

FISICAST

per
SxT

I telescopi astronomici

di
Gianluca Li Causi



I telescopi astronomici

Gianluca Li Causi

Abstract:

Come funziona un telescopio? Come fa ad ingrandire la Luna e i pianeti e quanto può vedere lontano nell'Universo? Un viaggio affascinante dal cannocchiale di Galileo ai più grandi e moderni telescopi a disposizione degli astronomi.

INIZIO

Introduzione: Come funziona un telescopio? Come fa ad ingrandire la Luna, i pianeti e perfino le galassie ai confini dell'Universo? Gianluca Li Causi, ricercatore dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, ci svela i misteri del telescopio e di nuovi strumenti della moderna astronomia.

...rumore della chiave che gira nella serratura e della porta metallica del terrazzo che si apre...

G: ...eccoci Chiara, qui sul terrazzo del palazzo siamo abbastanza in alto da avere tutto l'orizzonte libero e possiamo vedere bene la congiunzione tra Giove e Saturno di questa sera di cui tutti parlano...

C: **Che bel terrazzo, da qui sì che si vede tutto il cielo! Non è ancora del tutto buio, ma vedo già le stelle più brillanti, come quella laggiù: quanto è luminosa, che stella è?**

G: ...non è una stella, è proprio il pianeta Giove! L'hai trovato subito, brava!

C: **Ma dai, sembra una stella, è soltanto un punto luminoso!**

G: ...beh ad occhio nudo i pianeti si vedono così. Se guardi bene, appena sotto a Giove c'è un altro puntino, ma più debole, lo vedi?

C: **...dici quella stellina, quasi attaccata a Giove?**

G: Sì. Quello è Saturno. E' molto più lontano di Giove, ma prospetticamente sembra passarli vicinissimo in questi giorni e tra poche ore sarà alla minima separazione, la cosiddetta "congiunzione".

La rilevanza di questo fenomeno sta nello spettacolare colpo d'occhio che ne dà la sua visione al telescopio!

C: Allora dai montiamo il telescopio... così mi libero di questo benedetto zaino che mi hai fatto portare fin quassù!

Brevissimo stacco musica

G: Ecco fatto. Li ho inquadrati. Avvicina l'occhio all'oculare, gira questa manopola per "mettere a fuoco" finché non vedi un'immagine nitida e dimmi che te ne pare!

C: ...wow! ...ma si vedono un sacco di particolari! Vedo Giove come una grossa palla attraversata da due bande scure e un ovale di color bruno su una di esse... e poi si vedono gli anelli di Saturno come nelle fotografie, uno più chiaro e uno più scuro... e quattro stelline in fila tre a destra e una a sinistra di Giove...

G: ...sono le quattro più grandi lune di Giove, i famosi satelliti Medicei scoperti da Galileo con suo rudimentale cannocchiale! Mentre le due strisce che hai visto su Giove sono le sue due bande di nubi equatoriali e la zona bruna è la celebre "macchia rossa".

Quanto agli anelli di Saturno, grazie alla perfezione ottica dei telescopi moderni li stiamo vedendo molto meglio di come li vide Galileo quando li scoprì.

C: Ma come funziona? Come fa il telescopio ingrandirli così tanto?

G: Tu cosa sai di un telescopio?

C: Beh, so che è un tubo all'imboccatura del quale c'è una lente da ingrandimento, come quelle da scrivania, e all'altro capo c'è un'altra lente molto piccola a cui si accosta l'occhio per guardarci dentro...

G: Proprio così. La lente frontale si chiama "obiettivo", mentre quella a cui accosti l'occhio viene detta "oculare".

C: ...e immagino che sia proprio la lente anteriore a ingrandire i pianeti, un po' come fa la lente da tavolo quando ingrandisce i francobolli.

G: Certamente la lente obiettivo è la più importante e come hai detto è in effetti simile a una lente da ingrandimento, di cui ha la stessa forma bombata al centro e sottile ai bordi. Ma una lente da tavolo ingrandisce soltanto gli oggetti vicini: se provi a guardarci un paesaggio lo vedi rimpicciolito...

C: ...e allora come fa a ingrandire i pianeti, che sono ancora più lontani di un paesaggio?

G: Beh.. in effetti non lo fa: li rimpicciolisce!

C: ...ma che dici?

G: Una lente da ingrandimento devia i raggi che riceve in modo tale da farli convergere in un punto, che viene detto "fuoco" perché, come tutti sanno, puoi usare una lente da scrivania per concentrare i raggi del Sole e bruciare un foglio di carta.

C: Sì sì, questo ce lo fecero vedere a scuola...

G: La lente funziona così per via della sua forma convessa e per il fatto che la luce viaggia più lentamente nel vetro che nell'aria.

In pratica, il fronte dei raggi solari raggiunge il vetro ai bordi della lente soltanto dopo essere già stato rallentato al centro dalla convessità della lente e quindi si ritrova deviato verso l'interno, un fenomeno chiamato "**rifrazione**".

C: ...aspetta, non mi è chiaro perché il rallentamento della luce al centro della lente abbia come conseguenza la deviazione verso il centro della luce ai bordi.

G: Immagina i fotoni della luce in arrivo come un plotone di militari che avanza compatto verso la lente. I primi che arrivano alla lente la toccano al centro, per via della sua convessità, e ne vengono rallentati perché nel vetro la luce va più lenta. Quelli più esterni nel frattempo si portano avanti, cosicché il fronte del plotone cambia direzione, facendo perno su coloro che son rimasti indietro. E' un po' la stessa cosa che accade a un mezzo cingolato: se rallenta uno dei due cingoli l'altro lo supera e il mezzo gira in quella direzione.

C: Ah ecco... adesso sì!

G: Il risultato è che, una volta oltrepassata la lente, tutti i raggi vanno a convergere a una distanza, di qualche decina di centimetri dietro di essa, detta "**distanza focale**" e formano una minuscola immagine del Sole, che puoi vedere se ci metti un foglio di carta.

Se ci provi con la Luna, o con un lampione stradale, vedrai anche in questo caso che sul foglio di carta si forma un'immagine in scala della Luna o del lampione, che chiaramente è molto più piccola delle loro dimensioni reali!

C: ...no vabbè, in pratica mi stai dicendo che un telescopio per ingrandire gli astri deve prima rimpicciolirli?

G: Eh già! Ed è per questo che una lente sola non basta. Per fare un telescopio ce ne vogliono almeno due: la lente obiettivo crea un'immagine del soggetto molto più piccola delle sue dimensioni reali, mentre la lente oculare ingrandisce questa piccola immagine come una lente d'ingrandimento da scrivania, in modo che l'occhio la veda più grande.

In altre parole, **l'oculare fa da microscopio ingrandendo l'immagine rimpicciolita creata dall'obiettivo.**

C: Certo che è contorto... ma perché questa complicazione?

G: Perché possiamo distinguere due tipi di ingrandimento, l'**ingrandimento lineare** e l'**ingrandimento angolare**.

L'ingrandimento lineare è il rapporto tra la dimensione fisica dell'immagine e la dimensione reale del soggetto ed è l'effetto che vedi bene con le ombre cinesi: se la

distanza tra le mani e il muro è più grande di quella tra le mani e la fonte di luce, le ombre saranno più grandi delle mani.

C: Sì, certo, questo l'ho sperimentato molte volte.

G: L'ingrandimento angolare invece descrive quanto un oggetto appare esteso ai tuoi occhi, cioè quanta parte occupa del tuo del campo visivo. Una mano, per esempio, occupa una piccola porzione del campo visivo quando la guardi a braccio teso e appare piccola, ma avvicinandola all'occhio aumenta l'ingrandimento angolare e ne puoi distinguere i particolari, come ad esempio le impronte digitali, che a braccio teso non riuscivi a vedere.

Ciò che fanno sia una lente da tavolo che un telescopio è **aumentare l'ingrandimento angolare, deviando i raggi di luce provenienti dal soggetto in modo che giungano all'occhio occupando un angolo maggiore**, come avverrebbe se il soggetto fosse molto più vicino, o molto più grande.

C: Ah ecco, dunque è l'ingrandimento angolare ad essere aumentato rispetto alla visione ad occhio nudo.

G: Certo. Del resto, aumentare l'ingrandimento lineare vorrebbe dire avere un'immagine del pianeta più grande delle sue dimensioni reali!

C: ...eh già!

G: Un pianeta come Giove ha un'estensione angolare di appena un primo d'arco, pari a un trentesimo dell'estensione apparente della Luna, che è troppo poco per distinguervi alcun particolare ad occhio nudo. Ma con una opportuna combinazione di lente obiettivo e lente oculare esso può arrivare ad apparire tre o quattro volte più esteso della Luna, anche con un piccolo telescopio come il nostro, permettendo così di vedere agevolmente tutti i dettagli che hai visto prima.

C: E quanti ingrandimenti si possono avere?

G: Gli ingrandimenti tipici per un binocolo vanno dai 5× ai 20×, dove il simbolo "×" vuol dire appunto "ingrandimento", mentre per un telescopio possiamo arrivare al massimo intorno ai 200×, oltre il quale in pratica non si può andare.

S'intende, stiamo parlando dei telescopi moderni: il cannocchiale con cui Galileo scoprì i satelliti di Giove, gli anelli di Saturno e i crateri Lunari non poteva ingrandire così tanto!

C: E come mai non poteva?

G: Il cannocchiale di Galileo era un adattamento dei cannocchiali terrestri appena inventati dagli occhialai olandesi all'inizio del 1600 e aveva una qualità ottica scadente a causa delle cosiddette "**aberrazioni ottiche**".

Un telescopio con una singola lente come obiettivo, come quello di Galileo, non è infatti in grado di produrre un'immagine molto nitida, nemmeno in linea teorica. Questo è dovuto a vari motivi, il primo dei quali è che raggi di luce di lunghezze

d'onda diverse, cioè di colori diversi, vengono deviati dalla rifrazione del vetro in modo leggermente diverso e così non vanno tutti a convergere alla stessa distanza focale, ma in punti leggermente diversi col risultato di generare un'immagine sfocata, con aloni iridescenti attorno ad ogni forma, un difetto noto come "**aberrazione cromatica**".

Per evitare questo effetto è necessario che l'obiettivo sia formato da più lenti, alcune convesse e alcune concave poste in sequenza e costruite da vetri di tipo diverso, opportunamente studiate per compensare le aberrazioni l'una dell'altra. È il motivo per cui gli obiettivi fotografici hanno al loro interno parecchie lenti, come del resto anche il nostro occhio.

C: Ma il nostro occhio ne ha una sola, il cristallino, no?

G: Niente affatto. Non ci si pensa mai, ma in realtà l'occhio umano è un sistema di ben 4 lenti affiancate fatte di materiali diversi: la cornea, l'umor acqueo, il cristallino e l'umor vitreo. È per questo che la nostra visione è così nitida e non vediamo aloni colorati e sfumati ai bordi delle cose! Meglio di un obiettivo fotografico!

C: ...oddio non ci avevo mai pensato.

Breve stacco musica

C: Gianluca, però il nostro telescopio non mi sembra fatto come hai detto: io qua vedo un tubo aperto che invece di avere una lente in cima ha uno specchio in fondo e poi l'oculare invece di star dietro sta di lato...

G: E' vero. Infatti questo è un "**telescopio riflettore**" del tipo inventato da Newton, il quale si rese conto che per far convergere la luce e formare un'immagine si poteva usare come obiettivo uno **specchio concavo invece di una lente convessa**, con il grande vantaggio di non avere nessun problema di aberrazione cromatica! Infatti l'angolo di riflessione della luce su uno specchio non dipende per niente dalla lunghezza d'onda e tutti i raggi convergono nello stesso fuoco producendo un'immagine nitida priva di aloni iridescenti.

L'unica difficoltà è che la concavità dello specchio deve avere una perfetta forma parabolica, più complessa da ottenere della convessità sferica delle lenti. I vantaggi però sono enormi, sia nella qualità ottica, sia nella leggerezza, poiché un singolo specchio pesa molto meno di un insieme di lenti, e soprattutto perché questi specchi vengono argentati anteriormente e quindi non c'è bisogno che il vetro di cui sono fatti sia particolarmente omogeneo e trasparente, cosa indispensabile per le lenti. Per questi motivi non sono mai stati costruiti telescopi a lenti di oltre un metro di diametro, mentre abbiamo telescopi a specchio singolo fino a otto metri e mezzo di larghezza!

C: Ma quindi se un telescopio a specchio dà immagini così perfette ed è così vantaggioso perché prima mi hai detto che oltre i 200 ingrandimenti non si può andare? Non si può ingrandire quanto si vuole?

G: Beh, in teoria per ingrandire di più si possono fare due cose: produrre un'immagine più grande al fuoco dell'obiettivo, o usare un oculare che la ingrandisca di più.

La prima cosa si ottiene usando un obiettivo meno convergente, cioè che concentri di meno i raggi e li faccia convergere ad una lunghezza focale maggiore, in modo da usare lo stesso principio delle ombre cinesi per cui se proietti più lontano ottieni un'ombra più grande.

Per l'oculare, al contrario, si dovrebbero usare lenti più piccole e più convergenti, per aumentare ancora di più l'ampiezza apparente dell'immagine ingrandita.

Perciò in teoria si può ingrandire quanto si vuole! In pratica, però, sarebbe del tutto inutile, per via di una limitazione intrinseca della luce: la "**diffrazione**".

C: Uhm, questo termine mi suona familiare, me ne avrete sicuramente già parlato in qualche altra puntata, ma spiegami di nuovo di cosa si tratta...

G: La diffrazione è una limitazione legata alla natura ondulatoria della luce, che in realtà non viaggia in modo rettilineo, come sembrerebbe osservando le ombre cinesi o la riflessione su uno specchio, ma si propaga in forma di onda.

Come fanno le onde in uno stagno, che quando incontrano un ostacolo vengono "**diffratte**", cioè vi girano attorno, l'onda che arriva al telescopio viene diffratta dal bordo circolare della lente, aprendosi leggermente a ventaglio dopo di essa. L'effetto è piccolissimo, per via della minuscola lunghezza d'onda della luce visibile, di appena mezzo millesimo di millimetro, ma sufficiente a far sì che le onde convergenti nel fuoco, invece di unirsi perfettamente in un punto, formino una macchiolina.

Per via della natura ondulatoria della luce, questa macchiolina, chiamata "**figura di diffrazione**", ha una forma particolare: una sorta di tirassegno, col centro luminoso circondato da anelli sfumati concentrici, alternativamente chiari e scuri e via via più deboli. Ogni dettaglio dell'immagine di un pianeta viene riprodotto in questo modo dal telescopio, cosicché ingrandire l'immagine oltre un certo limite è analogo a guardare al microscopio una foto di giornale: si ingrandiscono le macchioline di inchiostro, ma non si vedono più dettagli di quelli che già si vedevano prima!

Per questo l'ingrandimento utile di un telescopio ha un limite e la dimensione del minimo dettaglio che si può distinguere definisce la sua massima "**risoluzione angolare**".

C: Ah, che peccato! E non si può fare proprio nulla per compensare, o evitare, questa limitazione?

G: Beh, la larghezza della figura di diffrazione è inversamente proporzionale al diametro del telescopio, per questo sono stati costruiti telescopi sempre più grandi, in modo da avere macchioline di diffrazione sempre più piccole e poter ingrandire di più.

L'Italia dispone di vari grandi telescopi: il più grande sul territorio italiano è il riflettore da 1,8m di Cima Ekar ad Asiago e altri telescopi di classe 1m - 1,5m si trovano a Loiano, a Campo Imperatore, a Toppo di Castelgrande e a Serra la Nave. Poi abbiamo

il Telescopio Nazionale Galileo da 3,58m che si trova sull'Isola di La Palma alle Canarie e, in comproprietà con tedeschi e americani, il Large Binocular Telescope nell'Arizona, un gigantesco doppio telescopio con specchi da quasi otto metri e mezzo.

In teoria un telescopio del genere potrebbe mostrarci su Giove e Saturno dettagli quasi cento volte più piccoli di quelli che vediamo con questo nostro telescopietto da 10 cm, consentendo un ingrandimento cento volte maggiore!

C: Ma è fantastico!!

G: ...ho detto "in teoria"...

C: ...come in teoria? ...ma allora?

G: ...eh, sarebbe così anche nella realtà, se non fosse per il problema della **turbolenza atmosferica...**

C: ...cioè?

G: L'atmosfera contiene vortici d'aria in continuo movimento che mescolano zone a diversa densità e temperatura. Attraversando l'atmosfera, il fronte d'onda della luce proveniente da una sorgente astronomica viene continuamente deformato da questi vortici e il percorso della luce è deviato molte volte prima di raggiungere il telescopio.

È lo stesso fenomeno per cui, durante la calura estiva, vedi l'aria calda tremolare sopra ai tetti roventi delle macchine. Ed è anche il motivo per cui vediamo scintillare la luce delle stelle!

A causa di questo effetto, l'immagine prodotta da un telescopio appare tremolante e confusa, perfino quando l'ingrandimento non è altissimo, e tanto più deteriorata quanto più è turbolenta l'atmosfera al momento dell'osservazione.

Pensa che i grandi telescopi, a causa di questo disturbo, vedono perfino peggio dei telescopi più piccoli. Infatti la dimensione effettiva dei più piccoli vortici dell'atmosfera è di poche decine di centimetri, ragion per cui il nostro piccolo telescopio vede un vortice alla volta e viene poco disturbato, mentre un grande telescopio da otto metri intercetta centinaia di vortici tutti insieme e l'immagine ne viene disturbata così tanto che in pratica gli impedisce di arrivare al suo limite teorico di diffrazione!

C: Questo sì che è un grosso problema! L'atmosfera non la puoi certo fermare... mi sa che stavolta non si può fare niente, a meno di mandare il telescopio nello spazio, fuori dall'atmosfera...

G: Sì, certamente questa è una soluzione! In effetti è per questo che il famoso Telescopio Spaziale Hubble è stato così importante per l'astronomia: fuori dall'atmosfera esso non aveva disturbi di alcun tipo ed ha in effetti fatto osservazioni ad ingrandimenti irraggiungibili dalla Terra, al limite teorico delle sue possibilità.

Da poco è stata terminata la costruzione del nuovo telescopio spaziale, il James Webb Space Telescope con un'apertura di 6 metri, che se tutto va bene sarà lanciato per la fine del 2021.

C: Quindi dobbiamo puntare sui telescopi spaziali, mi par di capire che ormai sia inutile costruire telescopi più grandi qui sulla Terra...

G: Tutt'altro! Avere uno specchio grande non serve solo agli ingrandimenti, ma anche a collezionare più luce per vedere sergenti più deboli. In ogni caso, da una decina d'anni abbiamo anche trovato una soluzione al problema della turbolenza: l'**ottica adattiva**.

C: ...intendi che "si adatta" alle condizioni dell'atmosfera?

G: Proprio così: l'ottica adattiva è un sistema che misura le deformazioni del fascio ottico e deforma al contrario lo specchio del telescopio in modo da compensare in tempo reale il disturbo dell'atmosfera e concentrare nuovamente la luce nella figura di diffrazione.

E' una tecnologia molto complessa, che include sensori, computer, meccanica di precisione e controlli in retroazione per misurare e correggere il fronte d'onda mille volte al secondo. Ma funziona! E ci ha permesso di tornare a sviluppare i grandi telescopi da Terra.

Il telescopio più grande al mondo è attualmente il Keck, alle isole Hawaii, che ha uno specchio di 10 metri di diametro, segmentato a nido d'ape per essere più leggero, costituito cioè da decine di sottili tasselli esagonali il cui allineamento ottico è realizzato da un sistema laser computerizzato che garantisce la superficie parabolica dell'intero specchio.

Con lo stesso concetto l'Europa sta costruendo sulle Ande Cilene l'Extremely Large Telescope, un gigantesco telescopio con uno specchio tassellato da 39 metri di diametro, dotato della più avanzata ottica adattiva mai costruita.

C: Mamma mia non riesco a figurarmelo, sarà enorme!

Ma come fate a muovere un bestione del genere? Già è complicato muovere questo piccolo telescopio, col suo treppiedi, il contrappeso e questo sistema ingombrante per farlo girare...

G: In effetti i telescopi devono fare movimenti complicati per seguire il percorso degli astri, perché la Terra gira e il cielo stellato appare ruotare in senso opposto, attorno alla stella Polare. Per seguire questo moto apparente durante tutto il tempo dell'osservazione, un telescopio deve essere sostenuto da un apposito sistema meccanico, chiamato "**montatura equatoriale**", che compensa la rotazione terrestre grazie a una coppia di assi opportunamente inclinati.

Ci sono vari tipi di montature equatoriali, ma tutte sono molto ingombranti e in quasi tutte il telescopio viene tenuto a sbalzo, a causa dell'asse inclinato, rendendo necessario l'uso di un contrappeso di bilanciamento. E' un sistema che va bene per i piccoli telescopi, come questo nostro, ma è impensabile per i telescopi di grandi dimensioni, che invece vengono sorretti da un sistema a forcilla chiamato "**montatura altazimutale**", in cui il telescopio si muove come se fosse un cannone, inclinandosi in alto e in basso attorno a un asse che a sua volta può ruotare a destra e

a sinistra. I movimenti orizzontale e verticale però non corrispondono al moto del cielo, con la conseguenza che l'immagine ruota mentre il telescopio si muove. La semplicità della montatura altazimutale richiede quindi la complicazione di un terzo asse, per ruotare lo strumento che registra l'immagine, e di un controllo sincronizzato di tutti questi movimenti, ma è comunque vantaggioso e ormai utilizzato da tutti i grandi telescopi.

Breve stacco musica

C: Accidenti, in effetti un telescopio moderno sembra piuttosto complicato: specchi segmentati controllati da laser e computer, ottica adattiva che cambia forma allo specchio mille volte al secondo, sistemi meccanici sincronizzati...

G: ...senza contare gli strumenti scientifici applicati al telescopio, perché ai grandi telescopi non esiste un oculare!

C: Ah no? Ma quindi l'immagine classica dell'astronomo seduto all'oculare di un grande telescopio...

G: ...è un'immagine del passato!

L'astronomo moderno non è più presente in cupola, ma conduce le osservazioni attraverso una sala di controllo, poiché i telescopi moderni non sono destinati a produrre un'immagine per l'occhio.

Non dimenticare che l'astronomia non può essere una scienza sperimentale, perché non possiamo fare esperimenti diretti con l'Universo, possiamo solo guardarlo: tutta l'informazione è nella luce. L'unica cosa che possiamo fare è collezionare questa luce ed estrarre l'informazione che contiene, la maggior parte della quale non è accessibile all'occhio umano, per la sua bassa sensibilità, cioè per il fatto che può vedere soltanto una piccola parte dello spettro elettromagnetico, e anche per la sua risposta soggettiva. Un astronomo all'oculare produrrebbe un'osservazione qualitativa, invece quello di cui abbiamo bisogno per fare scienza è un'osservazione quantitativa.

Per sfruttare al massimo le potenzialità del telescopio è necessario che la luce catturata venga registrata da un sensore digitale per mezzo di un cosiddetto "**strumento di piano focale**". Così come una fotocamera digitale registra l'immagine prodotta dall'obiettivo fotografico, gli strumenti posti al fuoco di un telescopio, che possiamo suddividere sostanzialmente in **fotocamere** e **spettroscopi**, acquisiscono immagini per misurare posizioni, morfologia, intensità e composizione in lunghezza d'onda della luce. Da queste misure possiamo dedurre una gran quantità di informazioni sulle sorgenti astronomiche osservate.

C: In pratica questi strumenti di piano focale sono grosse macchine fotografiche? O qualcosa di diverso?

G: Il principio è lo stesso dalla fotografia: il telescopio viene usato come se fosse un grande obiettivo fotografico e il sensore di immagini è analogo a quello fotografico, ma più perfezionato e di solito molto più grande. Inoltre, quasi sempre, il sensore è posto

sotto vuoto, o in atmosfera di azoto, e refrigerato elettronicamente, o per mezzo di un **criostato**, un contenitore di azoto liquido che lo mantiene a una temperatura di 200 gradi sotto zero. La refrigerazione è indispensabile e serve a minimizzare il "**rumore elettronico**", un disturbo provocato dagli stessi elettroni che si muovono nel semiconduttore di cui sono fatti i pixel del detector, generando un segnale di fondo che a temperatura ambiente coprirebbe ogni traccia delle debolissime sorgenti astronomiche.

L'immagine registrata viene quindi inviata ad un computer per l'elaborazione, che rimuove vari artefatti causati dall'elettronica, rendendo possibile ottenere immagini del cielo con un dettaglio e una profondità impensabili fino a pochi anni fa.

Il vantaggio rispetto alla visione ad occhio non è soltanto quello di registrare l'immagine per uno studio successivo, ma soprattutto quello che il sensore è in grado di accumulare la luce che riceve per un lungo tempo e riesce quindi a rivelare sorgenti debolissime che la retina non vedrebbe affatto. La retina infatti accumula luce per non più di 1/25 di secondo, dopodiché viene a tutti gli effetti cancellata per esser pronta ad acquisire una nuova immagine. Col sensore digitale l'esposizione alla luce può durare vari minuti e più esposizioni possono essere addizionate numericamente per ottenere una posa complessiva di molte ore, o perfino giorni. È così che il telescopio spaziale Hubble ha fotografato i celebri "**deep fields**", o "campi profondi", in cui zone di cielo che fino a quel momento sembravano del tutto vuote si sono rivelate affollate di lontanissime galassie, così deboli che il telescopio non ne raccoglieva che una manciata di fotoni ogni parecchi minuti!

C: Accidenti! E che mi dici del secondo tipo di strumento che mi avevi accennato...

G: Il secondo strumento importante è lo **spettroscopio**, che analizza la composizione in lunghezza d'onda della luce che giunge al fuoco del telescopio.

Il suo funzionamento si basa sullo stesso principio per cui una luce bianca viene suddivisa nei vari colori dell'arcobaleno quando incontra una superficie finemente rigata, come si vede nei riflessi sul lato argentato di un CD, o DVD.

Lo spettroscopio è uno strumento complesso, composto da varie lenti e specchi, al cuore del quale la luce incontra un vetro, o uno specchio, rigato con centinaia o migliaia di solchi per millimetro, chiamato "**reticolo di diffrazione**". Per le proprietà dell'ottica ondulatoria, questi solchi paralleli deviano ad angoli diverse lunghezze d'onda diverse, trasformando l'immagine di una stella da un punto a una striscia, il cosiddetto "**spettro**" della sorgente astronomica. Lungo questa striscia le lunghezze d'onda sono disposte in sequenza, in modo che ad ogni posizione corrisponda una precisa lunghezza d'onda.

C: Interessante, ma perché si fa? A che serve stirare l'immagine in questo modo?

G: Serve a darci moltissime informazioni sulla sorgente, come ad esempio determinarne le condizioni chimiche e fisiche.

C: ...davvero dalla luce di una stella puoi sapere di quali elementi chimici è fatta?

G: Certo, perché ogni elemento lascia una diversa traccia nello spettro, modificando l'intensità di luce alle varie lunghezze d'onda.

La luce del filamento di una lampadina è composta da tutti i colori e genera uno **spettro continuo**, dal quale possiamo dedurre la temperatura del filamento in base a come varia l'intensità della luce da un colore all'altro.

Un gas incandescente, invece, come quello di una fiamma per esempio, emette soltanto alcuni colori ben definiti e la sua striscia spettrale è del tutto buia tranne in corrispondenza di poche particolari lunghezze d'onda dove si osserva una riga luminosa: le cosiddette "**righe spettrali in emissione**". La disposizione di queste righe è unica per ogni elemento, o composto chimico.

C: Ah ecco, deducete la composizione chimica di una stella a partire dalla disposizione delle righe luminose che si vedono nel suo spettro?

G: Esattamente. In effetti uno spettro di righe assomiglia molto a un codice a barre e proprio come un codice a barre identifica un prodotto, lo spettro di emissione identifica il gas da cui proviene la luce.

Quando invece un gas freddo, non luminoso, si frappone tra noi e una sorgente di luce a spettro continuo, il gas assorbe quelle stesse lunghezze d'onda che emetterebbe se fosse reso incandescente, col risultato che nello spettro della sorgente quei colori mancheranno e si vedranno delle righe scure su uno spettro continuo. In questo caso si parla di **righe di assorbimento** ed è proprio grazie a queste che sappiamo, per esempio, che l'atmosfera del Sole è fatta di idrogeno ed elio, mentre il continuo ci dice che la sua temperatura superficiale è di 5700 gradi.

Ma c'è molto di più: dal profilo di intensità delle singole righe spettrali si derivano perfino informazioni sulle condizioni fisiche come la pressione, il campo magnetico, lo stato di eccitazione molecolare e molte altre. Inoltre, grazie all'**effetto Doppler**, per il quale la luce emessa da una sorgente in avvicinamento, o in allontanamento, si vede spostata a lunghezze d'onda rispettivamente accorciate, o allungate, possiamo misurare il moto delle stelle e delle galassie e, come fece Edwin Hubble, scoprire l'espansione dell'Universo.

C: Tutto questo grazie allo spettroscopio!

G: Sì. Tutte cose che sarebbero impossibili da "vedere" con l'occhio affiancato all'oculare! Oltre al fatto che telescopi e strumenti moderni sono fatti per funzionare su un ampio intervallo di lunghezza d'onda, che comprende l'ultravioletto e il vicino e medio infrarosso, che l'occhio umano non percepisce.

C: E che mi dici dei telescopi del futuro: cosa bolle in pentola nei vostri laboratori?

G: I telescopi del prossimo futuro, attualmente in fase di costruzione o progettazione, saranno molto più grandi e potenti e consentiranno di risolvere problematiche ancora aperte alle quali i telescopi attuali non possono dare risposta.

L'evoluzione procederà secondo tre direzioni parallele: **specchi segmentati, interferometri e telescopi spaziali.**

Dei primi abbiamo già citato l'Extremely Large Telescope europeo, ma è in costruzione anche il Thirty Meter Telescope americano ed è a specchio segmentato anche il telescopio spaziale James Webb.

L'interferometria, di cui non ti ho parlato, è invece una tecnologia molto avanzata che permette di unire in modo coerente la luce di molti singoli telescopi dislocati a grande distanza tra loro, anche centinaia di metri o chilometri. Questa combinazione avviene tramite complessi sistemi di lenti, specchi e fibre ottiche e dà come risultato una risoluzione pari a quella che avrebbe un impossibile telescopio grande quanto la distanza tra i due telescopi più lontani! Il più grande sistema del genere che opera in luce visibile è costituito dai 4 telescopi da 8 metri dell'ESO, nel deserto del Cile.

Ci sono progetti per interferometri ancora più grandi e interferometri spaziali e perfino progetti per i cosiddetti **iper-telescopi**, in cui una flotta di sonde spaziali, fluttuanti a migliaia di chilometri l'una dall'altra a formare una superficie parabolica, realizzerebbe l'analogo di un immenso specchio segmentato, dove ognuna delle sonde farebbe convergere la luce su una sonda centrale posta nel punto focale di questo enorme telescopio!

C: ...mamma mia! Mi fa venire in mente gli specchi ustori di Archimede!

G: Eh già, in effetti il concetto è quello! Ma per vedere roba del genere dovremo aspettare ancora parecchio tempo...

FINE