

I TELESCOPI

I diversi tipi di telescopi

Un telescopio può essere costruito in molti modi diversi: con lenti (rifrattore), specchi (riflettore) o con una combinazione di lenti e specchi (catadiottrico). Ci sono tante configurazioni diverse perché ogni telescopio è più adatto a un determinato tipo di osservazione. In genere le caratteristiche più importanti di un telescopio sono:

- il diametro, e quindi la risoluzione;
- la focale;
- la qualità dell'immagine *in asse*, cioè al centro del campo visivo;
- la qualità dell'immagine *fuori asse*, cioè ai bordi del campo visivo.

Un altro parametro che va considerato è la *trasportabilità*, che, per chi come un astrofilo deve andare spesso in montagna per vedere un cielo decente, è essenziale. La lunghezza di un telescopio dipende dalla focale: più è lunga, più è lungo il tubo del telescopio, a meno che non si tratti di una configurazione particolare.

Le due caratteristiche più importanti, cioè il diametro e la focale, spesso si esprimono in due numeri scritti in questo rapporto: $114/900$ (ad esempio) che vuol dire un telescopio di 114mm di diametro e 900mm di focale. In genere gli *obiettivi fotografici* si caratterizzano in questo modo: $200\text{mm } f/4$ oppure $200/4$ che vuol dire un obiettivo da 200mm di *focale* e con diametro di $200\text{mm}/4=50\text{mm}$ mentre un altro modo di indicare i *telescopi* è simile ma di altro significato: $200\text{mm } f/4$ per un telescopio significa 200mm di *diametro* con focale $200\text{mm} \cdot 4=800\text{mm}$. Le aberrazioni (fig.1) sono quelle che limitano la qualità dell'immagine ottenibile con un telescopio: possono essere dovute a difetti di lavorazione, ma più spesso fanno parte integrante del progetto di un telescopio (non esiste un telescopio perfetto!). Le principali sono:

1. assiali (peggiorano la qualità dell'immagine in asse)
 - aberrazione cromatica assiale: la lunghezza focale del sistema cambia con la lunghezza d'onda, dando luogo a un'immagine confusa
 - aberrazione sferica: i raggi di luce non convergono nello stesso punto, e anche qui si ha un'immagine confusa
2. fuori asse (sono visibili solo lontano dal centro dell'immagine)
 - aberrazione cromatica laterale: l'ingrandimento cambia con la lunghezza d'onda, e quindi le stelle appaiono come barrette multicolori tanto più lunghe quanto più ci si allontana dall'asse
 - coma: le stelle appaiono sotto forma di piccole "comete"
 - astigmatismo: le stelle fuori asse hanno un'immagine deformata in modo da apparire più grande e solitamente allungata in una direzione
 - curvatura di campo: il "piano focale" non è "piano" ma ha una curvatura. Questa aberrazione è poco visibile ad occhio, perché l'occhio umano la compensa adattando la sua messa a fuoco, ma è grave in fotografia.

Configurazioni

Qui indichiamo le caratteristiche principali delle più importanti configurazioni di telescopi. I “pregi” e i “difetti” sono sempre *relativi*, perché bisogna tener conto dell'utilizzo dello strumento.

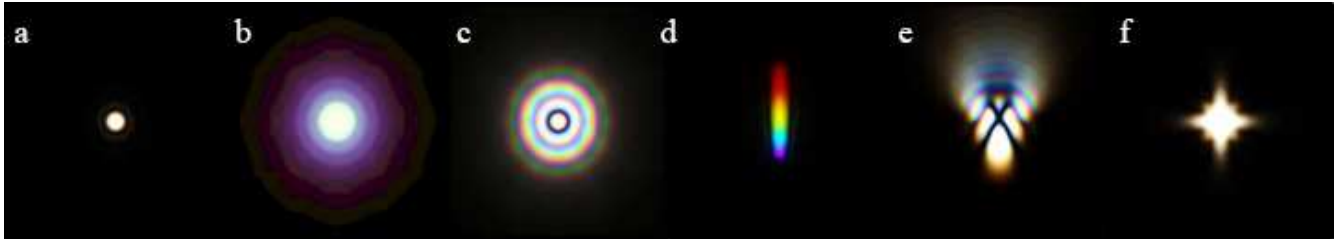


Figura 1 – Le aberrazioni più importanti: a – nessuna aberrazione; b – aberrazione cromatica assiale; c – aberrazione sferica; d – aberrazione cromatica laterale; e – coma; f - astigmatismo

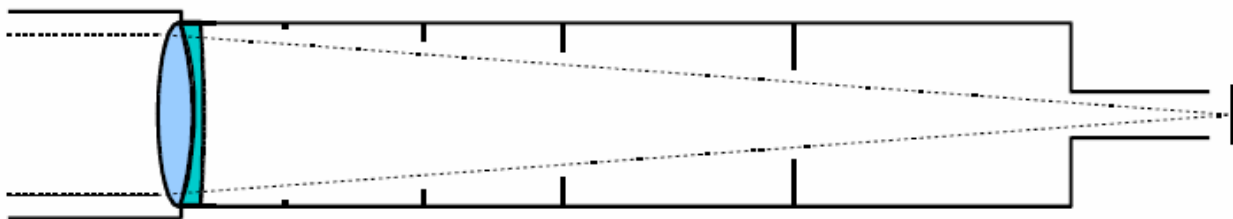


Figura 2 – Schema ottico di un telescopio rifrattore

Rifrattori

Doppietti acromatici (fig.2) – in genere hanno un diametro relativamente piccolo, lunga focale e ottima qualità di immagine sia in asse che fuori asse. Soffrono di residui di aberrazione cromatica quanto più la focale è corta. L'aberrazione cromatica è trascurabile se la focale espressa in *mm* è maggiore di $0.122D^2$, dove *D* è il diametro in *mm*. Quindi, se in un telescopio 60/700 l'aberrazione cromatica è trascurabile, in un telescopio da 150/1200 invece sarà evidente nell'osservazione ad alto ingrandimento. Per quanto riguarda la trasportabilità, è evidente che il tubo è lungo circa quanto la lunghezza focale dello strumento.

Pregi – ottima qualità di immagine, alto ingrandimento, soffrono la turbolenza un po' meno dei riflettori, campo praticamente piano.

Difetti – in genere piccolo diametro, lunga focale, poca trasportabilità, costo relativamente elevato in rapporto al diametro.

Doppietti e tripletti apocromatici – possono avere un diametro maggiore a parità di focale rispetto ai doppietti tradizionali, ma l'aberrazione cromatica risulta contenuta.

Pregi – ottima qualità di immagine, buona luminosità adatta sia per osservazioni visuali che per fotografia, soffrono la turbolenza un po' meno dei riflettori, buona trasportabilità dovuta alla focale più corta.

Difetti – costo *molto* elevato, molte volte superiore a quello di un riflettore di pari diametro.

Riflettori

Come abbiamo visto, uno specchio forma un'immagine dalla stessa parte dell'oggetto che si sta osservando. Questo può anche andar bene quando si fanno osservazioni fotografiche o CCD con grossi telescopi, in cui basta mettere la pellicola o il sensore CCD *davanti* allo specchio; ma nel nostro telescopio dovremmo mettere la testa davanti al telescopio e toglieremmo tutta la luce all'obbiettivo!

Ci sono tre tipi di soluzione a questo problema:

1. *Newtoniano* – il telescopio Newton (fig.3) ha, davanti allo specchio primario *parabolico*, uno specchietto piano inclinato a 45° che riflette lateralmente l'immagine formata dal primario. In questo modo è possibile osservare guardando “di fianco” nel tubo. Lo specchio piano forma un'*ostruzione* che impedisce a una piccola parte della luce di raggiungere lo specchio primario. Uno degli effetti dell'ostruzione è quello di peggiorare la qualità dell'immagine, effetto pressoché trascurabile se l'ostruzione ha un diametro di meno del 20% del primario, ma che comincia a essere considerevole sopra il 30%. Come tutti i riflettori, il Newton non ha aberrazione cromatica. Il Newton soffre di un'aberrazione chiamata *coma* che si manifesta con stelle deformate *fuori asse*, mentre l'immagine *in asse* è pressoché perfetta (dipende dalla qualità degli specchi). Il coma è tanto peggiore quanto più è corta la focale rispetto al diametro. Il tubo del Newton è lungo circa quanto la focale del telescopio, ma è possibile costruire strumenti di corta focale che risultano abbastanza facilmente trasportabili. Il suo grande pregio è la semplicità di costruzione, che lo rende il più economico dei telescopi a parità di diametro. E' anche possibile costruirlo smontabile, in una configurazione chiamata *Dobson* che vedremo più avanti.

Pregi – ottima qualità di immagine in asse, luminosità che può essere scelta a piacere, assenza di aberrazione cromatica, buona trasportabilità con strumenti di medie dimensioni, costo minimo.

Difetti – aberrazioni fuori asse notevoli in strumenti di corta focale (che può essere corretta con apposite lenti aggiuntive chiamate *correttori di coma*).

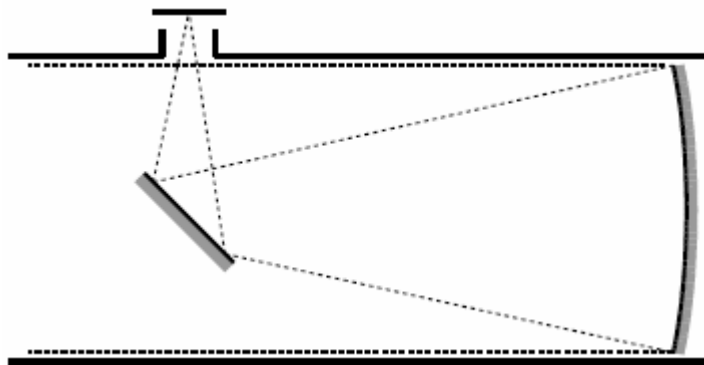


Figura 3 – Schema ottico di un telescopio riflettore Newton

2. *Cassegrain* – nel Cassegrain viene praticato un foro nello specchio primario e si mette uno specchio secondario che riflette l'immagine attraverso il foro, in modo da poter osservare “da dietro” come nei rifrattori. Lo specchio secondario è convesso, e così la focale del telescopio viene allungata rispetto a quella dello specchio primario,

permettendo di ottenere focali molto lunghe con un tubo corto (fig.4). L'ostruzione è superiore a quella del Newton. Il Cassegrain tradizionale soffre di *coma* come il Newton, ma esiste un tipo diverso (il *Ritchey-Chrétien*) che non soffre di *coma* ma di *astigmatismo*. Nei Cassegrain la focale è sempre piuttosto lunga, il che permette di raggiungere facilmente alti ingrandimenti ma può essere un problema in fotografia.

Pregi – buona qualità di immagine in asse, assenza di aberrazione cromatica, ottima trasportabilità.

Difetti – aberrazioni fuori asse non trascurabili, scarsa reperibilità in commercio.

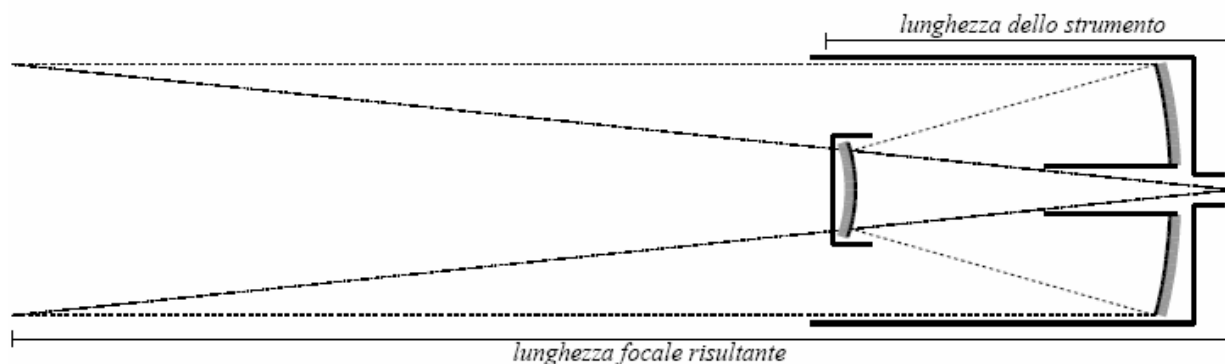


Figura 4 – Schema ottico di un telescopio riflettore Cassegrain

3. *Strumenti a specchi inclinati* – consistono in un insieme di specchi inclinati in modo da non presentare ostruzione. Inventati da A.Kutter in Germania vengono chiamati *Schiefspiegler* (a due specchi) e *Trischiefspiegler* (a tre specchi). Sono strumenti interessanti, ma estremamente specializzati a causa della loro focale molto lunga. Non si trovano facilmente in commercio.

Catadiottrici

I sistemi catadiottrici usati in astronomia sono formati solitamente da un sistema a specchi con una lente correttiva davanti.

1. *Camere Schmidt e Maksutov* (fig.5-6) – questi sono strumenti solo fotografici, formati da uno specchio sferico e una lente correttiva posta davanti allo specchio. L'immagine si forma tra lo specchio e la lente, dove viene raccolta dalla pellicola. E' impossibile usarli così come sono per osservazioni visuali, ma offrono prestazioni eccezionali per la fotografia a grande campo. Sono caduti pressoché in disuso presso gli astrofili per le difficoltà di utilizzo (messa a fuoco, stabilizzazione termica). Nella camera Schmidt la lente correttiva ha una faccia piana e una faccia lavorata con una figura asferica molto debole, mentre nella camera Maksutov la lente correttiva è un menisco fortemente curvo ma con superfici sferiche.

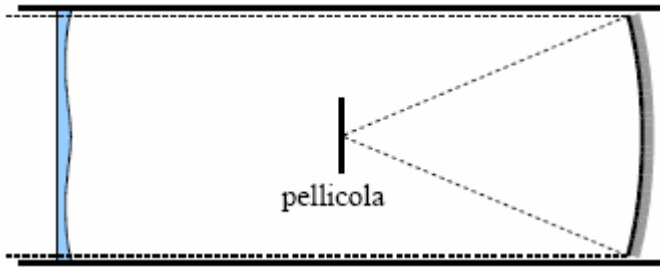


Figura 5 – Camera Schmidt

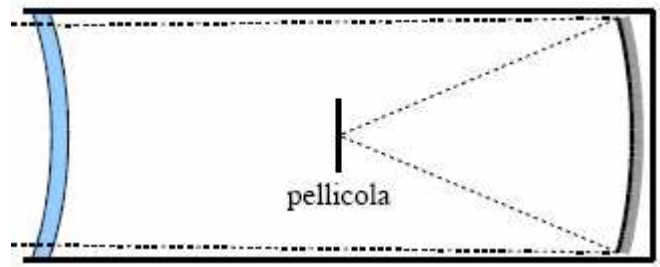


Figura 6 – Camera Maksutov

2. *Schmidt-Cassegrain (fig.7)* – lo Schmidt-Cassegrain ha la forma di un Cassegrain classico con in più una lastra correttiva di Schmidt. Solitamente lo specchio secondario viene fissato direttamente alla lastra. E' uno degli strumenti preferiti dagli astrofili. La focale in genere è piuttosto lunga, intorno a 10 volte il diametro. Possono essere usati in fotografia con riduttori di focale o con pellicole molto sensibili.

Pregi – buona qualità di immagine sia in asse che fuori asse, aberrazione cromatica trascurabile, ottima trasportabilità.

Difetti – costo non trascurabile, curvatura di campo (eliminabile in fotografia con i riduttori di focale dedicati).

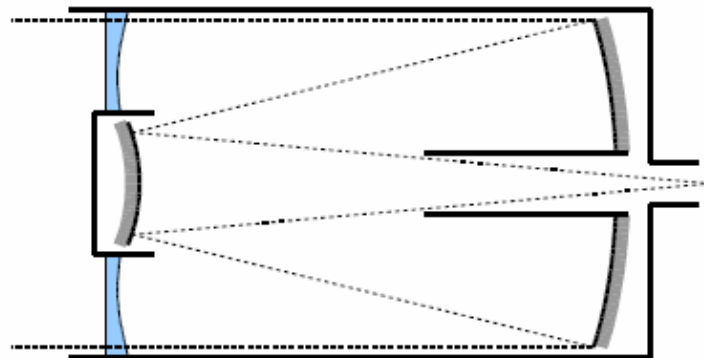


Figura 7 – Schmidt - Cassegrain

3. *Maksutov-Cassegrain (Rumak)* – i sistemi Maksutov-Cassegrain hanno la forma di un Cassegrain classico con in più un menisco correttore. Lo specchio secondario viene montato sul menisco. I *Rumak (fig.8)* danno immagini buone su tutto il campo; hanno prestazioni simili a quelle degli Schmidt-Cassegrain, ma con una curvatura di campo minore.

Pregi – buona qualità di immagine sia in asse che fuori asse, aberrazione cromatica trascurabile, ottima trasportabilità.

Difetti – costo relativamente elevato.

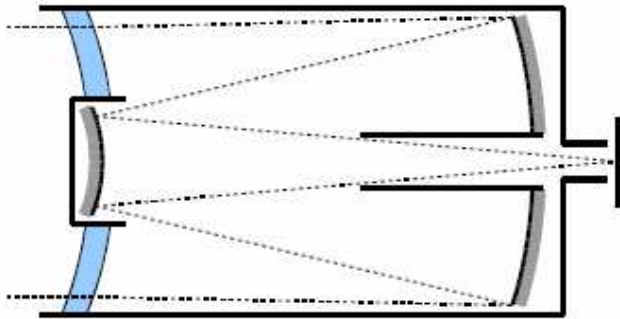


Figura 8 – Maksutov - Rumak

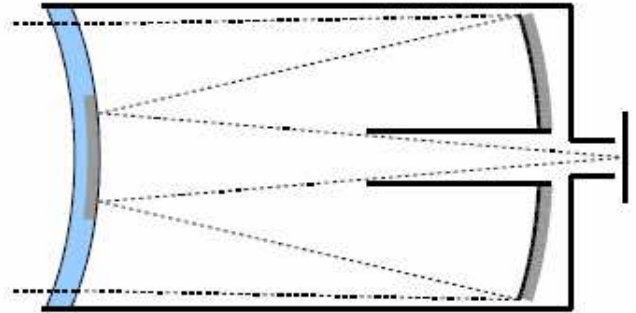


Figura 9 – Maksutov - Gregory

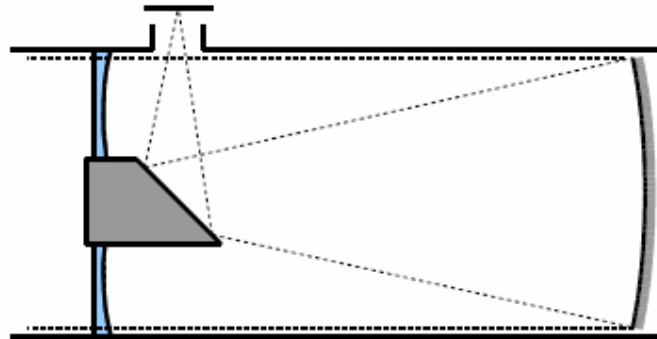


Figura 10 – Schmidt - Newton

4. *Schmidt-Newton e Maksutov-Newton* – nello Schmidt-Newton (fig.10) lo specchio primario è sferico, e l'aberrazione sferica che ne risulta viene corretta da una lastra Schmidt posta all'altezza del secondario. Le prestazioni sono un po' migliori rispetto a quelle di un Newton di pari diametro e lunghezza focale. Ancora migliori sono le prestazioni del Maksutov-Newton. Tuttavia questi strumenti hanno un costo superiore agli equivalenti Newtoniani, e la semplicità costruttiva viene in parte perduta.

Le montature

Per poter essere usato con profitto, ogni telescopio va sostenuto da una montatura. La montatura deve mantenere lo strumento stabile, permettendo allo stesso tempo di orientare il telescopio nella direzione voluta. Le montature si dividono in due categorie principali: le montature *altazimutali* e le montature *equatoriali*. Nella montatura *altazimutale* il telescopio viene puntato tramite due movimenti, uno chiamato di *azimuth* e uno chiamato di *altezza*. La sua struttura è la più semplice. Nella montatura equatoriale, invece, un asse (chiamato *asse di ascensione retta* o *asse polare*) è parallelo all'asse di rotazione della Terra, e quindi risulta inclinato rispetto alla verticale del luogo, puntando verso il polo nord celeste. L'altro asse è chiamato *asse di declinazione*. Il vantaggio della montatura equatoriale è che un movimento uniforme attorno all'asse polare compensa esattamente il movimento di rotazione della Terra, e quindi permette di *inseguire* gli astri durante il loro moto diurno, con un motore elettrico che lo fa ruotare a velocità costante. La montatura equatoriale è pressoché indispensabile per effettuare fotografie o riprese CCD; anche se i telescopi computerizzati permettono in teoria di ottenere un buon inseguimento anche con le montature altazimutali, con gli strumenti commerciali ciò è molto complicato e non dà gli stessi risultati. Le montature equatoriali usate dagli astrofili si dividono in due tipi principali: a *forcella* e *alla tedesca* (fig.11). La montatura a forcella è adatta solo a strumenti corti (come i Cassegrain o gli Schmidt-Cassegrain), mentre

la montatura alla tedesca è adatta a tutti i tipi di telescopio. Nella scelta è da tenere presente che un tubo lungo, a parità di peso, è più difficile da sostenere in modo stabile di uno corto; inoltre la montatura alla tedesca ha bisogno dei contrappesi a differenza della montatura a forcella. D'altra parte la montatura alla tedesca permette una maggiore libertà di movimenti. Ad oggi, le montature in commercio sono quasi tutte alla tedesca, con l'importante eccezione delle montature a forcella vendute insieme ai telescopi Schmidt-Cassegrain e Maksutov-Cassegrain.

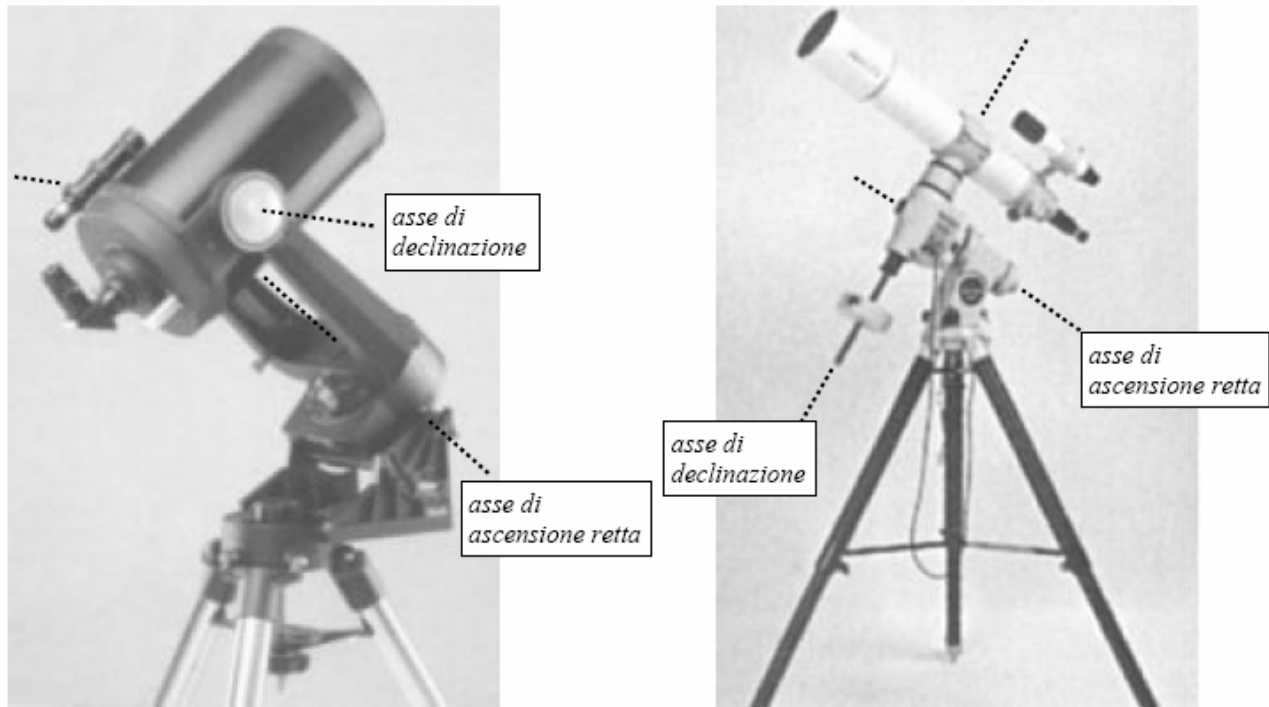
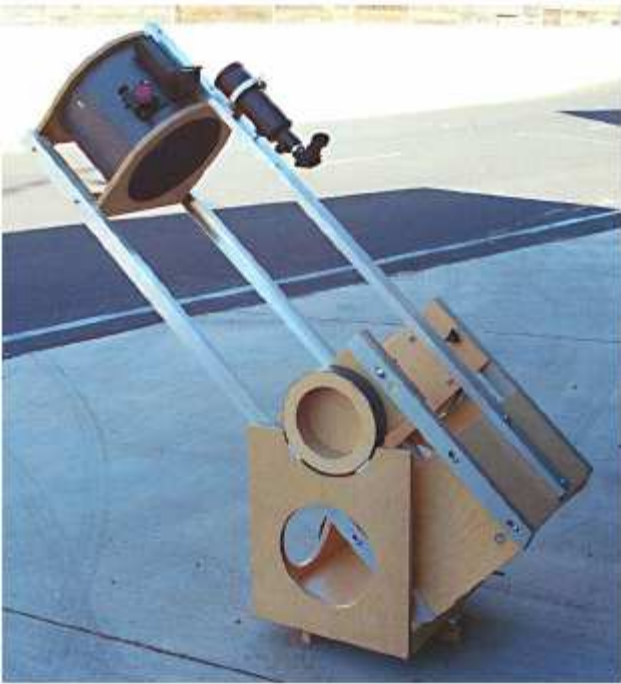


Figura 11 – Montatura a forcella (sinistra) e montatura alla tedesca (destra; da <http://astrolink.mclink.it>)

Le montature computerizzate

Il mercato offre anche le *montature computerizzate*, che permettono il puntamento automatico degli oggetti celesti. Spesso si trovano in commercio anche interi strumenti, con ottica, montatura e computer a prezzi abbordabili; in quest'ultimo caso la montatura è spesso altazimutale. Vale la pena acquistare un telescopio computerizzato? La risposta è: dipende. Se vogliamo conoscere il cielo, la montatura che “punta da sola” può essere un aiuto ma anche un ostacolo, eliminando la ricerca visiva degli oggetti che è il modo migliore per imparare. Se lo scopo è effettuare fotografie o riprese CCD, la montatura a puntamento automatico è utilissima, purché questo non vada a scapito della stabilità o della precisione di inseguimento. Per quanto riguarda l'osservazione visuale, si vive bene anche senza, a patto di avere un buon cercatore, un buon atlante e un cielo buio!

Il telescopio Dobson



Il telescopio Dobson, o “dobsoniano”, permette di avere un telescopio di grande apertura a un costo molto basso. Il telescopio è di tipo Newton, montato su una montatura altazimutale che ne permette lo spostamento in altezza tramite due perni, ed in azimut tramite una piattaforma rotante appoggiata su una base fissa. L'estrema semplicità li rende inutilizzabili per la fotografia, visto che l'inseguimento deve essere effettuato annualmente; d'altra parte questi strumenti sono ottimi per l'osservazione visuale, e possono essere facilmente trasportati in luoghi bui.

Come scegliere il primo telescopio

Non esiste una soluzione valida per tutti: la scelta è condizionata da moltissimi fattori, primo tra tutti il *budget* disponibile. Per un'introduzione generale all'astronomia, il telescopio più consigliato continua a essere a nostro avviso un piccolo Newtoniano (tra 10cm e 20cm di diametro) su montatura equatoriale, possibilmente con motorizzazione o con la possibilità di aggiungerla. Oggi un telescopio Newton da 130mm si può trovare a un prezzo intorno ai 300€ nuovo. Un telescopio del genere consente osservazioni di tutti i tipi, e permette anche di avvicinarsi alla fotografia astronomica.