

Strumenti: i telescopi

M. Monaci¹★

¹Osservatorio Astronomico di Punta Falcone, Piombino

17 January 2019

ABSTRACT

In questa breve nota descriveremo i principali tipi di telescopi, soffermandoci in particolare sul *perché* si usino i telescopi e quali siano le loro caratteristiche fondamentali. Descriveremo i parametri più importanti per un telescopio, quale il diametro, la lunghezza focale e lo schema ottico, indicando quali siano i telescopi più adatti per condurre una particolare osservazione, sia essa una osservazione fotometrica, una osservazione spettroscopica oppure uno studio astrometrico.

Key words: telescopi – schemi ottici

1 INTRODUZIONE

Qualunque impianto ottico (anche l'occhio umano) possiede determinate caratteristiche per osservare proficuamente e raccogliere efficientemente informazioni dal mondo esterno utilizzando le onde elettromagnetiche. Poiché le situazioni osservative sono incredibilmente diverse l'una dall'altra, si pensi alle condizioni di illuminazione della notte e del giorno, è chiaro che si rendono necessari strumenti ottici *diversi* per situazioni *diverse*.

Facciamo subito un esempio. Il nostro occhio si è sviluppato in migliaia di anni di evoluzione, e chiaramente si è sviluppato per avere la massima efficienza durante il giorno: infatti l'uomo è un essere diurno, e come tale è necessario avere un buon impianto ottico per vedere e per discernere i particolari. Durante la notte il nostro occhio funziona meno, in quanto non è sviluppato per poter osservare in condizioni di illuminazione scarsa.

Ecco che quindi si rende necessario costruire strumenti che ci permettano di osservare il mondo anche quando il nostro occhio non ne è in grado, per esempio in condizioni di scarsa illuminazione.

2 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Qualunque sistema ottico può essere descritto dalle seguenti caratteristiche:

- Area di raccolta;
- Risoluzione angolare;
- Luminosità minima;
- Risposta in frequenza;
- Lunghezza focale.

Ne consegue che se vogliamo osservare in differenti condizioni, dovremo andare a modificare una (o tutte) queste carat-

teristiche. Passiamo quindi ad una breve descrizione di ciascuna di esse.

2.1 Area di raccolta

L'area di raccolta è forse la caratteristica più importante di un sistema ottico. Di solito ci si pone la domanda: *quanto può arrivare lontano questo telescopio?* Oppure, *quanto può ingrandire questo telescopio?*; come possiamo vedere, queste caratteristiche non le abbiamo considerate, in quanto non sono fondamentali, ed anzi, in linea teorica le possiamo modificare a nostro piacimento.

La caratteristica invece fondamentale è l'**area di raccolta**. In altre parole è l'area dello specchio primario o della lente primaria del telescopio. Nel caso di un binocolo, l'area di raccolta è data dalla somma delle due aree delle lenti frontali.

Poiché l'area è collegata al diametro, di solito si preferisce indicare direttamente il *diametro* del telescopio o dello strumento ottico.

Perché è così importante questa caratteristica? Perché un telescopio più grande *raccoglie più luce*; possiamo osservare anche in situazioni con poca illuminazione. In altre parole possiamo osservare oggetti via via sempre più deboli.

Qualche esempio:

- La nostra pupilla ha un diametro di circa 5 millimetri. In condizioni di forte illuminazione (ovvero quando non serve una grande area di raccolta) può arrivare ad un diametro di circa un paio di millimetri o anche meno. In piena notte, dove invece è necessario avere la massima area di raccolta possibile, può raggiungere anche i 7 millimetri.

- Un piccolo telescopio amatoriale ha un diametro di circa 10 centimetri, ovvero 20 volte maggiore del nostro occhio. E' chiaro che con uno strumento del genere possiamo osservare in condizioni di scarsissima illuminazione.

- Allo stato attuale il più grande telescopio ottico (GranTeCan, GTC) ha un diametro di circa 10.4 metri, si trova sull'isola di

* E-mail: monaci93@gmail.com

La Palma alle Canarie, ed è gestito dall'Istituto de Astrofisica de Canarias. Il sito del GTC: [GTC](#) (nelle referenze).

- Il telescopio ottico più grande in costruzione è l'European Extremely Large Telescope (E-ELT). A fine lavori avrà un diametro di ben 39 metri. Verrà costruito sul *Cerro Armazones*, in Cile. Il sito dell'E-ELT: [EELT](#) (nelle referenze).

Da questi esempi appare chiaro che un telescopio è tanto più efficiente quanto è maggiore il suo diametro principale, in quanto è possibile osservare oggetti via via più deboli.

NOTA IMPORTANTE. L'unico oggetto che presenta il problema diametralmente opposto è il Sole: infatti è talmente luminoso che osservarlo direttamente con uno strumento ottico può avere conseguenze nefaste, la migliore delle quali è *friggere completamente la macchina fotografica applicata al fuoco, oppure perdere definitivamente la vista. Per fare un esempio, anche il Telescopio Spaziale Hubble (HST) ha un limite relativo al minimo angolo di separazione rispetto al Sole, chiamato *Solar Avoidance Angle*, pari a 50 gradi. Ciò significa che non è possibile puntare un oggetto che sia più vicino di 50 gradi rispetto al Sole, questo per proteggere le delicate ottiche e gli strumenti.*

2.2 Risoluzione angolare

Questa caratteristica è cruciale, in quanto la risoluzione angolare ci dice *quanto possono essere vicini due oggetti affinché li possiamo riconoscere come due oggetti distinti*. Anche in questo caso possiamo fare un esempio: immaginiamo di avere due palline da ping pong separate da circa 10 centimetri, e posizionate ad una distanza di circa 10 metri. In questo caso anche ad occhio nudo possiamo distinguerle come due palline separate senza troppi problemi. Posizioniamole ora ad 1 km di distanza: in questo caso ad occhio nudo non possiamo discernerele, ma utilizzando un binocolo sì.

Quindi in definitiva: un telescopio o in generale uno strumento ottico deve essere in grado, per quanto possibile, di discernere due oggetti molto vicini fra loro.

Per esempio l'European Extremely Large Telescope potrebbe essere in grado di individuare una moneta da un euro da una distanza di oltre 800 km!

In astronomia questo si traduce nel fatto per esempio di separare una stella doppia, che magari ad occhio nudo ci appariva come oggetto singolo.

Effettivamente la risoluzione angolare non è una caratteristica indipendente del telescopio, ma dipende dall'area di raccolta. Notiamo quindi come telescopi più grandi possano essere in grado di discernere particolari molto più minuti rispetto a telescopi più piccoli. Ancora, con telescopi più grandi si riescono a distinguere maggiori dettagli.

2.3 Luminosità minima

Anche questa caratteristica è direttamente collegata all'area di raccolta: maggiore è l'area di raccolta, minore è la luminosità minima. In altre parole, se un telescopio è molto grande, possiamo osservare oggetti più deboli. Per esempio, l'occhio umano, in ottime condizioni, è in grado di osservare circa 3000 stelle durante una notte serena. Usando un telescopio modesto, tale numero sale rapidamente alle centinaia di milioni.

Table 1. La magnitudine di qualche oggetto astronomico.

Oggetto	Mag
Sole	-27
Luna	-12
Venere	-4
Giove	-2.5
Sirio	-1.4
Polare	2

2.3.1 Le magnitudini

Per motivi storici in astronomia si usa una scala di luminosità particolare, che suddivide le classi di luminosità in magnitudini; ad una particolare luminosità viene associato un numero. Per rendere le cose più complicate, tale scala è al contrario. In altre parole, le stelle più luminose visibili nel cielo sono di magnitudine (abbreviato *mag*) 1, quelle un po' più deboli sono di magnitudine 2 e così via. Le stelle più deboli visibili a malapena ad occhio nudo sono di magnitudine 6.

Si nota bene come questa scala sia piuttosto limitante: innanzitutto è soggettiva, ed inoltre non permette di classificare oggetti più deboli (o più luminosi).

Il primo problema è stato aggirato imponendo che le stelle di una classe superiore fossero 2.5 volte più deboli di quelle della classe precedente. Questo significa che una stella di magnitudine 1 è più luminosa di 2.5 volte rispetto ad una stella di magnitudine 2. Sempre seguendo questo ragionamento, si scopre che le stelle di magnitudine 6 sono 100 volte più deboli delle stelle di magnitudine 1.

Per risolvere il secondo problema invece si è allargata la scala delle magnitudini: ecco che con un binocolo possiamo osservare agilmente stelle di magnitudine 9, con un modesto telescopio arriviamo a stelle di magnitudine 13, mentre con un buon telescopio (come per esempio quello di Piombino) si riesce agilmente ad arrivare alla magnitudine 20 in ottime serate. Con i più potenti telescopi disponibili alla comunità internazionale si può arrivare fino alla magnitudine 30.

Viceversa oggetti più luminosi delle stelle di magnitudine 1 vengono classificati con la magnitudine 0. Un esempio è dato dalla stella Vega, che fra le altre cose viene presa come riferimento per le luminosità. Se dobbiamo misurare oggetti ancora più luminosi si sfruttano le magnitudini negative. Ecco quindi che Sirio, che è la stella più luminosa del cielo notturno raggiunge una magnitudine di -1.4, mentre la Luna piena ha una magnitudine di circa -12. Il Sole, che chiaramente è l'oggetto più luminoso in assoluto, raggiunge la magnitudine -27.

In Tabella 1 sono riportate le magnitudini di alcuni oggetti astronomici.

2.4 Risposta in frequenza

La radiazione elettromagnetica che riusciamo a osservare usando i nostri occhi rappresenta una piccolissima parte di quella che è la grande famiglia dello spettro elettromagnetico. Lo spettro elettromagnetico è l'insieme di tutte le onde elettromagnetiche, di cui ovviamente fa parte anche la luce visibile. Assieme ad essa troviamo le onde radio, gli infrarossi, i raggi ultravioletti, i raggi X e i raggi gamma.

In Fig. 1 possiamo vedere una rappresentazione dello spettro elettromagnetico. Come possiamo ben vedere, il visibile occupa solo

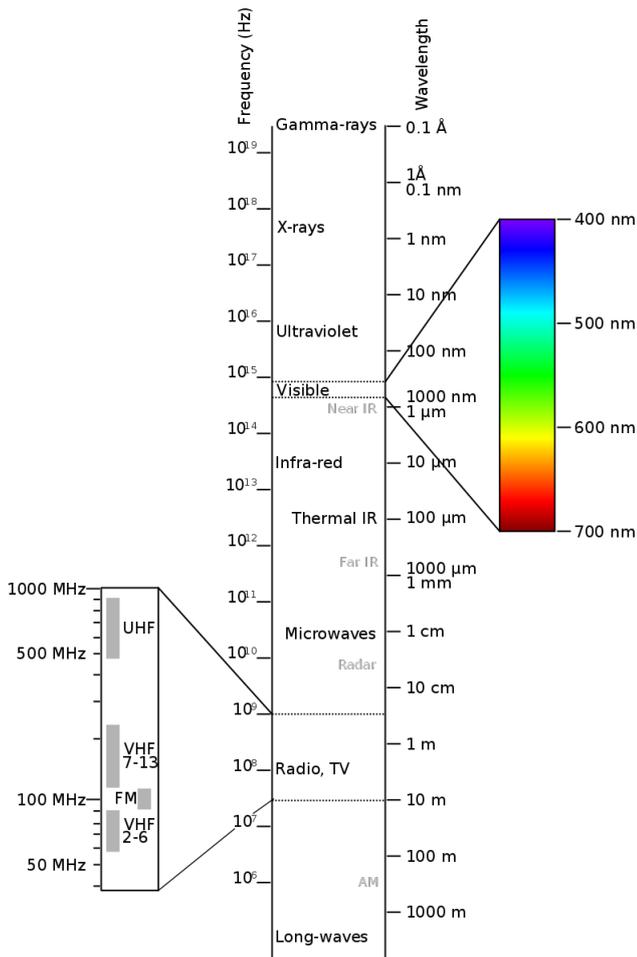


Figure 1. Schema dello spettro elettromagnetico. In alto ci sono le onde più energetiche, quindi a maggior frequenza e minor lunghezza d'onda. In basso invece troviamo le onde meno energetiche, quindi a minor frequenza e maggiore lunghezza d'onda.

una piccolissima parte dell'intero spettro elettromagnetico. Un'onda in generale può essere definita da due parametri dipendenti fra di loro:

- **Lunghezza d'onda (λ).** Indica la distanza che intercorre fra due picchi successivi dell'onda considerata. Si misura in metri e suoi sottomultipli. Per fare un esempio, l'occhio è sensibile alle onde con una lunghezza d'onda compresa fra i circa 400 nanometri (miliardesimi di metro) e i 700 nanometri. Le onde radio televisive di solito hanno lunghezze d'onda di circa un metro. I raggi gamma invece hanno lunghezze d'onda piccolissime, paragonabili con le dimensioni di un atomo (ecco perché sono così pericolose, riescono a "penetrare" a fondo nella materia).

- **Frequenza (ν).** Indica quanti picchi dell'onda si ripetono al secondo. L'unità di misura è l'Hertz (Hz) e suoi multipli. Il numero che leggiamo quando sintonizziamo la radio della macchina altro non è che la frequenza di quell'onda. Nel caso delle onde della radio commerciale parliamo di circa un centinaio di megahertz (100 MHz, ovvero 100 milioni di Hertz).

Come abbiamo detto queste due quantità sono fra di loro collegate. Infatti poiché tutte le onde elettromagnetiche devono viaggiare alla velocità della luce, risulta che quando è alta la frequenza, è bassa

la lunghezza d'onda e viceversa. In particolare indicando con c la velocità della luce (che vale circa $300'000 \text{ km/s}$) possiamo scrivere:

$$c = \lambda \nu \quad (1)$$

Poiché la velocità della luce è una costante, risulta equivalente descrivere un'onda per la sua lunghezza d'onda oppure per la sua frequenza. Per motivi storici questo non è uniforme: per esempio in astronomia ottica e infrarossa si preferisce utilizzare la lunghezza d'onda con una sua particolare unità di misura (ovvero l'Angstrom, indicato con il simbolo \AA , che vale 0.1 nanometri - quindi per esempio 400 nanometri possiamo indicarli come 4000 \AA); in radioastronomia si usano le frequenze, e quindi non è raro trovare indicazioni di osservazioni effettuate per esempio a 200 GHz (gigahertz, ovvero 200 miliardi di Hertz).

Ogni strumento è in grado di effettuare misurazioni in un ristretto campo dello spettro elettromagnetico: è per questo che esistono radiotelescopi, telescopi ottici, infrarossi eccetera. Infatti non possiamo per esempio compiere osservazioni infrarosse usando un telescopio ultravioletto; così come non possiamo fare osservazioni nel visibile con un radiotelescopio.

Si definisce quindi la **risposta in frequenza** come la *regione dello spettro elettromagnetico nel quale lavora proficuamente il nostro strumento*. Tale area di lavoro non è ben definita, ma più che altro spingendoci verso i limiti di tale area il nostro telescopio fornirà dati sempre peggiori, fino a diventare completamente "cieco" se ci allontaniamo troppo dalla sua area di lavoro.

Nel nostro caso tratteremo solo di telescopi ottici, che grosso modo hanno la stessa area di lavoro dell'occhio umano: effettivamente con un telescopio possiamo andare un po' oltre le capacità del nostro occhio, riuscendo ad osservare una parte dei raggi ultravioletti e una parte dell'infrarosso, che invece sono invisibili al nostro occhio.

2.5 Lunghezza focale

Molto semplicemente, la lunghezza focale è la lunghezza del percorso fatta dai raggi luminosi all'interno del telescopio o del nostro sistema ottico. Come per il diametro, si misura in metri ed eventualmente suoi sottomultipli. Il rapporto fra la lunghezza focale e il diametro del telescopio fornisce quello che viene chiamato *rapporto focale*, e di solito si indica con la nomenclatura **f/N**, dove N è un numero che per l'appunto esprime il rapporto. Per esempio, se dispongo di un telescopio con un diametro di 20 cm e una lunghezza focale di 100 cm, il rapporto focale verrà indicato con $f/5$. Di solito si usa indicare telescopi con bassi rapporti focali come *strumenti luminosi*, come per esempio un $f/3$ o addirittura un $f/2$. Strumenti invece che hanno un alto rapporto focale vengono indicati come *strumenti poco luminosi*, e avranno rapporti del tipo $f/8$ o $f/10$. Ciò non significa che siano strumenti di minor pregio o che siano poco utili, ma semplicemente devono essere utilizzati per altre tipologie di osservazioni. Infatti uno strumento luminoso dispone di solito di un campo molto grande e di un ingrandimento generalmente basso, cosa che lo rende particolarmente adatto alle *survey*, ovvero grandi setacciamenti della volta celeste alla ricerca di nuovi oggetti (asteroidi, supernovae eccetera). Di contro, un telescopio poco luminoso avrà un campo inquadrato più piccolo con alti ingrandimenti: queste caratteristiche lo rendono perfetto per studi di oggetti piccoli, di cui è magari necessario conoscerne i dettagli più fini. Un esempio è lo studio di galassie lontane.

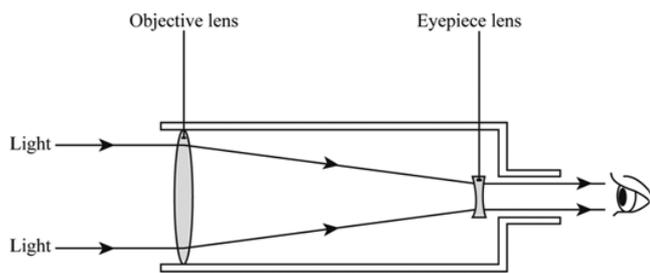


Figure 2. Schema ottico di un telescopio rifrattore. La luce proviene da sinistra, entra nell'obiettivo e viene successivamente focalizzata dalla lente oculare.

3 TIPOLOGIE DI TELESCOPI

Storicamente i telescopi vengono suddivisi in tre grandi categorie, in base al sistema ottico utilizzato. Possiamo quindi elencare le tre categorie:

- **Rifrattori.** Sono i telescopi che utilizzano esclusivamente *lenti* per raccogliere e convogliare la radiazione.
- **Riflettori.** Sono i telescopi che utilizzano esclusivamente *specchi* per raccogliere e convogliare la radiazione.
- **Catadiottrici.** Sono i telescopi che utilizzano sia *specchi* che *lenti* per raccogliere e convogliare la radiazione.

Nei seguenti parametri andremo a elencare le principali caratteristiche di queste tre categorie.

3.1 Rifrattori

I rifrattori sono stati storicamente i primi telescopi utilizzati. Il famoso cannocchiale di Galileo, costruito probabilmente a partire da schemi ottici olandesi, era un rifrattore. I rifrattori hanno il vantaggio di fornire immagini molto precise, tuttavia il loro costo diventa rapidamente proibitivo con l'aumento del diametro. Inoltre superati i 40 centimetri di diametro, anche ingegneristicamente diventa difficile costruirli. Infatti le lenti possono essere sorrette solo lungo il bordo della lenti stesse e questo implica che lenti grandi possano deformarsi per via del loro stesso peso.

Lo schema ottico dei rifrattori è di fatto molto semplice: consta di lente anteriore piuttosto grande (obiettivo) e di una lente posteriore (oculare) che focalizza la luce sul rivelatore, sia esso il nostro occhio o una macchina fotografica. In Fig. 2 possiamo vedere lo schema ottico di un telescopio rifrattore.

Un altro svantaggio che può essere parzialmente aggirato è rappresentato dall'*aberrazione cromatica*. Le lenti di solito riescono a mettere a fuoco in un determinato piano solo uno specifico colore: ne consegue che colori diversi vengono messi a fuoco su piani diversi. E' per questo motivo che guardando attraverso una lente non tanto buona i bordi degli oggetti osservati presentano una sorta di arcobaleno. Per ovviare a questo problema che può essere particolarmente fastidioso per le osservazioni astronomiche, si usa più di una lente come obiettivo. Gli obiettivi con due lenti vengono chiamati *acromatici*, e rappresentano la stragrande maggioranza degli obiettivi per rifrattori. In pratica la prima lente mette a fuoco la parte rossa dell'oggetto, mentre la seconda lente mette a fuoco la parte blu dell'oggetto. In questo modo si riduce notevolmente l'aberrazione cromatica. Strumenti di prima classe invece dispongono addirittura di tre lenti: in questo caso parliamo di obiettivi *apocromatici*.



Figure 3. Lo specchio principale del telescopio spaziale di prossima generazione, il James Webb Space Telescope. Ciascuno dei 18 segmenti esagonali ha un diametro di circa 1.32 metri, per un diametro totale dello specchio pari a 6.5 metri.

E' chiaro che il costo sale molto rapidamente se consideriamo un apocromatico rispetto ad un acromatico.

3.2 Riflettori

I riflettori, sebbene storicamente siano nati successivamente ai rifrattori, ad oggi rappresentano la stragrande maggioranza di telescopi astronomici. I vantaggi rispetto ai rifrattori sono notevoli:

- Gli specchi hanno solo una superficie riflettente, quindi lo specchio può essere sorretto per tutta la sua struttura da una impalcatura retrostante. Questo permette di costruire telescopi nettamente più grandi;
- Il costo è nettamente ridotto. Infatti per costruire un rifrattore molto buono occorre costruire almeno 3 lenti, mentre per un telescopio riflettore è necessario levigare solo uno specchio.
- Con gli **specchi segmentati** non esiste virtualmente limite alla grandezza raggiungibile da un telescopio. Questo sistema prevede la costruzione di tanti specchi esagonali invece di un solo specchio monolitico circolare. Gli specchi esagonali vengono poi assemblati a nido d'ape per creare una unica superficie riflettente, ma in questo modo gli specchi, essendo sorretti singolarmente da una propria struttura, non devono sorreggere il peso di tutti gli altri. Infatti un problema degli specchi monolitici è che pesano diverse tonnellate, e questo peso può modificare la forma dello specchio stesso.

In Fig. 3 è possibile vedere lo specchio primario segmentato del telescopio spaziale di prossima generazione, il James Webb Space Telescope (JWST) che andrà a sostituire il Telescopio Spaziale Hubble. Si nota molto bene la struttura segmentata dello specchio primario. I due bracci argentati che sono ripiegati sullo specchio primario sorreggono lo specchio secondario. Una volta in orbita si dispiegheranno per ottenere la configurazione ottica finale che permetterà le osservazioni.

A differenza dei telescopi rifrattori, i riflettori possono essere costruiti con una varietà di schemi ottici. Ne vediamo alcuni, tenendo come riferimento la Fig 4.

- **Fuoco diretto.** E' il sistema ottico più semplice. Si tratta di posizionare il rivelatore direttamente nel fuoco di uno specchio

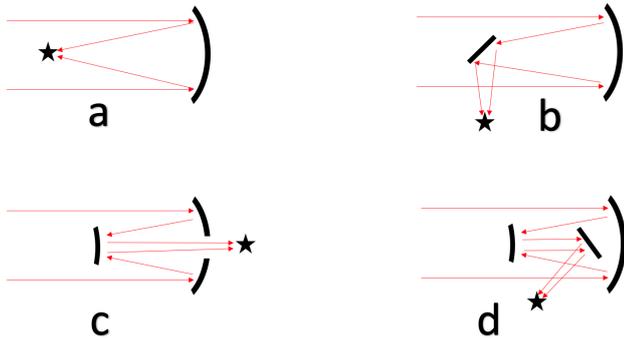


Figure 4. Alcuni fra i principali schemi ottici dei telescopi riflettori. (a) fuoco diretto, (b) newtoniano, (c) cassegrain, (d) coudé.

parabolico opportunamente sagomato. Il vantaggio di questa configurazione è che è necessario costruire un singolo specchio. Tuttavia se il rilevatore è piuttosto abbondante crea un'ombra, una zona morta nello specchio primario;

- **Newtoniano.** Come dice il nome tale configurazione ottica fu inventata da Newton. In questo caso verso l'imboccatura del telescopio viene posto un piccolo specchio piano inclinato di 45 gradi. In questo modo i raggi luminosi vengono deviati sul lato del telescopio, dove un foro laterale permette alla luce di uscire e di essere focalizzata sul rilevatore. Lo svantaggio di questa configurazione è che il fuoco viene a trovarsi molto in alto, soprattutto in telescopi piuttosto grandi. Infatti trovandosi in cima al telescopio, può trovarsi a diversi metri da terra.

- **Cassegrain.** Indubbiamente la configurazione più utilizzata, con qualche variazione sul tema. In questo caso lo specchio secondario è a sua volta curvo (di solito convesso) e invia i raggi nuovamente verso lo specchio primario, dove grazie ad un foro circolare superano lo specchio primario e possono essere focalizzati sul rilevatore.

- **Coudé.** Il fuoco Coudé è utilizzatissimo in telescopi molto grandi. Molto simile al Cassegrain, ma uno specchio terziario, posizionato poco prima del primario, provvede a deviare i raggi verso il lato del telescopio. Questa configurazione è molto vantaggiosa, in quanto facendo ruotare lo specchio terziario è possibile indirizzare la luce su diversi strumenti, senza doverli smontare tutte le volte dal fuoco.

3.3 Catadiottrici

I telescopi catadiottrici invece utilizzano un mix di lenti e specchi nella loro configurazione ottica. Solitamente le lenti hanno solo lo scopo di correggere eventuali aberrazioni geometriche. Un esempio su tutti: i telescopi Cassegrain di solito presentano aberrazione sferica, dovuta al fatto che lo specchio, essendo sferico, non mette a fuoco sullo stesso piano; per ovviare a questo problema, davanti all'imboccatura del telescopio viene posta una *lastra correttiva* atta a ridurre questa aberrazione. Tale configurazione si chiama **Schmidt - Cassegrain**. Chiaramente anche qui si pone il problema di costruire lenti grandi. Tuttavia le lastre correttive sono più facili da costruire, avendo comunque curvature più piccole, ed inoltre non sono fondamentali per la creazione dell'immagine, ma sono più da supporto del sistema ottico in uso.

A titolo di cronaca, l'aberrazione sferica può essere ridotta utilizzando diverse forme per gli specchi nella configurazione Cassegrain. Lo schema ottico maggiormente utilizzato nei tele-

scopi professionali (fra cui anche quello di Piombino), è la configurazione **Ritchey - Chrétien**: sfrutta solo specchi iperbolici invece che parabolici. In questo modo vengono ridotte di molto le aberrazioni fuori asse, ovvero un oggetto appare puntiforme anche a bordo del campo., senza dover utilizzare una lastra correttiva.

4 CONCLUSIONI

Per la stragrande maggioranza delle osservazioni astronomiche l'unica cosa che è di cruciale importanza è il diametro del telescopio utilizzato. Quindi in generale sono da preferire i riflettori, che possono raggiungere diametri ragguardevoli ad un minor costo, presentando inoltre meno problemi costruttivi. Infatti, come si può notare dagli schemi ottici, la lunghezza focale di un rifrattore coincide pressoché con la lunghezza del tubo; ne consegue che la costruzione di un rifrattore a grandi lunghezze focali implica una struttura proibitiva, con un tubo lungo anche diverse decine di metri. Viceversa, i riflettori, specie i Cassegrain, hanno uno schema ottico *ripiegato*, il che consente di avere grandi lunghezze focali senza dover costruire tubi lunghi diverse decine di metri. A meno di non dover fare studi estremamente mirati, è da preferire un sistema ottico non troppo luminoso ma nemmeno troppo poco luminoso: tipicamente un telescopio $f/8$ è più che valido per una moltitudine di studi, siano essi fotometrici (ovvero studi relativi alle variazioni di luminosità degli oggetti), astrometrici (studio delle posizioni dei corpi celesti) o spettroscopici (studi relativi alla struttura fisica degli oggetti).

REFERENCES

Sito del GTC: <http://www.gtc.iac.es>
 Sito del E-ELT: <https://www.eso.org/sci/facilities/eelt/Str.Obs>: <http://www.astropiombino.org/index.php?title=Strumentazione>
 Photo: http://www.astropiombino.org/index.php?title=Immagine_strumenti_osservatorio_AAP_2018

APPENDIX A: STRUMENTI A DISPOSIZIONE

Lo scopo di queste dispense è affrontare la parte teorica dell'astronomia e dell'astrofisica, tuttavia l'Osservatorio Astronomico di Punta Falcone mette a disposizione una strumentazione atta a condurre proficuamente le più disparate osservazioni astronomiche, anche a livello professionale. Il telescopio principale è un riflettore equipaggiato con una CCD (vedremo nelle prossime lezioni di cosa si tratta - per ora ci basti sapere che è una sorta di macchina fotografica molto sensibile) e una serie di filtri; monta inoltre uno spettroscopio ad alta risoluzione che permette lo studio dei fenomeni fisici che avvengono nei corpi celesti. Il sistema è equipaggiato con una montatura equatoriale che permette un puntamento molto preciso, ed inoltre sono installate due camere di controllo che consentono di guidare attivamente (*tracking*) il telescopio durante le lunghe pose.

I link [Str.Obs](http://www.astropiombino.org/index.php?title=Str.Obs) e [Photo](http://www.astropiombino.org/index.php?title=Photo) elencano la strumentazione a disposizione.