sia la magnitudine (che è calcolata integrata, ovvero come se tutta la luce venisse da un unico punto) che le dimensioni. Ad esempio, M31, la grande galassia in Andromeda, ha una magnitudine integrata pari a 3, decisamente brillante. Eppure, per essere scorta ad occhio nudo, necessita di un cielo buono, perché la sua luce viene da una superficie ben più ampia della Luna piena.

Di questi oggetti si valuta la brillanza, ovvero la luminosità per unità di superficie. Anche il fondo del cielo non è perfettamente nero, ma ha una sua brillanza, dovuta sia a fenomeni naturali che all'effetto dell'illuminazione notturna, anche se molto lontana dal luogo di osservazione (il cosiddetto inquinamento luminoso). Alcuni oggetti, da questo punto di vista, sono molto critici. La galassia M101, nell'Orsa Maggiore, o la nebulosa Velo nel Cigno (NGC 6960) sono oggetti "facili" come magnitudine, ma molto estesi, e quindi con brillanza bassa. Come risultato si ha che se il cielo è molto scuro basta un 80-100 mm per vederli. Se il "fondo" del cielo è lattescente, M101 diviene difficile con un 250 mm, e del Velo non se ne parla nemmeno con telescopi professionali!

Ricordate sempre che per valutare la difficoltà di osservare un certo oggetto si deve sempre tenere conto di magnitudine e dimensioni, non della sola magnitudine. Qualche ora di osservazione vi convincerà che la nebulosa planetaria M76 (magnitudine 12 e 4,8' di diametro) è poco più difficile della galassia NGC 7331 (magnitudine 9,5 per una dimensione massima di 10,7'), sebbene la galassia sia, a tener conto solo della magnitudine, ben 10 volte più brillante.

Unica eccezione, tra gli oggetti deep-sky, sono gli ammassi aperti, per i quali, essendo costituiti di stelle nettamente separate (punti luminosi), non si può parlare di brillanza. Sui cataloghi, in genere, la magnitudine riportata è la media delle cinque stelle più brillanti appartenenti all'ammasso.

Ricordate che di notte, specie d'inverno, **fa davvero freddo!** Copriteli bene, con intimo di lana o termico, maglioni, guanti, cappellino da sci o meglio passamontagna. Ottimi tuta da sci e scarponi doposci, con eventualmente sotto i pantaloni di una tuta da ginnastica.

E ancora: **frequentate un circolo astrofili!** Ce ne sono centinaia in tutta Italia, e frequentandoli troverete aiuto esperto, migliore di qualsiasi libro.

## Manutenzione

Dal punto di vista meccanico un telescopio è una macchina molto semplice, e destinata a muoversi a bassissima velocità. Come conseguenza, la meccanica di un telescopio è praticamente eterna se non subisce abusi evidenti. L'unica manutenzione può essere la regolazione dei giochi – se è presente un meccanismo registrabile – e la pulizia e l'ingrassaggio periodico dei rotismi. Il grasso ideale è quello rosso (al tungsteno), ma anche la ben più economica vaselina va benissimo.

L'errore forse più frequente nella manutenzione del telescopio è quello di **pulirne le ottiche** senza sapere come fare. Un po' di polvere depositata sulle lenti o sugli specchi non provoca apprezzabili scadimenti nella resa ottica; non pulite le superfici ottiche se non è veramente necessario farlo, e nel caso chiedete lumi ad una persona pratica. Per togliere la polvere dalle lenti, usate un pennello morbido e pulito (agendo **delicatamente!**), oppure soffiatela via con una pompetta di gomma (reperibile presso un negozio di articoli sanitari o di accessori fotografici). Se fosse necessario pulire più a fondo, potete usare il liquido per la pulizia delle ottiche fotografiche. In nessun caso pulite le lenti o gli specchi strofinando con forza e con movimenti circolari (evitare *assolutamente* le salviette per pulire gli occhiali): usate un fazzoletto di carta bianca tipo Kleenex e pulite eseguendo piccoli movimenti delicati e in senso radiale (dal centro verso l'esterno). Cambiate spesso il fazzoletto durante il lavoro.

Se sulla superficie delle ottiche ci fossero tracce evidenti di grasso od altri materiali organici (per esempio, impronte digitali) potete utilizzare la soluzione detergente fatta in casa e che funziona bene: 2 parti di acqua distillata, 1 parte di alcool isopropilico ed una goccia di liquido detergente per piatti ogni 1/2 litro di soluzione. Usate poche gocce di questa soluzione con un fazzoletto di carta e pulite eseguendo movimenti delicati (dal centro verso l'esterno), e cambiando spesso i fazzoletti fino a quando l'ottica sarà pulita. Per "risciacquare" usate il solito fazzolettino bagnato in acqua distillata. Usando questo procedimento, fate molta attenzione a non graffiare.

Le superfici alluminate degli specchi del vostro telescopio sono protette da uno strato duro (in quarzo) e probabilmente non avranno bisogno di essere rialluminate per almeno 20 o 30 anni, soprattutto se avrete sempre cura di tappare entrambe le estremità del tubo ottico quando non usate il telescopio. Questi tappi svolgono l'importante funzione di impedire il deposito di polvere o di altre sostanze contaminanti sulla superficie delle ottiche.

**ATTENZIONE:** Non togliete mai, in nessun caso, l'ottica dal suo alloggiamento, per pulirla o per altri scopi. Quasi certamente non sareste più in grado di rimontarla in modo corretto con conseguente grave degrado delle prestazioni ottiche dello strumento.

Una breve nota sull'**appannamento**, che nella stagione fredda può costituire un problema per i telescopi a lenti o catadiottrici. A causa dell'esposizione della prima lente all'aria, è possibile che nei climi umidi essa si appanni durante le osservazioni. Un semplice rimedio è l'uso di un paraluce che sporga 20-30 cm davanti al primo elemento ottico, o oltre il paraluce di serie, paraluce facilmente realizzabile con cartoncino nero (si acquista in cartoleria) e scotch. Esso va montato subito, non quando la lastra comincia ad appannarsi!

Se il rimedio suggerito prima non fosse sufficiente, si può asciugare la lente (o lastra). **MA FATE ATTENZIONE!** Usate solo fazzoletti di carta bianchi e morbidi, e detergete la lente in senso radiale partendo dal centro verso il bordo. Cambiate spesso il fazzolettino. Evitate moti circolari ed applicate solo la forza necessaria per asciugare la lastra. Premendo con forza correreste il rischio di graffiare il vetro con qualche microscopico frammento di sporco.

Se la lente continuasse ad appannarsi, consigliamo di utilizzare un getto d'aria, come quello ottenibile da un asciugacapelli portatile, tipo quelli da campeggio, e puntare il telescopio verso il terreno per una decina di minuti. Ma in genere un paraluce inibisce in modo efficace la formazione della condensa, purché montato appena si comincia ad osservare. Esistono anche dei sistemi elettrici per scaldare leggermente la lastra o lente frontale appena un po' oltre la temperatura ambiente. Questo impedisce il formarsi della condensa.

Se notate la formazione di condensa sulle ottiche portando il telescopio in casa dopo un'osservazione, aspettate che la condensa evapori spontaneamente prima di rimettere i tappi. In queste occasioni non asciugate la condensa perché essa evaporerà in modo naturale.

#### **Nota sul test "a luce intensa"**

Se una luce intensa (torcia elettrica, ad esempio) è puntata direttamente nel tubo del telescopio, specie al buio, potreste essere stupiti da come appaiono le ottiche. Al non esperto, ciò che si vede (dipende dalla vostra linea di visuale, e da dove arriva la luce) può dare l'idea di graffi, macchie scure o luminose, o che il trattamento antiriflesso non sia uniforme; questi effetti sono visibili solo quando una luce intensa attraversa le lenti o viene riflessa dagli specchi, ed appare in tutti i sistemi ottici di alta qualità, compresi i telescopi giganti professionali in uso oggi. Bisogna ricordare che la qualità ottica non può venire giudicata da questo semplice esame, *completamente privo di valore*, ma solo con uno studio approfondito. Anche la migliore ottica appare "una schifezza" se illuminata intensamente.

# Capitolo IV – Fotografia astronomica

## Metodi di ripresa

La fotografia astronomica è una pratica complessa e variegata, su cui esistono libri di centinaia di pagine. Di conseguenza quanto qui esposto non può essere che una schematica introduzione.

Esistono cinque metodi di ripresa per utilizzare macchine fotografiche (tradizionali o digitali che siano) per la fotografia astronomica. Si chiamano **macchina fissa, parallelo, afocale, fuoco diretto e proiezione**. Tutte le macchine fotografiche, perfino le usa e getta, possono essere usate almeno col metodo afocale, almeno per soggetti brillanti (Sole e Luna). Di fatto persino con cellulari o palmari dotati di fotocamera si possono fare riprese astronomiche con un minimo di dettaglio! Di solito si utilizzano pellicole di alta o altissima sensibilità (400-1600 ISO). Le diapositive danno di norma un risultato migliore.

Ma vediamo i vari metodi uno alla volta. Per collegare la macchina fotografica al telescopio occorrono raccordi e/o anelli adattatori, che sarà certo in grado di indicarvi qualsiasi negozio specializzato.

Il metodo della **macchina fissa**, come suggerisce il nome, è il più semplice dal punto di vista tecnico. La macchina fotografica, col suo obiettivo e una pellicola molto sensibile, viene puntata verso il cielo notturno su un supporto fisso (cavalletto o simile) ed esposta per pochi secondi, regolata sul fuoco infinito e la massima apertura del diaframma possibile. Si riusciranno a fissare su pellicola solo le stelle più brillanti, e il tempo di posa è limitato dal fatto di non voler evidenziare il mosso dovuto alla rotazione della volta celeste. Con un obiettivo "normale" (50 mm per il formato 24x36) il tempo di posa limite è dell'ordine di 15 secondi presso l'equatore celeste, di più approssimandosi ai poli, dove la rotazione è meno evidente. Ovvio che con pose tanto limitate non ci si possa aspettare campi stellari affollatissimi. Con le pellicole moderne, sotto un cielo scuro, si riescono a cogliere tutte le stelle visibili ad occhio nudo, ed anche qualcuna in più. Anche gli oggetti di cielo profondo più evidenti, però, come la Laguna, la grande galassia di Andromeda o la nebulosa di Orione, appariranno solo come macchioline, anche se ben identificabili, a causa della scala dell'immagine molto limitata dalla focale cortissima. Ma questo metodo non ha un campo di applicazione limitato come si potrebbe pensare. Non solo costellazioni o comete eccezionali, ma anche congiunzioni di pianeti, "gruppi" celesti con Luna, pianeti e stelle brillanti, come quelli descritti mensilmente sulle riviste, possono essere immortalati con buoni risultati ed un impegno minimo da parte del fotografo. Lo stesso metodo, posando però alcuni minuti, può essere utilizzato durante le periodiche piogge di stelle cadenti per tentare di cogliere la traccia di qualche meteora brillante. In questo caso l'uso di grandangolari, anche spinti (dai *fish-eye* ai 24-28 mm) risulta di grande aiuto. Posando diversi minuti le stelle appariranno come strisce a causa della rotazione terrestre, ma la presenza di un bel bolide su un solo fotogramma vi ripagherà di ogni sforzo. Inutile dire che qui è soprattutto questione di fortuna. Parlando di riprese a macchina fissa le camere digitali, anche compatte, hanno una importante marcia in più. Sebbene molti modelli abbiano la posa massima limitata (in genere a 15 o 16 secondi), e come tali siano inadatte alla caccia alle meteoriti, è possibile riprendere, subito dopo la nostra fotografia, un *dark frame*, ovvero una immagine della stessa posa ma con l'obiettivo tappato (non deve entrare assolutamente luce). Questo consentirà, una volta scaricate le immagini su computer, di sottrarre dall'immagine il rumore di fondo dovuto alla natura elettronica del sensore. In questo modo anche una digitale compatta, pur avendo un obiettivo di apertura modestissima, di norma poco più di un centimetro, ottiene buoni risultati. Da cieli eccezionalmente scuri, e magari commando più immagini (dopo aver sottratto a ciascuna il suo *dark frame*) si riescono a riprendere immagini notevolissime di costellazioni e

gruppi celesti, con stelle sino alla magnitudine 8, il che rende davvero ricche immagini con un campo inquadrato tanto grande.

Il metodo della ripresa **in parallelo** è l'ovvia estensione del metodo su supporto fisso. Viene ancora utilizzata la macchina con la sua ottica, ma questa volta montata solidale al tubo di un telescopio, che provvede a compensare la rotazione terrestre col suo moto orario. Questo metodo, detto spesso, all'anglosassone, *piggy-back*, permette di realizzare immagini anche molto spettacolari. Si utilizzano obiettivi di qualsiasi focale. Da supergrandangolari per gruppi di costellazioni o meteore, a obiettivi normali, sino a teleobiettivi, anche molto potenti. Naturalmente all'allungarsi della focale di ripresa questo metodo "sfuma" nella ripresa telescopica propriamente detta (il fuoco diretto), in quanto teleobiettivi potenti sono, di fatto, assimilabili a piccoli telescopi. Naturalmente al crescere della focale aumentano sì i risultati, ma crescono anche i problemi. Se utilizzando un teleobiettivo non esagerato (135-200 mm) ci si può addirittura affidare al moto orario di un telescopio robusto, almeno per pose di 5-10 minuti, un teleobiettivo più impegnativo, come gli economici e diffusi 500 mm catadiottrici, richiede tutti gli accorgimenti per dare buoni risultati. In particolare, con focali lunghe, bisogna garantire l'assoluta rigidità del supporto tra il telescopio e l'ottica della macchina fotografica. Il telescopio deve essere ben stazionato per evitare rotazione di campo. Non sempre ci si può fidare della posizione di messa a fuoco "infinito" segnata sull'obiettivo, ma può essere necessario effettuare delle prove. Inoltre, specie se l'obiettivo non è di buon livello, può essere produttivo chiudere di uno scatto o uno scatto e mezzo il diaframma. L'aumento di posa sarà ampiamente compensato dalla maggior puntiformità delle stelle presso il bordo del fotogramma. Non dimenticate mai che non esiste nessun banco ottico severo come il cielo stellato, nell'evidenziare ogni imperfezione di un obiettivo!

Questo metodo è senz'altro quello più adatto per fare esperienza di riprese astronomiche. Si può partire con obiettivi normali o modesti teleobiettivi, diaframmati di uno scatto per avere buone immagini. Per focali modeste, il collegamento tra il tubo del telescopio e la macchina fotografica può essere assicurato perfino da un po' di gommapiuma e qualche robusto elastico da pacchi (niente di strano, per cominciare va benissimo e non costa nulla). Potete legare la macchina anche al più modesto telescopio, purché montato equatorialmente. Per pose brevi, sino a 10-15 minuti, potete perfino rinunciare al moto orario, e inseguire a mano, con moto il più fluido possibile, osservando una stella ad alto ingrandimento attraverso un oculare dotato di una qualche forma di riferimento (reticolo, per esempio, ma anche le punte di due spilli incollati con colla acrilica al piano focale dell'oculare). Sia che siate costretti a questi metodi artigianali, sia che possiate far conto su un più comodo moto orario, non dimenticate di regolare la messa a fuoco dell'obiettivo sull'infinito, la posa su B (occorrerà uno scatto flessibile per tenere aperto l'otturatore) e, nel caso di obiettivi zoom, accertarsi che la ghiera di regolazione della focale non possa ruotare accidentalmente. L'eventuale effetto "iperspazio" è molto coreografico, ma parecchio antipatico, specie dopo una notte passata al gelo. Si utilizzeranno ovviamente pellicole di elevata sensibilità, e pose dai 5 minuti all'ora. Consigliamo di cominciare con grandangolari e pose brevi, per passare poi progressivamente a focali e esposizioni più lunghe, utilizzando magari anche pellicole *meno* sensibili ma di risoluzione più elevata.

Se l'otturatore, per stare aperto, richiede le batterie, ricordatevi di portarne in abbondanza, soprattutto se andate in un clima freddo. Nel caso di fotografia in parallelo le macchine digitali compatte non vanno bene, in quanto prive della posa B. Questa limitazione non affligge le *reflex* digitali, oggi in fase di rapidissima diffusione, grazie ai prezzi in discesa.

Vediamo ora il metodo più "universale", almeno in teoria, dato che lo si può utilizzare con qualsiasi apparecchio fotografico, chimico o digitale, palmari e cellulari compresi. Il **metodo afocale**. Realizzare il metodo afocale è molto semplice, almeno in linea di principio. Si inquadra il soggetto desiderato (per cominciare, tipicamente, la Luna) con un oculare a basso potere e si mette a fuoco visualmente, cercando di mantenere l'occhio "rilassato", come per guardare un soggetto lontano.

Questo fa sì che i raggi luminosi escano paralleli dalla pupilla d'uscita dell'oculare. Poi, semplicemente, si accosta l'obiettivo della macchina fotografica all'oculare, con il fuoco regolato sull'infinito, si sceglie il tempo di posa in base ad alcuni semplici calcoli che esporremo poi e infine si scatta. Questo metodo veniva considerato fino a qualche anno ben poco sfruttabile, e per diverse buone ragioni.

- 1) È difficile realizzare un buon accoppiamento meccanico tra macchina e telescopio. Tuttavia oggi esistono degli attacchi universali, ragionevolmente economici, costituiti da un collarino da stringere sull'oculare, collegato ad un supporto regolabile per il corpo macchina, che hanno grandemente ridotto questo problema. Per evitare l'infiltrazione di luci parassite dalla "fessura" che resta tra i due sistemi ottici, basta un pezzo di panno nero in cui avvolgere il tutto. Per pose brevissime (Luna, Sole) la macchina può addirittura essere montata su un treppiede indipendente del telescopio, e semplicemente accostata.
- 2) Difficilmente si riusciva ad evitare vignettatura, cioè l'immagine appariva circondata da un alone nero, e visibile solo al centro: per limitarla bisogna porre la prima lente dell'obiettivo della macchina praticamente a contatto dell'oculare.
- 3) Non si poteva, se non in rari casi, controllare l'inquadratura. Ovviamente questo perché quasi tutte le macchine fotografiche nelle quali l'ottica non è rimovibile *non* sono reflex (ossia il mirino ha un percorso ottico indipendente). Il mirino è ovviamente inutile, perché è l'obiettivo che va accostato all'oculare!
- 4) Per lo stesso motivo del punto 3) era molto difficile regolare la messa a fuoco. Bisognava fidarsi della regolazione data dall'occhio, e come abbiamo già segnalato più volte in queste righe, l'occhio ha un potere di adattamento notevole, che alle volte interviene senza che noi ce ne accorgiamo. Di fatto la messa a fuoco della macchina viene posta sempre all'infinito per togliere di mezzo una regolazione (si mette a fuoco col solo telescopio). In linea di principio ci sono infinite combinazioni di messa a fuoco valide, giocando con le due regolazioni, del telescopio e della macchina.
- 5) E per il tempo di posa? O si a per tentativi, facendo tutta una serie di scatti con vari tempi, oppure bisogna calcolare la *focale equivalente* del sistema ottico. La focale equivalente è la focale di un ipotetico obiettivo che dovremmo usare per ottenere la stessa scala al piano focale di quella data da un sistema ottico "complesso", ovvero costituito da più elementi. Nel nostro caso oculare e obiettivo della macchina fotografica, che si interpongono tra l'immagine creata dal telescopio e la pellicola. La focale equivalente si calcola con una formuletta. Eccola:

$$f_{eq} = I \cdot F_m$$

Dove  $f_{eq}$  è la focale equivalente,  $I$  l'ingrandimento fornito dal nostro oculare sul telescopio in uso e  $F_m$  la focale dell'obiettivo della macchina fotografica. Di conseguenza il rapporto f/ complessivo del sistema si può esprimere come

$$f/ = \frac{F \cdot F_m}{D \cdot F_o}$$

Dove  $F$  e  $D$  sono focale e diametro del telescopio,  $F_o$  è la focale dell'oculare. Una volta calcolato f/ e nota la velocità della pellicola, ci si rifà alle tabelle reperibili su molti libri o in rete (come punto di partenza la luna al primo quarto richiede 1/8 di secondo a f/80 circa, con una emulsione da 400 ISO). Si capisce subito che il sistema afocale può produrre ingrandimenti molto elevati. Utilizzando l'obiettivo tipico di una compatta (35 mm) con soli 60 ingrandimenti abbiamo già una rispettabile focale, intorno ai due metri. In queste condizioni la Luna occupa quasi tutto il fotogramma della pellicola 24×36.

Con tutti questi problemi da affrontare, non c'è da stupirsi che il metodo afocale non godesse di particolari simpatie. Ma abbiamo usato il passato perché l'avvento della fotografia digitale – fatta, ripetiamo, con *qualsiasi* oggetto in grado di scattare un'immagine, con in testa ovviamente le digitali compatte - ha radicalmente cambiato la situazione. Vediamo perché, ribattendo ai punti precedentemente esposti.

- 1) Il problema del fissaggio al telescopio naturalmente permane, ma in generale le digitali compatte sono abbastanza leggere, il che allevia il problema.
- 2) I sensori della macchine digitali sono fisicamente piccoli (in genere meno di 15 mm sul lato lungo). Di conseguenza anche le ottiche sono fisicamente più piccole (diametro tipico tra i 10 e i 15 mm). Non solo è molto più facile "centrare" la luce che esce dall'oculare, ma il problema della vignettatura si riduce enormemente.
- 3) Ovvio che il vantaggio più grande è poter vedere sullo schermo interno della macchina cosa si sta inquadrando. Potremo non solo controllare la composizione dell'immagine, ma trovare anche la distanza tra macchina e oculare dove è minima la vignettatura.
- 4) Altro immenso vantaggio è che "vedere" ci consente di mettere a fuoco. Agiremo comunque sulla sola messa a fuoco del telescopio, ordinando a quella della macchina di restare regolata sull'infinito. Quasi tutti i modelli lo consentono (serve, per esempio, per fotografare attraverso una finestra). Per inciso, se l'obiettivo è zoom, lo zoom regolato al massimo riduce i problemi di vignettatura.
- 5) Ultimo ma non ultimo, la regolazione della posa funziona sui corpi brillanti come la Luna e la possibilità di vedere subito il risultato ci permette di correggere il tiro.

Quindi il metodo afocale, soluzione di ripiego con la pellicola tradizionale, offre invece eccellenti possibilità con le macchine digitali. La scelta dei tempi di posa va per tentativi in base al soggetto.

Proseguiamo la nostra carrellata sui metodi di ripresa utilizzabili per astronomia con i due sistemi più tradizionali, il fuoco diretto e la proiezione dell'oculare (indicata talvolta per brevità semplicemente come "proiezione"). Sono i sistemi più tradizionali nella fotografia astronomica, in uso sin dalla fine del XIX° secolo, quando la lentezza delle pellicole e le dimensioni degli apparecchi, ad esempio, rendevano impensabile l'uso della macchina fissa o del sistema afocale. Il **fuoco diretto**, come suggerisce il nome, è in realtà l'accoppiamento più semplice immaginabile tra un telescopio e un sistema di raccolta immagini, pellicola o CCD che sia. L'obiettivo del telescopio, produce l'immagine direttamente sul supporto sensibile, posto al fuoco. Il fatto che l'obiettivo sia una lente oppure uno specchio, e che il percorso della luce sia "diretto" come nei rifrattori oppure piegato e/o allungato da specchi secondari è del tutto irrilevante. Il rapporto  $f/$  di questa configurazione è quello nativo dello strumento, e l'incisione dell'immagine è la massima ottenibile da quel telescopio, dato che non viene aggiunto alcun elemento ottico a parte quelli irrinunciabili. Comunque, utilizzando il fuoco diretto, il telescopio agisce come un potentissimo teleobiettivo, ed è di fatto utilizzabile anche come tale (molte foto di riviste scandalistiche sono prese con telescopi).

Il fuoco diretto sarà sempre il metodo migliore per ritrarre galassie, nebulose, ammassi e anche il Sole e la Luna nella loro interezza. Per quanto riguarda questi ultimi due, la focale limite per inquadrare tutto il disco, su pellicola 24×36, è dell'ordine di 2500 mm. La Luna al primo quarto, invece, si può riprendere anche con 5 metri, avendo l'accortezza di allineare il terminatore con il lato lungo della pellicola. Vi sono infine alcuni oggetti astronomici (pochi, a dire il vero) le cui grandi dimensioni rendono problematico riprenderli in un singolo fotogramma. M31, le Pleiadi, IC1396 sono "enormi" e in questo caso il telescopio "ingrandisce troppo". L'unica soluzione è usare focali più corte, oppure ricorrere alla tecnica del mosaico.

Il metodo del **fuoco diretto** può essere **modificato** interponendo lungo il percorso ottico un componente positivo (convergente) oppure negativo (divergente). La focale del telescopio ne risulterà accorciata oppure allungata, rispettivamente.

Parallelo e fuoco diretto, per pose oltre un minuto o due, richiedono che il telescopio venga **guidato**. Infatti, anche se il moto orario è preciso, questi metodi mettono in risalto anche i più piccoli spostamenti delle stelle rispetto alla loro posizione nel fotogramma all'inizio della posa. Di conseguenza è necessario "guidare" la foto mediante un telescopio secondario e un oculare con reticolo illuminato (è un po' come guidare su una strada diritta; non si lascia andare l'auto da sola, ma si fanno continue minime correzioni). Oggi esistono anche sistemi di guida elettronici e sistemi *fuori asse*, per guidare con lo stesso strumento che riprende. Col metodo parallelo o fuoco diretto i tempi di posa tipici vanno dai due minuti sino a diverse ore.

La **proiezione dell'oculare**, infine, come suggerisce il nome implica inserire mediante un opportuno raccordo un oculare tra l'ottica del telescopio e la macchina fotografica (*priva* della propria ottica). Permette di ottenere anche focali "mostruose", di decine di metri, con rapporti  $f/$  anche di 100). Naturalmente questo sistema si usa solo per soggetti brillanti. Sole, Luna, pianeti, alcune stelle doppie. Quasi caduto in disuso perché ormai di rado si usano pellicole chimiche per riprendere Luna o pianeti. I tempi di posa tipici variano da uno a venti secondi.

Una osservazione importante per chi si accosta *oggi* alla fotografia astronomica e vede pubblicati risultati stupendi. Non fatevi scoraggiare! I risultati verranno, è solo questione di pratica, metodo e pazienza. Soprattutto, siate "ragionevoli" rispetto alla strumentazione che state usando. Internet, da questo punto di vista, è un buon posto dove cercare immagini riprese con strumentazione simile a quella di cui si dispone, e di norma anche per chiedere consigli e imparare qualche trucco.

Non possiamo lasciare l'argomento senza accennare ai **CCD**, i sensori elettronici che da qualche anno sono a disposizione anche degli amatori. La camera CCD per astronomia è analoga a una macchina fotografica digitale (senza ottica), ma consente tempi di posa lunghi essendo *raffreddata*. Rispetto alla fotografia tradizionale, ha vantaggi e svantaggi: tra i vantaggi vi sono:

- La sensibilità è notevolmente maggiore
- Il risultato si vede subito
- Le immagini vengono memorizzate in forma numerica, quindi è possibile elaborarle con appositi software.
- È possibile sommare più pose con un risultato simile a quello di una posa singola. Questo fa sì che spesso non sia necessaria la guida, in quanto i tempi di posa singoli sono brevi.

Simili ai CCD, col vantaggio di un grande campo inquadrabile ma meno performanti perché prive di raffreddamento, sono le reflex digitali usate senza la loro ottica.

Ci sono ovviamente anche svantaggi:

- Il costo è notevolmente superiore.
- Il costo aumenta moltissimo se si vuole un campo inquadrato più simile a quello di una macchina fotografica classica (sensore grande), altrimenti il campo inquadrato è molto piccolo.
- Richiede la presenza di un computer e di una notevole potenza di energia elettrica, problema che viene a cadere con le reflex digitali.

Oonestamente il CCD è probabilmente l'unico modo in cui, oggi, si può pensare di intraprendere una ricerca scientifica seria.

Ultimissimo cenno alle **webcam**, ovvero le minicamere da collegare a computer. Sono ottime per le riprese astronomiche ad alta risoluzione (pianeti, Luna, Sole) perché realizzando dei filmini di alcuni centinaia di fotogrammi, appositi software possono "estrarre" informazione dai fotogrammi migliori, ottenendo risoluzioni incredibilmente elevate.

## Glossario

Il presente glossario descrive alcuni termini "tecnici" di uso comune in astronomia, che sono utilizzati nel testo. Molte altre definizioni sono date in vari capitoli del testo.

**AAVSO.** Acronimo di "American Association of Variable Stars Observators", Associazione americana degli osservatori di stelle variabili. Questa antichissima associazione, forse il più antico "circolo astrofili" del mondo, raccoglie ed elabora le osservazioni di stelle variabili eseguite da migliaia di soci ed affiliati, sparsi in ogni angolo del globo. L'osservazione delle variabili, infatti, è una delle poche branche dell'astronomia in cui il dilettante possa essere realmente utile al professionista. L'AAVSO ha creato, nel corso degli anni, una serie di cartine per lo studio delle varie stelle. Non è un atlante in senso stretto, in quanto non copre tutto il cielo e non è uniforme come scala e magnitudine massima riportata, ma le carte AAVSO sono preziosa fonte di riferimento riguardo la brillantezza delle stelle.

**Aberrazione.** Imperfezione nell'immagine fornita da un sistema ottico, dovuta ad un errore di lavorazione o insita nel progetto (anche un obiettivo perfetto presenta aberrazioni, dovute alla natura della luce e al suo interagire con la materia). Una loro trattazione dettagliata esula dallo scopo di questo libro, pertanto daremo solo un cenno sulle aberrazioni principali. **L'aberrazione cromatica** (cui gli specchi sono immuni) crea aloni iridescenti attorno alle sorgenti luminose; è dovuta al fatto i raggi luminosi di diversa lunghezza d'onda (diverso colore) vengono "piegati" (rifratti) più o meno da una lente; **il coma** trasforma i punti luminosi in macchioline a forma di goccia, orientate verso il centro del campo; **l'aberrazione sferica** impedisce di rendere le stelle a fuoco perfettamente puntiformi (esse rimangono comunque dei dischetti); **la distorsione** fa apparire curve le linee diritte (facile osservarla in un binocolo, portando al bordo del campo il muro di un edificio o un palo); **la curvatura di campo** è dovuta al fatto che molti sistemi ottici hanno un piano focale che non è piano (è fastidiosa soprattutto in fotografia, dove la pellicola è di norma distesa su un piano); **l'astigmatismo** rende le stelle dei segmentini o delle crocette, anziché mostrare puntiformi.

Anche se non sono aberrazioni in senso stretto, i riflessi interni del sistema ottico possono disturbare l'osservazione. Oggi sono praticamente annullati dai comuni trattamenti antiriflesso, sugli obiettivi e/o sugli oculari. Li si nota solo osservando stelle molto brillanti.

Le aberrazioni possono essere introdotte dall'obiettivo oppure dall'oculare (l'astigmatismo anche dall'occhio dell'osservatore, mentre miopia e ipermetropia vengono corrette variando la messa a fuoco). L'aberrazione sferica e cromatica si possono presentare anche al centro del campo (sull'asse ottico), mentre le altre sono solo extra-assiali. Tutte le aberrazioni si "aggravano" allontanandosi dall'asse ottico, e alcune crescono anche al diminuire del rapporto f/ dell'obiettivo. Vi è da notare che le aberrazioni non sono in genere limitanti per le osservazioni visuali, quanto per il fatto che limitano il campo utile in fotografia.

**Alluminatura.** Trattamento consistente nella deposizione (che avviene in speciali campane a vuoto spinto) di un sottilissimo strato di alluminio sul vetro, e che trasforma il vetro lavorato in uno specchio. L'alluminatura, se non protetta, perde progressivamente il proprio potere riflettente e dopo un paio d'anni deve essere rifatta. Oggi quasi tutti gli specchi hanno uno strato trasparente di quarzo sopra l'alluminio, e ciò prolunga la vita del trattamento a 10 anni e anche più, soprattutto se il telescopio è del tipo a tubo chiuso (Schmidt-Cassegrain o Maksutov, ad esempio).

Un tempo si usava l'argento (argentatura), che ha un potere riflettente leggermente superiore all'alluminio, ma il trattamento doveva essere rinnovato ogni pochi mesi.

**Altezza.** Vedi "azimut".

**Angoli (e loro misura).** In astronomia il sistema più comune per misurare gli angoli è quello sessagesimale. L'angolo giro è diviso in 360 gradi, ogni grado in 60 primi d'arco, ogni primo in 60 secondi d'arco (i simboli sono rispettivamente ° ' "'). E' molto importante, per l'astrofilo, prendere confidenza con queste misure. Tanto per farsi un'idea, una spanna aperta, tenuta alla distanza del braccio teso copre circa 15 gradi (più correttamente sottende un arco di 15 gradi). Il pugno chiuso circa 7°, il dito mignolo circa 1°. Il diametro apparente del Sole o della Luna piena è circa 31 primi, quindi appena più di mezzo grado. Giove, quando si trova alla minima distanza dalla Terra, sottende poco più di 40 secondi d'arco, circa 1/45 della Luna piena. L'angolo sotto cui appare un oggetto al telescopio è dato dalle sue dimensioni (angolari) reali moltiplicate per l'ingrandimento in uso. Ad esempio, se Marte in un dato momento sottende 20" e lo si osserva con cento ingrandimenti apparirà di  $20'' \times 100 = 2000''$  (secondi d'arco), vale a dire  $2000'' / 60 = 33$  primi quindi un po' più grande della Luna piena vista ad occhio nudo. Bisogna ricordare che un secondo d'arco è un angolo piccolissimo, circa quello sotteso da un moneta (diametro 25 mm) posta a oltre 5 chilometri! La stessa moneta sottende 1' vista da 86 metri e 1° se posta a 1,43 metri dall'occhio dell'osservatore. La stessa moneta appare come la Luna piena (mezzo grado) se vista da 2,8 metri (se vi sembra poco confrontatelo con la Luna in cielo o con la larghezza del vostro mignolo tenuto alla distanza del braccio teso; rimarrete stupiti). Vi è da notare che il nostro cervello tende a sopravvalutare moltissimo l'angolo sotteso dai corpi celesti, specie se vicini all'orizzonte (e quindi confrontabili con qualcosa di noto, come un albero o un edificio, ecc.). Ma la Luna ha assolutamente le stesse dimensioni sia alta in cielo che appena sorta ! Per rendersene conto è sufficiente confrontarla con il proprio mignolo tenendo il braccio teso. Qualsiasi osservatore occasionale resta sorpreso da questa osservazione. Vedi anche "ingrandimento".

**Anno-luce.** Unità di misura di lunghezza, pari alla distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un anno. Equivale a circa 9,460 miliardi di Km. In realtà, per motivi che non spiegheremo, i professionisti usano invece dell'anno-luce il parsec, equivalente a 3,26 anni-luce. Così M31 (la grande galassia in Andromeda) dista 2,2 milioni di anni-luce o, equivalentemente, 0,67 megaparsec ("mega" è il prefisso per "un milione"). O, se preferite vedere la cifra per esteso... circa 2,081,000,000,000,000 chilometri.

**Antiriflesso** (trattamento antiriflesso). Deposizione sulle lenti di uno o più sottilissimi strati di materiali che riducono notevolmente la quantità di luce che va "perduta" nel passaggio della luce stessa dall'aria al vetro e viceversa. Una lente senza alcun trattamento perde in questo modo circa il 7-10% della luce che la attraversa. E' facile verificare se una lente è trattata in quanto il trattamento antiriflesso conferisce alle lenti il classico colorito iridescente (normalmente verde, viola o azzurro) quando osservate inclinate. Vedi anche "trasmissione della luce".

**A.R.** (Ascensione retta). Insieme alla Declinazione (DEC.) forma il sistema di coordinate astronomico, che permette di stabilire la posizione di un qualsiasi oggetto (stella, pianeta, nebulosa) in cielo, così come il sistema di latitudine e longitudine permette di identificare una località sulla Terra. Vedi anche l'apposito paragrafo circa le coordinate nel testo.

**Asse ottico.** E' la retta passante per il centro di una lente (o specchio) e perpendicolare ad esso. Per asse ottico di un telescopio si intende sempre quello del suo obiettivo. L'asse ottico è sempre al centro delle immagini formate dall'obiettivo, ed è la zona dove sono minime le imperfezioni dell'immagine (aberrazioni).

**Asterismo.** Si dice asterismo quando alcune stelle appaiono in una configurazione "strana", che balza all'occhio. Possono essere allineate, formare un triangolo, un quadrato, o qualsiasi figura particolare. Un esempio di asterismo sono "i tre Re", ovvero le stelle della cintura nella costellazione di Orione, tutte brillanti e perfettamente allineate. Anche chi non conosce la

costellazione le nota immediatamente. Spesso si usano asterismi (costituiti magari da stelle che si vedono solo al telescopio) per creare "allineamenti" che indicino la posizione di galassie, nebulose, ecc. Un asterismo può essere molto piccolo, e far parte di una costellazione (le Pleiadi, per esempio, appartengono alla costellazione del Toro), o coprire un'ampia porzione di cielo, e includere stelle di costellazioni diverse (il cosiddetto triangolo estivo è formato da Vega nella Lira, Deneb nel Cigno e Altair nell'Aquila).

**Astrofilo.** Dal greco, "l'amico degli astri". Oggi questo termine indica chiunque si occupa di astronomia per passione, tanto chi osserva attivamente quanto chi se ne occupa solo dal lato teorico o si limita a leggere libri o riviste inerenti. Per chi compie un lavoro più "serio", magari in collaborazione con professionisti, si usa invece la locuzione (un po' pomposa) "astronomo non professionista" o la forma inglese "skywatcher" (sentinella del cielo), adatta soprattutto a chi si dedica alla ricerca di comete, novae e supernovae per segnalare tempestivamente tali fenomeni agli osservatori professionali.

**Azimut.** Dato un astro qualsiasi, si chiama azimut l'angolo, misurato da nord verso est, che separa il punto cardinale nord dal punto dell'orizzonte che sta "sotto" l'astro stesso. L'azimut è sempre positivo o nullo. Vale  $0^\circ$  per un astro che sia sopra il punto cardinale nord,  $90^\circ$  verso est,  $180^\circ$  verso sud e  $270^\circ$  verso ovest. L'altezza dell'astro sull'orizzonte, che varia da  $-90^\circ$  a  $0^\circ$  per gli oggetti sotto l'orizzonte e da  $0^\circ$  a  $90^\circ$  per quelli sopra, completa il sistema di riferimento detto altazimutale.

**Baricentro.** E' il "punto di equilibrio" di un corpo rigido. Per i tubi ottici dei telescopi, il baricentro si trova in genere a un terzo della lunghezza verso il primario nel caso di riflettori, circa a metà nel caso dei rifrattori. Quando si monta un telescopio alla tedesca, il baricentro deve cadere il più possibile al centro della culla mediante la quale il tubo è collegato alla montatura. Gli strumenti montati a forcetta hanno gli attacchi alla forcetta stessa fissati in fabbrica in corrispondenza del baricentro "medio". Aggiungendo accessori pesanti il baricentro si sposta verso il peso aggiunto.

**Campo corretto.** Zona del piano focale in cui le immagini stellari sono accettabilmente puntiformi (non vi sono aberrazioni, o sono contenute entro un certo limite). L'asse ottico è, ovviamente, al centro del campo corretto. Si misura in millimetri (sul piano focale) o in gradi coperti sulla volta celeste. Vedi il capitolo sulla fotografia astronomica.

**Cannocchiale.** Nome dato da Galileo ai suoi primi telescopi. Oggi questo termine è un po' desueto, e con esso si indica in genere un qualsiasi strumento ottico a basso ingrandimento. Il cannocchiale galileiano vero e proprio è invece formato da una lente convergente (obiettivo) e da una divergente (oculare) posta prima del fuoco. Questa configurazione non solo soffre di aberrazione cromatica, ma ha anche un campo corretto veramente irrisorio. Fornisce però un'immagine diritta ed è molto compatta. Gli schemi ottici usati oggi sono molto diversi, e quindi sarebbe corretto usare la parola cannocchiale solo per uno strumento d'epoca. Solo i binocoli da teatro sfruttano ancora uno schema simile a quello galileiano in quanto la qualità ottica non deve essere eccelsa dato il modestissimo ingrandimento ( $2\text{-}4\times$ ) mentre la compattezza e la leggerezza sono caratteristiche essenziali.

**Cannocchiale polare.** Piccolo cannocchiale, fisso all'interno di uno degli assi della montatura (quello di A.R.) che consente un rapido e preciso stazionamento. Vedi l'apposito paragrafo nel testo.

**CCD o CMOS.** Sensore elettronico che può sostituire la pellicola chimica nella ripresa di immagini. E' straordinariamente sensibile, e in campo professionale ha ormai "ucciso" completamente le pellicole chimiche, che vengono utilizzate solo per compiti particolari o lavori di routine. Le sigle CCD e CMOS si riferiscono a diverse tecnologie costruttive. In linea di massima i

CCD sono un po' più performanti ma molto più costosi, ma la differenza di prestazioni va assottigliandosi col progredire della tecnologia CMOS. Vedi l'apposito paragrafo nel testo.

**CMOS.** vedi CCD.

**Cella.** Nome per indicare l'insieme delle parti meccaniche atte a sostenere e a collegare al resto del telescopio uno specchio o un obiettivo a lenti. Normalmente comprende anche viti per la regolazione dell'inclinazione dell'ottica rispetto al tubo.

**Cercatore.** Piccolissimo telescopio montato parallelamente al tubo dello strumento principale. Abbraccia un campo di visuale più vasto permettendo di "puntare" l'oggetto desiderato con precisione. Vedi l'apposito paragrafo nel testo.

**Colatitudine.** E' semplicemente "90° - latitudine", per qualsiasi località. Un posto che ha latitudine 38° ha colatitudine  $90^\circ - 38^\circ = 42^\circ$ . Un posto a latitudine 50° ha colatitudine 40°, e così via.

**Cremagliera** (foceggiatore a cremagliera). Dispositivo di messa a fuoco costituito da due tubi concentrici, nel più interno dei quali si fissa l'oculare. Il tubo interno scorre in quello esterno (che è solidale al tubo ottico) mediante una piccola cremagliera e un ingranaggio comandato dalla manopola di messa a fuoco. E' il dispositivo di messa a fuoco comune a tutti i rifrattori (rari i sistemi che agiscono spostando avanti e indietro l'obiettivo mediante una lunga astina di controllo) e alla maggior parte dei telescopi Newton. Nei Newton dotati di questo dispositivo lo specchio secondario è fisso nel tubo ottico ed il moto del foceggiatore è perpendicolare all'asse ottico dello strumento, contrariamente al foceggiatore a slitta (vedi "slitta").

**Cristallo.** Si può definire come "un solido in cui le molecole che lo compongono hanno una disposizione regolare e ripetitiva nello spazio". Ad esempio il comune sale da cucina, o il fluoruro di calcio ( $\text{CaF}_2$ , o fluorite). Anche se nel linguaggio comune si tende a confondere i due termini, il vetro non è un cristallo, ma un materiale amorfo; ossia un materiale in cui le molecole non hanno una disposizione regolare, ma sono orientate casualmente.

**Curva di luce.** Grafico che riporta la magnitudine di un oggetto (generalmente una stella variabile, ma anche una cometa o un asteroide, ecc.) in funzione del tempo. Lo studio della curva di luce può fornire grandi quantità di informazioni circa la natura fisica del corpo in esame.

**Diagonale** (Deviatore, prisma, prisma diagonale). Dispositivo ottico atto a deviare di 90° il percorso della luce che lo investe. Con questo termine si indica tanto lo specchio secondario dei telescopi Newton quanto l'accessorio utile per osservare astri alti sull'orizzonte con telescopi a fuoco posteriore (praticamente tutti tranne i Newton). Se ne vedono alcuni in Fig 3.3. Il tipo più economico è costituito da un prisma retto di vetro pieno, con la "faccia" posteriore che agisce da specchio. Esso, però, oltre ad introdurre un leggerissimo cromatismo (visibile a forte ingrandimento), assorbe anche un po' di luce. Molto più valido il modello a specchio, che è però più costoso.

**Dispersione.** Proprietà dei vetri (opportunamente sagomati) di disperdere la luce, ossia di separare i vari colori dello spettro. E' legata al valore dell'indice di rifrazione del vetro stesso. Vedi anche "rifrazione".

**DEC.** (Declinazione). Vedi "A.R."

**Deep-Sky.** Termine inglese (letteralmente "cielo profondo") per indicare tutti gli oggetti celesti di aspetto diffuso, ossia comete, ammassi aperti e globulari, nebulose oscure e brillanti, galassie. Le osservazioni deep-sky, al contrario di quelle planetarie, richiedono un cielo più scuro e terso possibile, mentre anche un forte vento (e quindi immagini poco definite) non dà eccessivo fastidio.

**Elicoidale** (focheggiatore elicoidale). Sistema di messa a fuoco in cui il tubo in cui alloggia l'oculare scorre avanti e indietro ruotando una ghiera che lo attornia, filettata all'interno. Rispetto ai focheggiatori a slitta o a cremagliera è il più adatto a sopportare carichi (ad esempio il corpo della macchina fotografica), ma è poco diffuso ed ha un costo elevato. Ha in genere una corsa limitata, ma regolabile con grande precisione.

**Fuoco diretto** (o "fuoco primario" o "primo fuoco"). Metodo di ripresa fotografico in cui il solo corpo macchina (senza ottica) è applicato al telescopio. L'immagine è formata sulla pellicola direttamente dall'obiettivo del telescopio. In questo caso, che è il metodo "serio" di ripresa più comune, il telescopio agisce come un potente teleobiettivo. Di giorno, utilizzando il telescopio al fuoco diretto è possibile riprendere soggetti lontanissimi o poco accessibili (ad esempio alpinisti su una parete lontana un chilometro).

**Focale (distanza focale).** Distanza tra l'obiettivo e la superficie dove si forma l'immagine dell'oggetto su cui l'obiettivo "punta", quando l'oggetto è posto a distanza infinita. Se una lente ha una focale di 600 mm ciò significa che l'immagine che essa forma di un soggetto all'infinito si forma a 600 mm dal centro della lente. Ci si può facilmente rendere conto di ciò facendo formare l'immagine su un foglio di carta tenendo una comune lente di ingrandimento puntata verso qualcosa di riconoscibile (un albero, un palazzo, ecc). L'immagine si formerà circa 20 cm dietro la lente. Tra specchi e lenti vi è la ovvia differenza che la lente produce l'immagine dalla parte opposta del soggetto, mentre uno specchio dalla stessa parte. Un sistema ottico non deve avere necessariamente delle dimensioni fisiche pari alla focale. Ad esempio i telescopi Schmidt-Cassegrain possono avere 2 metri di focale in un tubo di 60 cm scarsi, in quanto includono elementi moltiplicativi della focale "nominale" dello specchio obiettivo (specchio primario).

**Fondo cielo.** Espressione per indicare la luminosità diffusa che arriva da tutti i punti della volta celeste, anche da dove non vi sono stelle. Il fondo cielo è dovuto ad innumerevoli fattori, tra cui la luminescenza naturale dei gas nell'alta atmosfera, alla diffusione della luce, alla polvere in sospensione nell'aria, eccetera, e aumenta grandemente in presenza di umidità. Non è misurabile in maniera oggettiva senza complesse procedure, generalmente al di là delle possibilità degli astrofili, anche ben attrezzati (e del resto il suo valore numerico non è di interesse se non in particolari lavori). Si misura in "magnitudine per secondo d'arco quadrato". Se, per esempio, il fondo cielo vale 16, significa che ogni secondo d'arco quadrato di volta celeste "vuota", cioè in cui non cade nessuna stella, manda la stessa quantità di luce di una stella di magnitudine 16.

**Fotometro.** Strumento atto a misurare con grande precisione flussi luminosi. Applicato al telescopio e tarato, un fotometro può facilmente stimare il centesimo di magnitudine. Ne esistono anche di amatoriali, ma sono (allo stato attuale) difficili da usare e, soprattutto, da tarare. C'è da notare che opportuni programmi per computer possono stimare con altrettanta precisione la magnitudine di stelle registrate in immagini CCD, con l'evidente vantaggio di stimare non una ma decine di stelle alla volta. L'immagine, inoltre, essendo archiviata in modo permanente, può essere riutilizzata quando si vuole.

**Giorno** (tubo a giorno). Tubo ottico diviso in due o più parti, unite durante l'uso mediante stecche rigide. A parte il risparmio di peso, le stecche possono essere rimosse, riducendo fortemente l'ingombro dello strumento per il trasporto o lo stoccaggio

**Ingrandimento.** Rapporto tra l'angolo sotto cui appare un dato oggetto visto attraverso uno strumento ottico e l'angolo che quello stesso oggetto sottende quando osservato ad occhio nudo. Essendo un rapporto tra due grandezze omogenee (due angoli) l'ingrandimento è un numero puro. Come simbolo si usa il "per" matematico,  $\times$ . "300 $\times$ " significa "trecento ingrandimenti". Spesso si dice anche "trecento per".

Ad esempio, Giove sottende circa 40", mentre la Luna piena circa 1800". Quindi, osservando a 45 $\times$  Giove apparirà al telescopio delle stesse dimensioni della Luna ad occhio. Infatti  $40 \times 45 = 1800$ . C'è da notare che quasi sempre si tende a sottovalutare come dimensioni ciò che si vede al telescopio. A molte persone "sembra più grande" la Luna ad occhio nudo che Giove a 100 $\times$ , mentre quest'ultimo sottende in realtà un angolo più che doppio!

**Meridiano locale.** Linea immaginaria che congiunge i punti cardinali nord e sud, passando per lo zenith dell'osservatore. Quando un astro "passa in meridiano", ossia transita sopra il punto cardinale sud, raggiunge la massima altezza sull'orizzonte e quindi le migliori condizioni di osservabilità.

**Messier, Charles.** Astronomo francese (1730-1817). Attento relatore di molti fenomeni della sua epoca, scopritore di parecchie comete, è rimasto famoso per il suo catalogo di galassie, nebulose ed ammassi. La nebulosa del granchio, per esempio, porta la sigla M1, indicando che è il primo oggetto del catalogo di Messier. Tutti i 110 oggetti di questa raccolta sono alla portata di strumenti modesti. Altre sigle da ricordare sono NGC e IC, che indicano cataloghi di oggetti più completi, redatti in epoche successive. Per esempio, la già citata M1 porta anche la sigla NGC 1952. Quasi tutti gli oltre 13.000 oggetti dei cataloghi IC e NGC sono accessibili ad uno strumento da 250 mm sotto un cielo molto buio.

**Moto orario.** Dispositivo, costituito in genere da un piccolo motore elettrico, che permette di bilanciare il moto apparente degli astri dovuto alla rotazione diurna della Terra; così facendo il telescopio resta puntato sul soggetto che si osserva senza che l'osservatore debba fare nulla. Esso agisce solo se la montatura è utilizzata correttamente, ossia stazionata (vedi il testo). È disponibile, di serie o come opzione, per quasi tutti i telescopi con montatura equatoriale di diametro superiore ai 100 mm.

**Nadir.** Vedi "zenit."

**Obiettivo.** È l'elemento attivo di un sistema ottico, ossia quello che forma l'immagine che viene poi osservata ingrandita mediante un oculare, o raccolta dalla pellicola fotografica. Un po' di confusione deriva dal fatto che nelle macchine fotografiche si chiama "obiettivo" un insieme di lenti, mentre negli strumenti astronomici l'obiettivo è un singolo specchio (nel caso dei telescopi riflettori) o il gruppo di lenti frontale nel caso di binocoli e rifrattori. Negli strumenti a lenti l'obiettivo è generalmente costituito di due lenti (doppietto) o da tre (tripletto), allo scopo di annullare o quantomeno ridurre l'aberrazione cromatica. Nessuno strumento che non sia un giocattolo deve avere l'obiettivo a lente singola. In questo caso, infatti, la qualità dell'immagine risulta del tutto inaccettabile.

**Oculare.** Dispositivo ottico atto ad ingrandire l'immagine formata dall'obiettivo. Esso è, sostanzialmente, una sofisticata lente di ingrandimento. Quando si osserva al telescopio si guarda nell'oculare. Vedi l'apposito paragrafo nel testo.

**Parallelo.** Metodo di ripresa fotografico in cui la macchina fotografica è montata rigidamente "a cavallo" del telescopio, con un suo obiettivo normale (in genere dai 28 ai 500 mm di focale). Il

telescopio, in questo caso, serve solo come supporto mobile per inseguire il moto della volta celeste durante la posa (che varia dal mezzo minuto a un'ora circa). Vedi l'apposito capitolo nel testo.

**Planisfero.** E' uno dei nomi dato alle cartine che comprendono tutto il cielo visibile in un dato istante sopra l'orizzonte. Sono cartine a scala troppo ridotta per l'uso con uno strumento, ma vanno bene per imparare a riconoscere le costellazioni o per vedere dove sono i pianeti.

**Reflex.** Macchina fotografica in cui chi fotografa vede attraverso lo stesso obiettivo che focalizza poi sulla pellicola, mediante uno specchietto deviatore. Al momento dello scatto lo specchio si solleva (e quindi il mirino diviene buio), l'otturatore si apre (e quindi la pellicola viene colpita dalla luce). L'otturatore poi si richiude e lo specchio ritorna in posizione normale. Quasi il 90% delle macchine fotografiche "serie" moderne rientra in questa categoria. Utilizzano un formato del negativo di 24×36 mm, e la striscia di pellicola è larga 35 mm. Per questo motivo vengono chiamate sia "24×36" che "35 mm". Esistono anche macchine, reflex e non, che utilizzano altri formati di pellicola, come 6×6 cm, o 6×9 cm. Esse risultano però in genere troppo pesanti per l'uso accoppiate a telescopi amatoriali.

**Riflessione** (della luce). Proprietà di alcuni materiali (in genere metalli) di deviare un raggio luminoso che li colpisce secondo un angolo pari a quello di incidenza. Negli specchi per astronomia lo "specchio" vero e proprio è il sottilissimo strato di alluminio o argento depositato sopra il vetro. Il vetro stesso serve solo a dare sostegno e la forma voluta allo strato riflettente. In teoria si potrebbe anche fare uno specchio di legno, se si riuscisse a lavorarlo con sufficiente precisione e poi ad alluminarlo.

C'è da notare che anche i materiali trasparenti, come il vetro, riflettono parte della luce che li investe, caratteristica ovviamente sgradita per l'osservazione astronomica. Ciò spiega la diffusione dei trattamenti antiriflesso sulle ottiche che devono farsi attraversare dalla luce.

Una riflessione pressoché totale avviene anche se un fascio di luce, che già viaggi nel vetro, incontra una superficie di contatto vetro-aria secondo un angolo superiore ad un certo valore (angolo critico). In questo caso la luce viene riflessa all'interno del vetro, anche se la superficie non è alluminata. Questo è il principio sfruttato nei prismi deviatori a 90° formati appunto da un prisma isoscele.

I migliori specchi astronomici "super trattati" arrivano a riflettere - sino al 96-98% della luce incidente; l'alluminatura di uno specchio va rifatta quando la riflettività scende verso il 70-60%.

Come curiosità ricordiamo che non solo la luce, ma qualunque radiazione può, in un qualche modo, essere riflessa. Basti pensare alle comunicazioni radio su lunga distanza, che avvengono grazie alla ionosfera terrestre che riflette alcune onde radio.

**Rifrazione (della luce).** Fenomeno fisico per cui un raggio di luce devia (cambia traiettoria) se passa da un materiale ad un altro, arrivando alla superficie di separazione tra i due materiali con un angolo diverso da 90°. Naturalmente entrambi i materiali devono essere trasparenti. Si ha rifrazione quando la luce passa da aria a vetro o viceversa, oppure da aria a acqua. La rifrazione è responsabile del ben noto fenomeno del "cucchiaiino spezzato" riproducibile con un semplice bicchiere d'acqua.

**Rotazione di campo.** Fenomeno che si verifica in fotografia, causato da un non corretto stazionamento della montatura: fa sì che solo le stelle presso il centro del campo paiano puntiformi, e le altre come piccoli archi di cerchio concentrici, via via più ampi allontanandosi dal centro. A parità di formato della pellicola, la rotazione di campo è indipendente dalla focale utilizzata per la ripresa, in quanto la maggior definizione della focale più lunga viene compensata dal campo più stretto. E' l'unico vincolo che obbliga anche i telescopi a controllo elettronico, in grado di inseguire il moto apparente della volta celeste anche in modo altazimutale, ad utilizzare comunque una testa equatoriale per l'esecuzione di fotografie. Esistono però anche dei "rotatori" da applicare al piano

focale, sempre controllati elettronicamente, che compensano gli effetti della rotazione di campo facendo girare in modo opportuno il corpo della macchina fotografica. Una fotografia ripresa con un telescopio stazionato male (cioè con l'asse polare che punta a oltre 2° dal polo) richiederà molte correzioni durante la ripresa (vedi il capitolo sulla fotografia astronomica) e presenterà comunque una rotazione di campo; risulta ferma solo la stella su cui si è guidato.

**Seeing.** Termine inglese (traducibile con "visibilità") che indica la stabilità dell'atmosfera e, di conseguenza, quella delle immagini telescopiche. Un buon telescopio, con un buon seeing, darà immagini ferme e ben contrastate. Lo stesso strumento, con seeing cattivo, mostra immagini che paiono "bollire", con poco o nessun dettaglio. Questo parametro, ovviamente, è vitale nelle osservazioni di Sole, Luna e pianeti, mentre non è così determinante nelle osservazioni deep-sky. C'è da notare che il seeing non ha nulla a che fare con la trasparenza dell'aria, anzi. Spesso si ha un buon seeing quando c'è leggera foschia, mentre le notti di alta montagna, col cielo traboccante di stelle presentano facilmente un seeing modesto o addirittura pessimo.

**Slitta** (focagliatore a slitta). Sistema di messa a fuoco tipico di riflettori molto luminosi, newton o Schmidt-Newton. In questo sistema lo specchio secondario è solidale mediante una robusta sbarretta al porta oculari, e scorre avanti e indietro lungo l'asse ottico dello strumento variando la propria distanza dallo specchio primario. Perciò, per l'osservatore, l'oculare si muove "destra-sinistra" anziché "dentro-fuori". Questo sistema ha il vantaggio di permettere facilmente di raggiungere il piano focale anche con la macchina fotografica (il che non è sempre possibile con un focagliatore a cremagliera), ma richiede uno specchio secondario leggermente più grande. Inoltre la sbarretta che sostiene il secondario è molto spessa, per garantire la necessaria rigidità.

**Sistema DX.** Dispositivo di cui sono dotate alcune macchine fotografiche, che riconosce automaticamente la sensibilità del rullino inserito grazie ad alcune strisce metalliche applicate sul rullino stesso.

**Terminatore.** Linea che separa la parte in ombra di un corpo da quella illuminata. Normalmente si intende quello lunare. In questo caso il Sole, visto da un punto posto sul terminatore apparebbe radente l'orizzonte, con l'effetto di creare ombre molto lunghe e quindi di fare risalatre - per chi osserva dalla Terra - anche dettagli molto minimi.

**Trasmissione** della luce. Esprime la percentuale di luce che riesce ad attraversare una lente o una lastra. Più una lente è spessa - ovviamente - meno luce riesce ad attraversarla, in quanto non si può realizzare un materiale assolutamente trasparente. Una lente sottile (come quelle dei telescopi amatoriali), trattata antiriflesso, trasmette circa il 98% della luce che l'attraversa.

**Visus.** E' un indice della capacità visiva, di cui una banale misura sono i "decimi" che misura l'oculista. Chi ha 10/10 ha un visus perfetto, anche se in realtà una vista normale richiede anche capacità di messa a fuoco, visione dei colori, ecc.

**Zenitale.** Che sta allo zenith. Vedi zenith.

**Zenit.** E' il punto della volta celeste che sta esattamente sopra l'osservatore. Per definizione, tutti i punti dell'orizzonte distano esattamente 90° dallo zenith. In posizione simmetrica, al di sotto dell'osservatore, si trova il nadir.