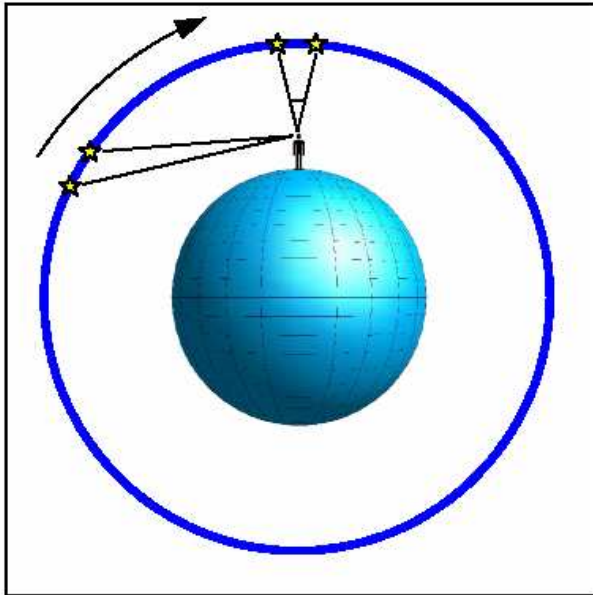


LE STELLE: SINGOLE, DOPPIE E VARIABILI

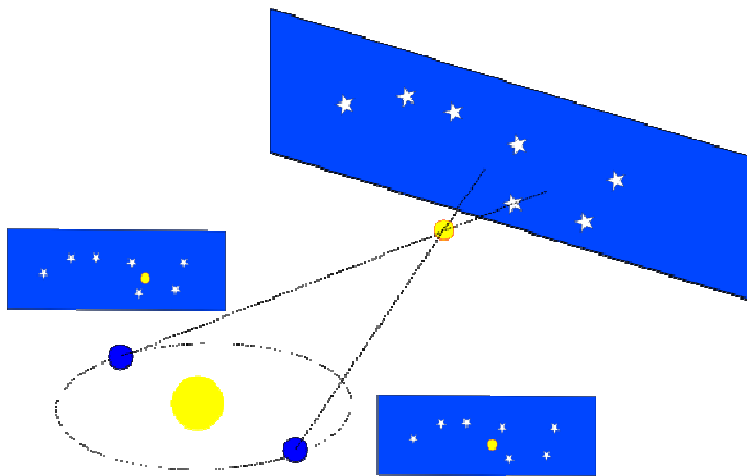
Per molti millenni le stelle sono state semplicemente quei puntini luminosi che di notte appaiono nel nostro cielo, apparentemente immobili. Altro non si sapeva della loro natura, a parte alcune ardite speculazioni. Fin dall'antichità si sapeva, però, che le stelle erano sicuramente molto lontane da Terra: se fossero state vicine, infatti, le costellazioni sarebbero apparse più grandi in prossimità dello zenit che non alla levata o al tramonto. La "sfera delle stelle fisse", quindi, doveva essere molto grande rispetto alla Terra.



Se la sfera delle stelle fisse fosse stata piccola rispetto alla Terra, le costellazioni sarebbero apparse più grandi vicino allo zenit, che non alla levata o al tramonto.

Nel XVII secolo si comprese, finalmente, che le stelle erano corpi indipendenti tra loro, posti a varie distanze nello spazio. Tuttavia, era impossibile sapere quale fosse esattamente la natura di questi corpi: tutto quello che gli strumenti dell'epoca mostravano erano punti luminosi, di cui non si conosceva la distanza, la luminosità, e così via. Si incominciò a cercare di misurare le distanze, ma non ci si riuscì fino al 1838 anno in cui Bessel, tramite il metodo della *parallasse annua* (vedi illustrazione), misurò la distanza di 61 Cygni. Per determinare la parallasse stellare si sfrutta il cambiamento di posizione assunto dalla Terra durante il suo moto orbitale. La tecnica sottintende la conoscenza del diametro dell'orbita terrestre e richiede l'osservazione dello stesso oggetto celeste a sei mesi di distanza per determinarne lo spostamento apparente rispetto allo sfondo.

Questa tecnica ha introdotto in astronomia l'uso di una nuova unità di misura delle distanze, il *parsec*, definito come la distanza alla quale la parallasse annua è esattamente di un secondo d'arco, ed equivale a 3,26 anni luce. In queste unità di misura la distanza è calcolata semplicemente come l'inverso dell'angolo di parallasse annua. Per esempio la stella a noi più vicina, Proxima Centauri, presenta una parallasse di 0,750" (secondi d'arco). Ne consegue che la sua distanza è $1 / 0,750 = 1,33$ parsec, ovvero 4,3 anni luce. Nel 1989 fu lanciato in orbita il satellite Hipparcos con lo scopo di determinare con precisione la parallasse ed il moto proprio di 100000 stelle vicine con una precisione di 0,002". Anche con questa precisione le distanze massime misurabili direttamente sono nell'ordine di poche centinaia di parsec. Il satellite Gaia, che verrà lanciato nei prossimi anni, migliorerà sostanzialmente la situazione. Oggi si sa che le stelle sono dei globi di gas, composti principalmente da idrogeno ed elio, in equilibrio tra la forza di gravità che tende a farla contrarre e la pressione del gas e della radiazione che tende a farla espandere. Questo equilibrio è detto *equilibrio idrostatico*. La loro temperatura superficiale varia da circa 3000 K a oltre 10000K, facendo sì che le stelle che noi vediamo abbiano colori che vanno dal rosso delle stelle più fredde (es. Antares) al blu di quelle più calde (es. Deneb).



(Immagine a sinistra) Il fenomeno della parallasse annua: a seconda della posizione della Terra sulla sua orbita, una stella vicina appare in direzioni diverse rispetto alle stelle più lontane.

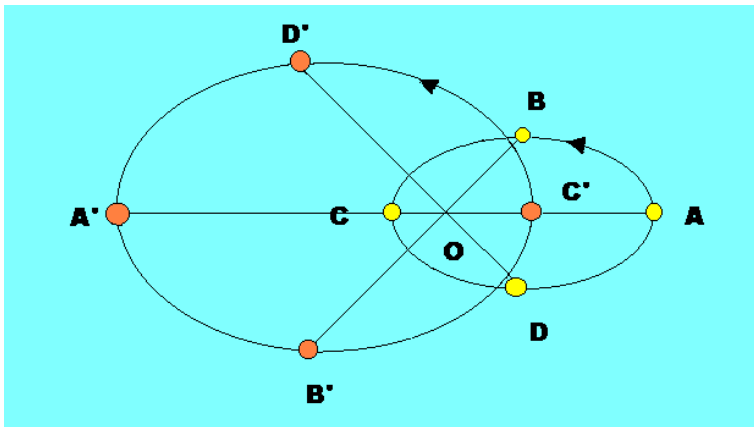
Dal punto di vista osservativo le stelle ci appaiono sempre e solo come puntini luminosi, visto che nessuno strumento da Terra ha una risoluzione così elevata da poterne distinguere il disco.

Gli strumenti ottici hanno delle risoluzioni che, di solito, non superano il secondo d'arco.

Sotto questa dimensione angolare, tutto ci appare come puntiforme. Se si ingrandisce molto, con piccoli strumenti si vede il disco di diffrazione della luce nell'obbiettivo (disco di Airy), con strumenti più grossi si è limitati dalla turbolenza dell'atmosfera. A titolo di confronto, il disco stellare più grande (Betelgeuse) ha una dimensione angolare di pochi centesimi di secondo d'arco.

Stelle doppie

Una *stella doppia* (si usano anche i termini *stella binaria* o *sistema binario*) è un sistema composto da due stelle che orbitano attorno ad un baricentro comune (vedi immagine sottostante).



Sistema Binario: baricentro

Se una delle due stelle ha una massa molto superiore all'altra, il baricentro può essere così spostato verso di essa da ridurre il sistema ad una stella quasi ferma attorno alla quale ne orbita un'altra (esattamente come succede, per esempio, nel caso dell'orbita della Terra attorno al Sole). Il termine *stella doppia* pare fu inventato da Sir William Herschel nel 1802, per designare "una vera stella doppia - l'unione di due stelle che sono unite in un solo

sistema dalle leggi dell'attrazione gravitazionale". Circa i due terzi delle stelle che popolano il cielo formano dei *sistemi binari*. Non bisogna confondere le doppie fisiche da quelle ottiche, cioè da quelle che appaiono associate per un semplice effetto prospettico (ad esempio Mizar e Alcor, nella Uma).

Oggi le stelle binarie sono classificate in quattro tipi a seconda di come possono essere osservate:

- **binaria visuale**, osservabile come tale ad occhio nudo oppure al telescopio
- **binaria spettroscopica**, che rivela la sua natura binaria solo con uno spettroscopio
- **binaria ad eclisse**, che mostra cambiamenti di luminosità dovuti ad eclissi reciproche

- **binaria astrometrica**, da precise misure di posizione

Ogni stella può appartenere a più di una di queste classi. Per esempio, molte binarie spettroscopiche sono anche binarie ad eclisse. Un'altra serie di categorie è basata sulla distanza tra le due stelle:

- **binaria distaccata**, dove le due stelle sono ben separate
- **binaria semidistaccata**, dove una delle due stelle riempie il proprio lobo di Roche e può trasferire materia all'altra
- **binaria a contatto**, dove entrambe riempiono il proprio lobo di Roche e si toccano l'un l'altra.

(In astronomia, *il lobo di Roche* è una regione di spazio attorno ad una stella che fa parte di un sistema binario, all'interno del quale il materiale orbitante è gravitazionalmente legato a questa stella. Il materiale esterno al lobo può invece cadere sull'altra stella).

Durante gli ultimi 200 anni una grande quantità di ricerche ha portato a numerose conclusioni generali. Si pensa che almeno un quarto di tutte le stelle siano doppie, e il 10% di queste appartengono a sistemi con più di due stelle (triple, quaduple o più). Tali stelle sono spesso ancora dette binarie in senso generico, intendendo con questo termine una *stella multipla*. Le stelle doppie possono avere quasi ogni distanza concepibile tra loro: alcune coppie sono praticamente a contatto l'una con l'altra, mentre altre sono così distanti da essere state per molto tempo considerate stelle separate.

Le stelle che compongono un sistema doppio sono generalmente nate nello stesso istante. Se hanno anche massa simile, hanno in genere uguale luminosità e spettro. Se la massa è diversa, la più grande evolverà più rapidamente verso lo stadio di gigante rossa, e le luminosità potranno essere molto diverse.

Misurare la massa delle stelle è un compito difficile. Le stelle doppie sono tra le poche per cui la massa è facilmente misurabile, perché può essere ricavata dalla forza gravitazionale che esibiscono nella loro orbita. Nel caso di una stella doppia visuale, dopo che l'orbita è stata determinata e la parallasse stellare del sistema è stata misurata, la massa totale delle due stelle può essere ottenuta direttamente usando le leggi di Keplero.

Sfortunatamente, è impossibile conoscere l'orbita completa di una binaria spettroscopica, a meno che essa non sia anche una binaria visuale o ad eclisse, perciò questi oggetti hanno una determinazione della massa molto più difficile.

Nel caso di binarie ad eclisse che siano anche spettroscopiche, è possibile avere un quadro completo delle due stelle: massa, densità, dimensioni, luminosità e forma approssimata

Stelle variabili

Lo splendore di molte stelle varia nel tempo, con periodo di variazione compreso tra qualche ora a decine di anni. La prima stella variabile scoperta è stata *Mira*, nella costellazione della Balena. Venne scoperta da Fabricius nel 1596 e riconosciuta come variabile quando riapparve nel 1609. E' una gigante rossa che varia in 330 giorni con un'ampiezza di 8 magnitudini. Al massimo della luminosità è 1500 volte più splendente che al minimo.

La causa della variabilità può risiedere all'interno o all'esterno della struttura della stella. Alcuni tipi di variabili *intrinseche* sono:

- Variabile Mira (stelle giganti pulsanti)
- Variabile Cefeide (stelle giganti pulsanti)
- Variabile RR Lyrae (stelle giganti pulsanti)
- Variabile Delta Scuti
- Variabile semiregolare
- Variabile regolare
- Stella a brillamento
- Variabile eruttiva
- Variabile cataclismica

Nelle stelle di tipo Mira la luminosità varia pulsando regolarmente, perché viene a mancare l'equilibrio tra forza di gravità e pressione di radiazione e gas. Il meccanismo è il seguente: gli atomi di elio ionizzati (a cui è stato tolto un elettrone, n.d.r.), presenti nell'atmosfera della stella, vengono ionizzati una seconda volta (viene tolto un secondo elettrone, n.d.r.) dalla radiazione proveniente dall'interno della stella e diventano opachi. La luce non riesce più a passare e preme contro l'atmosfera facendola espandere e aumentando la luminosità e le dimensioni della stella. Durante l'espansione l'atmosfera si raffredda, l'elio torna trasparente e la radiazione ritorna a fluire normalmente, facendo tornare la stella al suo aspetto originario.

Le *variabili estrinseche* appaiono di luminosità variabile a causa di qualche influenza esterna. Una delle cause più comuni è la presenza di una compagna, che forma con la principale una stella doppia. Viste da certe angolature, le due stelle possono passare una di fronte all'altra e causare un'eclissi, che si presenta come una riduzione di luminosità. La prima stella variabile conosciuta in Occidente, Algol (la *stella del diavolo*), è di questo tipo (periodo=2,7 giorni), e ha dato il nome alla categoria di variabili a eclisse.

In alcune stelle binarie le componenti sono così vicine che si ha un trasferimento di massa dall'una all'altra. Queste stelle sono chiamate *binarie interagenti*. Nella maggior parte dei casi, il trasferimento di massa forma un disco di accrescimento attorno ad una stella. La complessa interazione di una stella con il disco di accrescimento e con l'altra stella causa vari fenomeni, tra cui le esplosioni di novae e di alcune supernovae e le pulsar a raggi X.

Esistono, infine, stelle variabili che subiscono dei cambiamenti importanti ed improvvisi. Queste sono chiamate *variabili cataclismiche* e comprendono vari sottotipi, fra cui novae, novae nane e novae ricorrenti. La variazione luminosa, solitamente non-periodica e di ampiezza superiore a 7-8 magnitudini, è causata dall'interazione tra le componenti di sistemi a contatto nei quali del gas viene catturato da una nana bianca alla compagna fredda, rossa.

Il "*Catalogo Generale delle Stelle Variabili* " raccoglie, circa 28.450 oggetti e distingue i seguenti tipi di stelle variabili:

1. *eruttive* – la luminosità varia a causa di violenti processi. Tra le altre, include i seguenti tipi: FU Orionis, GCAS (gamma Cassiopeiae), RCB (R Coronae Borealis), RS (RS Canum Venaticorum), UV (UV Ceti)
2. *variabili pulsanti* – le stelle mostrano periodiche espansioni e contrazioni dei loro strati superficiali. Le pulsazioni possono essere radiali e non radiali.