

Introduzione all'astronomia

di Ilaria Arosio

L'Osservatorio Astronomico di Brera

Nato intorno al 1760, l'Osservatorio Astronomico di Brera è la più antica istituzione scientifica di Milano. In origine era un Collegio di padri gesuiti. Un giorno due gesuiti, osservando il passaggio di una cometa, si appassionarono tanto all'evento che chiesero al rettore Pallavicini di avere a disposizione altra strumentazione. Il rettore acconsentì: nacque così la specola dell'Osservatorio.

Negli spazi in cui oggi si tiene il corso – la cupola a fiore – sorgeva inizialmente la cupola ottagonale progettata da Ruggero Giuseppe Boscovich, sede delle prime osservazioni settecentesche. Varie ristrutturazioni successive hanno portato all'edificazione di una cupola con al centro un basamento atto a sorreggere, nel 1886, il telescopio di Schiaparelli. Un telescopio che lo scienziato chiese, quando si rese conto che le sue ricerche sul pianeta Marte, condotte con un telescopio più piccolo ora conservato nella seconda cupola dell'Osservatorio, stavano dando dei risultati.

Nel 1877 con il suo primo telescopio, Schiaparelli aveva iniziato a osservare Marte vedendone i canali, delle piccole righe nere sulla superficie, che hanno poi dato origine al mito dei marziani in quanto scambiati per canali utilizzati dagli abitanti del pianeta per indirizzare i flussi d'acqua. Queste righe nere erano, in realtà, come si è capito nel '900, illusioni ottiche determinate dall'interazione tra il nostro cervello e il nostro occhio e da una bassa risoluzione dei telescopi dell'epoca.

Successivamente fu accordato allo scienziato l'acquisto di un secondo telescopio, più grande, che raggiungeva i 7 metri di lunghezza. Quest'ultimo, venne trasferito intorno al 1930 a Merate dove è rimasto, smontato fino al 2010, centenario della morte di Schiaparelli. Dopo anni di restauri dall'ARASS-Brera, una società specializzata, è stato portato il 29 settembre 2017 al Museo nazionale della scienza e della tecnologia Leonardo da Vinci.

Oggi, l'Osservatorio Astronomico di Brera è una delle 19 strutture di ricerca, disseminate vari punti della penisola italiana, dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), un istituto ministeriale.

I telescopi

Inizialmente costruiti anche nelle grandi città, quando il problema della luce artificiale non c'era, oggi i telescopi vengono realizzati in zone meravigliose del pianeta. Ne è un esempio il telescopio nazionale Galileo, situato sull'isola di Las Palmas nelle Canarie a 2400 m di quota, che pur essendo un buon telescopio per fare ricerca, con il suo specchio di 3,5 m di diametro, non rappresenta però nulla di eccezionale. La necessità dei ricercatori è infatti quella di avere specchi di dimensioni sempre maggiori: solo in questo modo si può raccogliere la maggiore quantità di luce emessa dalle sorgenti celesti e trasportata dalle particelle dette fotoni. Inoltre maggiore è la superficie sulla quale si riesce a dividere l'immagine, maggiori sono i dettagli che si riescono a ottenere della sorgente.

Il telescopio Larger Binocular Telescope in Arizona, è composto da due specchi di 8,2 metri di diametro, misura che rappresenta il limite per la creazione di uno specchio. Specchi di

dimensioni maggiori, infatti, rappresentano un problema sia per il trasporto sia per il peso. Se quest'ultimo è eccessivo lo specchio si deforma: la forma è prestabilita per riflettere la luce in un determinato modo e non deve cambiare. Per ovviare a questi inconvenienti e poter ottenere specchi di dimensioni maggiori, negli ultimi telescopi realizzati si utilizzano specchi ad alveare, ossia specchi di grandi dimensioni formati da specchi di dimensioni più contenute. In quest'ottica la grande sfida dell'Europa per il 2024 è rappresentata dalla costruzione dell'E-ELT, European Extremely Large Telescope (Fig. 1), caratterizzato da uno specchio di 39 metri di diametro, realizzato da tanti specchi esagonali.

A differenza dell'astrofilo che osserva e conosce il cielo locale e le sue costellazioni, l'astrofisico di professione non osserva più dall'oculare del telescopio come un tempo, ma utilizza, ormai quasi sempre da remoto, le immagini fornite dai telescopi e mediante programmi specifici ne elabora dati.

Alcuni programmi, per esempio, contano quanti fotoni arrivano in un determinato pixel e tracciano una curva di luce della sorgente astronomica; poi l'astronomo dai dati ricavati, elabora statistiche. Analogamente a un demografo che elabora statistiche di un Paese e ne prevede l'evoluzione, così un astronomo riesce a capire come nascono, muoiono, come e dove si formano le stelle e riesce a prevedere la popolazione che una galassia¹ avrà tra 1 milione o 1 miliardo di anni, ovvero capisce come evolve una galassia.

Ogni sera, al tramonto, i telescopi vengono accesi e predisposti per le osservazioni notturne, questo perché l'astrofisico non può servirsi di laboratori ed esperimenti, ma può solo osservare e aspettare che si verifichino dei fenomeni e, in funzione, di quanto avvenuto recuperare i dati, ricomporli e costruire una teoria. Lo strumento per eccellenza alla base dell'astronomia è la matematica che consente di spiegare i fenomeni, di dare un ordine e di costruire teorie rispetto a quanto avviene.

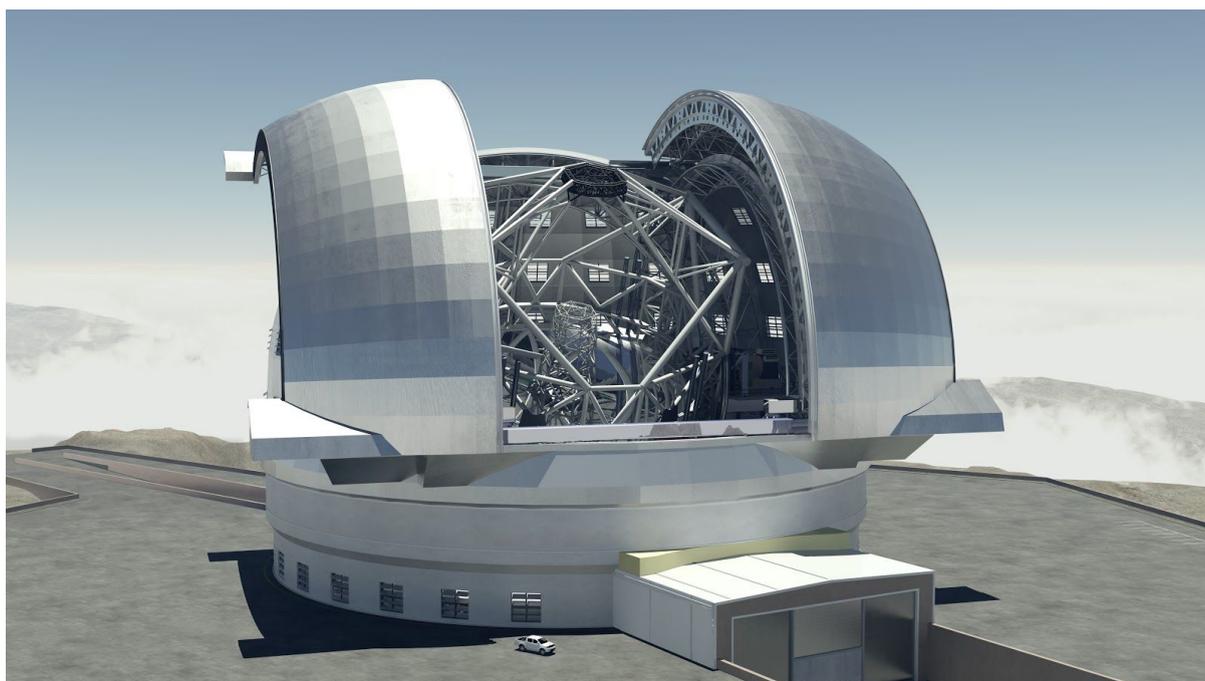


Fig 1. European Extremely Large Telescope

¹ Il termine galassia definisce un gruppo di stelle con una determinata massa al di sotto della quale le stelle non si aggregano, costituito da un numero di stelle che va da centinaia di milioni a centinaia di miliardi. Al di sotto di questo numero si parla di gruppi di stelle. Il termine non è sinonimo di costellazione che è invece un retaggio storico di stelle apparentemente vicine, ma che in realtà possono essere molto lontane.

Radiazioni elettromagnetiche

L'astronomo "vive" di radiazioni elettromagnetiche, ossia di luce. La luce è onda e particella. In genere viene chiamata luce quella piccola parte, di un intervallo più ampio dello spettro elettromagnetico, a cui i nostri occhi sono sensibili. In realtà la luce è un insieme molto più vasto che comprende raggi gamma, raggi X, ultravioletti (UV), visibile, infrarossi (IR), microonde e onde radio.

La luce è contraddistinta da frequenze (Fig. 2): le frequenze più alte corrispondono alla luce più energetica (frequenza e lunghezza d'onda sono inversamente proporzionali). In altre parole, maggiore è la frequenza, maggiore è l'energia dell'onda: i raggi gamma sono trasportati da fotoni molto energetici detti fotoni gamma, l'UV è più energetico del visibile, poi seguono gli infrarossi e piano piano energie che diminuiscono.

L'atmosfera protegge la superficie terrestre dai raggi più dannosi: raggi X, raggi gamma e da quella parte dei raggi UV che arrivano dal cielo, mentre consente il passaggio di buona parte delle onde radio, permettendo la comunicazione attraverso di esse, e della luce del Sole, non a caso l'occhio umano è sensibile al visibile. Per poter vedere i raggi X e quelli gamma, gli astronomi mandano in orbita alcuni satelliti, come il satellite *Swift* il cui scopo è l'osservazione delle esplosioni di raggi gamma dette Gamma Ray Burst².

L'astronomia è una scienza antica: da sempre l'uomo, senza alcuno strumento, per orientarsi nel tempo e nello spazio osserva la posizione del Sole e delle stelle. Una costellazione nota fin dall'antichità, perché ben visibile, è quella del Grande Carro che ha una storia particolare: per gli antichi latini le sette stelle della costellazione erano sette buoi, in latino "septem triones", da cui deriva la parola settentrione. Proseguendo dalle ultime due stelle del carro per 5 o 6 volte la loro distanza, si incontra la Stella Polare. Per gli antichi Egizi era importante Sirio: il suo sorgere eliaco³ indicava che da lì a poco il Nilo sarebbe esondato e avrebbe depositato il limo per la valle, dando così il via alle attività agricole. Un altro gruppo fondamentale di stelle sono le Pleiadi, formate da sette astri, che nella mitologia rappresentano sette sorelle in fuga dal cacciatore Orione, si trovano sul collo del Toro e indicavano ai Greci se fosse il caso di *andare per mare*.

Se questo è quanto si può vedere alzando gli occhi al cielo, l'Hubble Space Telescope ha invece permesso all'uomo di vedere molto al di là del cielo visibile ad occhio nudo. Questo telescopio, messo in orbita nel 1990 con un'operazione di straordinaria importanza, ha cambiato il nostro modo di concepire l'Universo. Quando entrò in funzione, il direttore di Hubble ebbe undici giorni di tempo per utilizzarlo personalmente, lo puntò là dove non c'era nulla, verso un angolo di cielo grande quanto un decimo della Luna Piena, tra Eridano e la Fornace. In quella porzione di cielo Hubble ci ha rivelato immagini di galassie a perdita d'occhio (Fig.3). Premesso che la Terra è il terzo pianeta del sistema solare, il Sole è una stella medio piccola della nostra galassia, la via Lattea, formata da centinaia di miliardi di stelle, questo significa che ovunque nel cielo vi stia l'unghia di un pollice ci sono decine di migliaia di galassie, ognuna formata da centinaia di miliardi di stelle.

² Scoperte nel 1962, per lungo tempo hanno tenuto occupata la comunità scientifica. Oggi si sa che sono legati all'esplosione di grandi stelle e che se ne verificano una o due al giorno.

³La prima apparizione dell'astro, subito prima del **sorgere** del Sole.

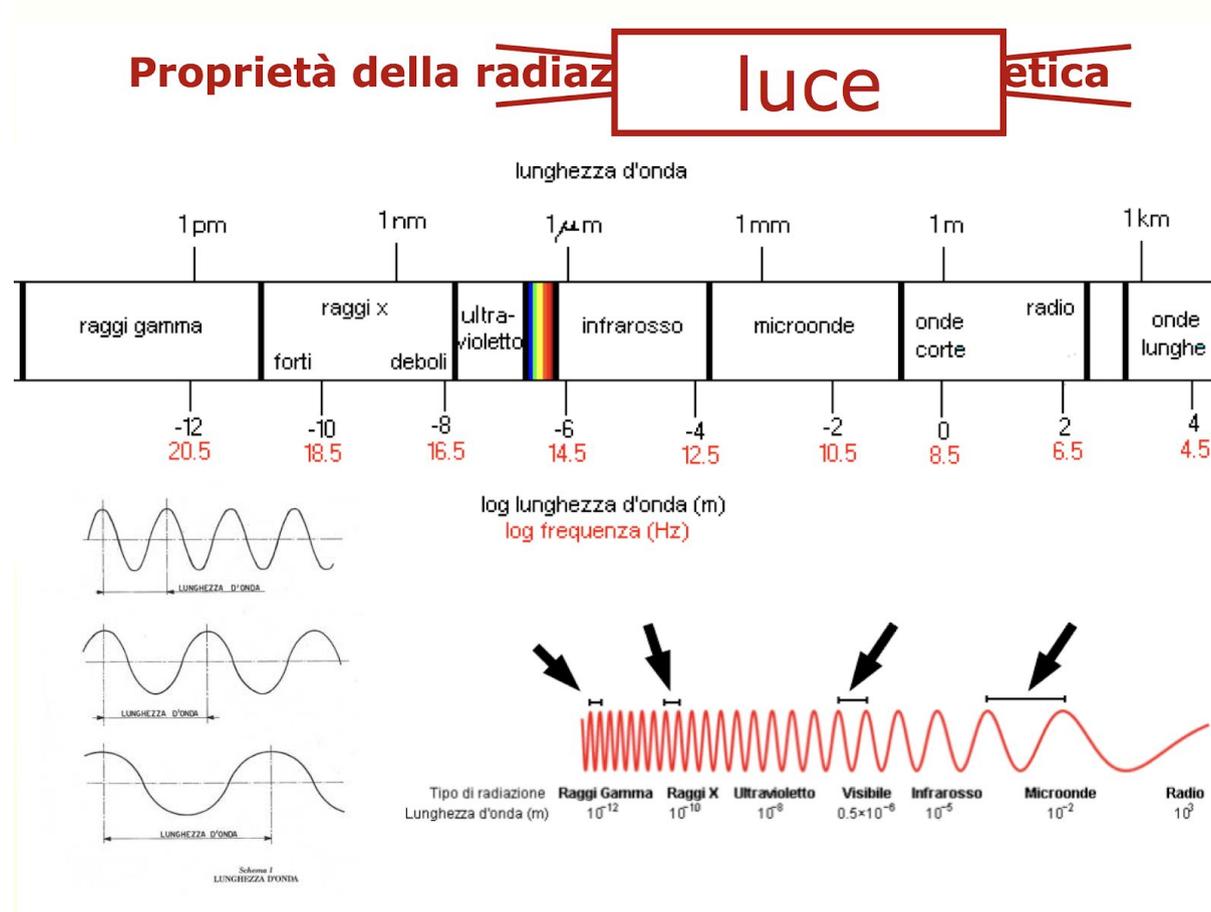


Fig 2. A frequenza alta corrisponde alta energia ovvero raggi gamma, via via ci sono le onde di energia più bassa.

La distanza, uno strumento di conoscenza

Uno dei problemi che l'astronomo cerca di risolvere è quello di sistemare gli astri nello spazio: le costellazioni, per esempio, non sono sempre gruppi di stelle vicine, ma singole stelle che dal nostro punto di vista ci appaiono sullo stesso piano. La distanza è il primo vero elemento che l'astronomo ha per capire che tipo di oggetto sta osservando e per poter definire le qualità di un corpo. Il rischio è infatti quello di fare errori di prospettiva e di confondere ad esempio un pianeta con una stella.

Per capire meglio il concetto di distanza si può ricorrere ad un esperimento: se poniamo il dito indice davanti a noi e chiudiamo prima un occhio e poi l'altro, vedremo che il dito si sposta. Se si ripete l'esperienza ponendo il dito subito dopo il naso vedremo che il dito si sposta maggiormente. Quanto detto si può applicare anche alla Terra rispetto a un altro corpo. Muovendosi la Terra, come il nostro occhio destro e sinistro, assume posizioni differenti in estate e in inverno. Supponendo di conoscere la distanza di alcuni oggetti celesti, per misurare la distanza di un oggetto nuovo si può sfruttare questa conoscenza: osservandolo in estate e in inverno, apparirà in posizioni diverse. Si deduce che se una

stella è più lontana di una che già si conosce, lo spostamento tra estate e inverno sarà un po' più piccolo e se, è molto lontana, sarà ancora più piccolo. Gli antichi conoscevano questo fenomeno, ma non avevano strumenti sufficientemente precisi per misurarne la distanza, motivo per cui, per loro, le stelle erano tutte a distanza infinita.

In astronomia le distanze non si misurano in chilometri, che implicherebbero l'utilizzo di numeri molto alti, bensì in anni luce⁴. Quando ci si riferisce a una stella distante, ad esempio, 11 anni luce, si intende che quella stella è a una distanza tale che impiegherei 11 anni per arrivarci se andassi alla velocità della luce. Per rendere meglio il concetto di queste distanze si può fare un esercizio mentale: supponiamo di mettere il Sistema Solare fino a Giove, per un totale di 778 milioni di chilometri, all'interno di una formica ai piedi della Torre Eiffel. Con queste proporzioni, una stella tra le più vicine (la cui distanza, misurata con il metodo della parallasse nel 1838, corrisponde a 11 anni luce) si troverebbe in cima alla Torre Eiffel (Fig.4).

Un'altra riflessione da fare riguarda i mezzi necessari per raggiungere le stelle. Per arrivare a Proxima Centauri, a 4,2 anni luce dalla Terra, utilizzando la sonda ExoMars che raggiunge i 95.000 km orari, sarebbero necessari 48.000 anni: un arco di tempo enorme per noi uomini, paragonabile con l'evoluzione della specie.

4. L'anno luce non indica un tempo, ma la distanza che la luce percorre in un anno. Sapendo che la velocità della luce è di 3000000 km/s, si deduce che in un anno la luce percorre circa 9.400 miliardi di km.



Fig. 3 Hubble Ultra Deep Field. Le immagini sono verosimili in quanto rielaborate attraverso vari filtri.

Astrofisica non è astronomia

L'astrofisica⁵ è la scienza che vuole capire che cosa sono gli oggetti celesti e di cosa sono fatti, per farlo inizia dalla fisica di base e in particolare dalla tavola periodica degli elementi⁶. Tutti gli atomi sono costituiti da un nucleo, contenente protoni e neutroni, e da elettroni che gli ruotano intorno, ma quello che contraddistingue l'elemento chimico è sempre il numero dei protoni.

Se si fa passare la luce che proviene da un gas caldo e denso attraverso un prisma o uno spettroscopio, questa si scompone nelle sue componenti fondamentali e si produce l'arcobaleno. La luce è trasportata da tante particelle dette fotoni: il fotone rosso trasporta la luce rossa, il fotone blu trasporta quella blu e così via. Esistono degli strumenti in grado di contare i fotoni che, posti alla base del telescopio, permettono all'astrofisico di sapere quanti fotoni rossi ci sono, quanti gialli, quanti blu e così via, consentendo la costruzione di curve di

luce. Nelle curve di luce delle stelle vi è un picco e poi una diminuzione. Se in una stella ho ricevuto il numero massimo di fotoni nell'azzurro e in un'altra nel giallo si conclude che la prima è una stella azzurra e la seconda una stella gialla: dove si registra il massimo di fotoni di un colore, quello è il colore della stella.

Questa considerazione è molto importante perché, per come funzionano le stelle, il colore è direttamente legato alla temperatura. Poiché i fotoni blu sono più energetici dei fotoni rossi, una stella blu ha una temperatura superficiale di circa 12.000 °C, mentre una rossa ha una temperatura superficiale di 3.000 °C. Quindi una stella blu è tipicamente più calda di una stella rossa. Il Sole, con i suoi 5.800 °C, è una stella di colore giallo-arancio.

Angelo Secchi⁷, duecento anni fa, si è reso conto che facendo passare la luce proveniente da una stella attraverso uno spettroscopio si vedevano delle righe nere sovrapposte allo spettro arcobaleno e che stelle differenti presentavano righe nere diverse (Fig. 5). Negli stessi anni in laboratorio mentre stavano riscaldando dei gas, Bunsen e Kirchhoff si accorsero che facendo passare la luce di una lampada rarefatta di un elemento qualunque attraverso un prisma non si produceva tutto arcobaleno, ma soltanto alcune righe.

Per capire questo risultato si può provare a paragonare un atomo a un palazzo in cui gli elettroni possono stare su piani diversi. Per andare al piano superiore l'elettrone ha bisogno di energia. I fotoni trasportano energia e possono fornirla all'elettrone per permettergli di saltare al piano superiore. Non tutti i piani però sono uguali, per ogni piano serve un fotone con un'energia precisa. La quantità di energia trasportata da un fotone è correlata al colore della luce del fotone stesso. Il fotone giallo permetterà di fare un certo tipo di salto, quello verde un altro e così via. Un volta arrivato a un piano superiore l'elettrone ritornerà al piano di partenza, nel farlo emetterà la stessa energia che aveva assorbito salendo, sottoforma di luce (Fig. 6).

Ogni atomo può essere paragonato a un palazzo diverso, con distanze diverse tra un piano e l'altro, che necessitano diversi tipi di fotoni per essere raggiunti ed emettono energie diverse quando i suoi elettroni tornano al piano di partenza.

Questo spiega le righe ottenute da Bunsen e Kirchhoff: sono le energie emesse dagli elettroni. L'idrogeno avrà un proprio spettro di emissione, l'elio un'altro e così via.

Immaginiamo di avere una stella calda che emette luce e attorno ad essa uno strato d'atmosfera più fredda, dove ci sono atomi di diversi elementi che la compongono. I fotoni prodotti dalla stella, sono catturati dagli atomi: i loro elettroni assorbono queste energie e passano al piano successivo. Questi fotoni assorbiti non vengono visualizzati, dallo spettroscopio, nello spettro e appaiono come righe nere. In sintesi, le righe nere corrispondono alla luce catturata dagli atomi dell'atmosfera di una stella e utilizzata dagli elettroni per fare il salto al livello energetico superiore. Queste righe nere sono dunque l'impronta digitale degli elementi chimici che ci sono nelle stelle che si trovano a milioni di anni luce di distanza.

All'interno dell'atomo ci sono dei piani che gli elettroni raggiungono con maggiore probabilità e per ogni elemento ci sono quindi delle luci che ci si aspetta di vedere.

All'interno delle galassie, soprattutto in quelle a spirale, sono presenti regioni chiamate "H II" in cui l'idrogeno è fortemente ionizzato, ovvero è scaldato notevolmente. Queste regioni sono vicine a zone in cui ci sono tante stelle giovani e calde, di colore blu, che scaldano il gas, normalmente idrogeno, che hanno attorno. A causa di complessi processi, in questi casi gli elettroni vengono espulsi dall'atomo e poi vi ritornano all'interno fino al piano di partenza o stato fondamentale. Osservando lo spettro di una galassia si può notare una

spiccata riga di emissione dell'idrogeno quando ci sono tante stelle nuove che si stanno formando e che stanno scaldando il gas. Questa riga cade in un punto preciso, caratteristico dell'atomo di idrogeno: si dice che cade a una certa lunghezza d'onda e ha un colore specifico. Ogni atomo infatti, quando gli elettroni ritornano allo stato fondamentale, emette sempre lo stesso tipo di frequenza di luce ovvero la stessa lunghezza d'onda.

5. L'astrofisica è quella branca dell'astronomia o della fisica che studia le proprietà fisiche, ovvero tutti i vari fenomeni, della materia celeste.

6. La tavola periodica degli elementi fu pubblicata da Mendeleev nel 1871. Gli elementi sono ordinati in base al numero atomico crescente e organizzati in gruppi e periodi. La tavola si legge da sinistra a destra e dall'alto al basso. L'atomo più semplice è l'idrogeno con un solo protone ed è quindi il primo elemento, il secondo elemento è l'elio con due protoni, il terzo il litio che ne ha tre e così via.

7. Angelo Secchi (1818 – 1878) è stato un gesuita e astronomo italiano, fondatore della spettroscopia astronomica. Fu direttore dell'Osservatorio Vaticano e si occupò per primo di classificare le stelle in classi spettrali.

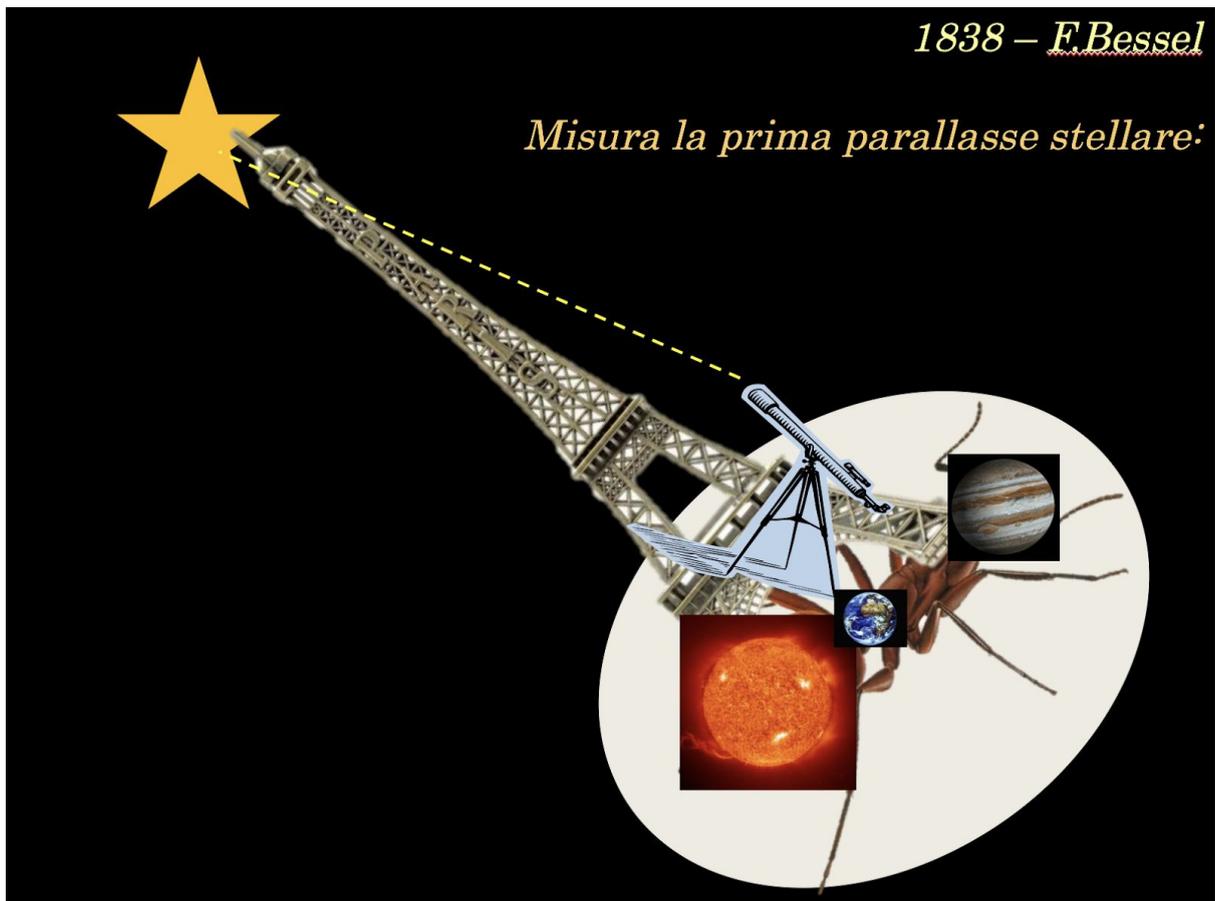


Fig. 4

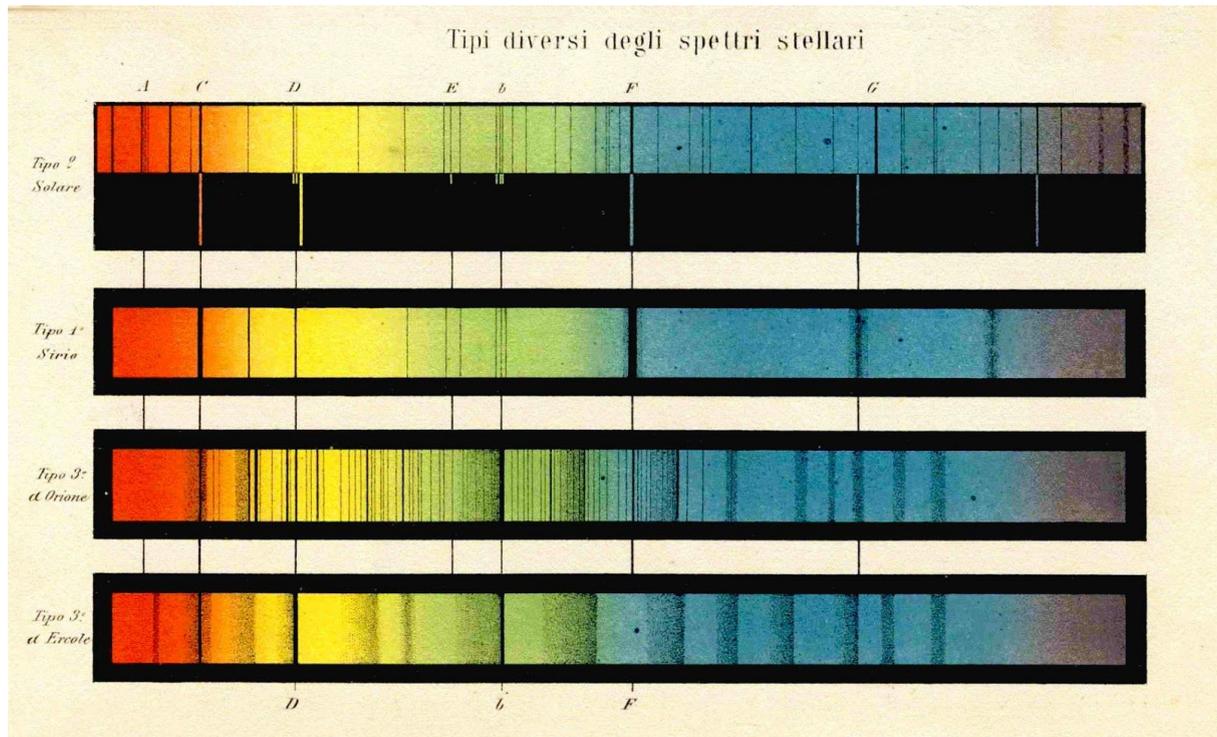


Fig. 5

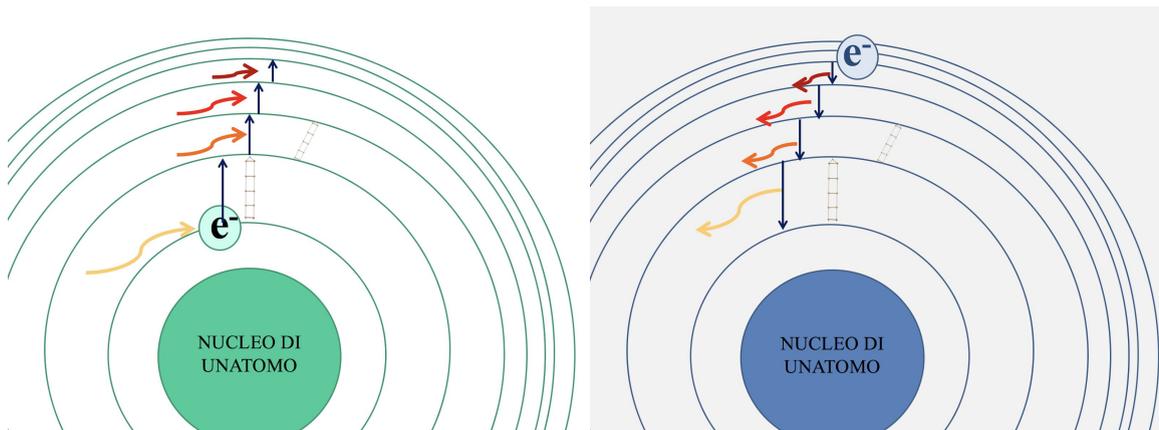


Fig. 6

L'effetto Doppler per la compressione dell'universo

L'effetto Doppler è l'effetto per cui il suono di un oggetto che si muove rispetto a un soggetto viene distorto. Se il soggetto e la sorgente non si muovono: il suono è monotono. Viceversa se il soggetto è fermo e la sorgente si muove la frequenza del suono aumenta se la sorgente si avvicina al soggetto e diminuisce se si allontana.

Questo effetto è previsto per tutte le onde, sia sonore sia luminose. La luce ha una frequenza d'onda. Se una sorgente di luce si avvicina a un soggetto, la sua frequenza aumenta, va verso colori caratterizzati da frequenza maggiore, cioè verso il blu: in questo caso si parla di blue-shift. Viceversa se la sorgente si allontana, la sua frequenza va verso intensità più basse, si verifica cioè uno spostamento delle righe dello spettro verso il rosso, fenomeno noto come red-shift. Quando si ha una traslazione delle righe di uno spettro, cioè

quando non sono più dove ce le si aspetta dagli esperimenti di laboratorio, significa che la sorgente è in movimento. Un astrofisico, conoscendo lo spettro d'emissione di una stella, si aspetta che le righe siano ad una certa lunghezza d'onda, ma se nota che la sequenza delle righe è quella prevista ma traslata verso il rosso, può concludere che la sorgente si sta allontanando. Maggiore è lo spostamento, maggiore è la velocità a cui si sta allontanando la sorgente. Per questo è possibile sapere che le galassie si stanno allontanando le une dalle altre e che l'universo è in espansione.