

FISICAST

per
SxT

La distanza delle stelle

di
Gianluca Li Causi



La distanza delle stelle

Gianluca Li Causi

Abstract:

Tutti sappiamo che l'Universo è immenso, così tanto che anche viaggiando alla velocità della luce ci vorrebbero miliardi di anni a percorrerlo tutto: ma come facciamo a saperlo? Come fanno gli astronomi a misurare queste impressionanti distanze standosene fermi sul nostro minuscolo pianeta?

INIZIO

A: Quando guardiamo un cielo limpido e stellato esso ci appare come un'enorme cupola che ci sovrasta da un orizzonte all'altro e tutte le stelle sembrano essere alla stessa distanza, anche se non sapremmo dire quale, forse quella a cui vediamo l'orizzonte...

Eppure, gli scienziati ci raccontano di stelle vicine e di stelle lontane che tutte insieme formano la nostra Galassia, la quale è soltanto una tra miliardi di altre galassie che si trovano incredibilmente lontane da noi.

I confini dell'Universo osservabile sono così distanti che la nostra intera Galassia al confronto è meno della nostra casa rispetto al pianeta Terra!

Ma come facciamo a saperlo?

Come fanno gli astronomi a misurare queste impressionanti distanze, standosene fermi su questo minuscolo granello di sabbia che è il nostro pianeta? (un secondo di pausa)

L'astronomia in effetti è una scienza prettamente osservativa: non possiamo prendere la fettuccia e misurare le distanze tra le galassie, né disponiamo di un'astronave in grado di percorrerle.

L'astronomo può fare una sola cosa con l'Universo: guardarlo!

Tuttavia il solo fatto di guardare una stella non può dirci di per sé quanto sia distante!

È un po' come guardare una montagna all'orizzonte: come fate, osservandola e basta, a dire quant'è lontana?

Un geometra vi risponderebbe che si fa con una "triangolazione", cioè si osserva la cima della montagna non con un solo cannocchiale, ma con due cannocchiali piazzati abbastanza lontani tra loro, diciamo a 100 metri.

La cima e i due cannocchiali formano quindi i vertici di un triangolo, di cui conosciamo la misura di un solo lato, di 100 metri appunto, ma se i cannocchiali ruotano su di un cerchio graduato possiamo anche misurare due angoli del triangolo e questo è sufficiente per farne un disegno in scala e misurare così la distanza della montagna.

Con questo sistema gli astronomi possono misurare con precisione la distanza della Luna, osservandola simultaneamente con due telescopi posti a grande distanza qui sulla Terra, per esempio agli antipodi l'uno rispetto all'altro, a 12 mila chilometri tra loro: possiamo così misurare che la distanza Terra-Luna è di 380 mila chilometri.

Già questo semplice risultato ci fa capire che lo spazio è molto più grande di quel che sembra, se perfino la distanza della Luna, che ci sembra così vicina, è in realtà 30 volte più grande del diametro della Terra!

Vediamo che il triangolo è molto allungato, con un lato di 12 mila chilometri e gli altri due di 380 mila: è evidente che, se la distanza delle stelle è molto più grande di quella della Luna, non riusciremo a misurarla con questa tecnica!

Con il Sole, infatti, il metodo non funziona; ma un astronomo molto astuto, Aristarco di Samo, riuscì lo stesso nel III secolo a.C. a misurare la distanza Terra-Sole con una triangolazione e il trucco fu quello di usare la Luna stessa come secondo punto di osservazione.

Ma come? A quell'epoca non era certo pensabile recarsi sulla Luna a fare la misura, neppure Giulio Verne aveva ancora lanciato il proiettile del suo famoso racconto "Dalla Terra alla Luna"!

Per riuscirci Aristarco dovette dapprima stimare le dimensioni fisiche della Luna, e fece così: osservò un'eclissi di Luna e misurò che l'ombra della Terra è 3 volte più grande della Luna, perciò il diametro della Luna deve essere $\frac{1}{3}$ di quello della Terra.

A questo punto, confrontando la vera dimensione della Luna con la sua grandezza come la vedeva nel cielo, Aristarco calcolò quanto fosse lontana.

Successivamente osservò la Luna nel momento esatto della fase di "primo quarto", quella in cui questa appare illuminata esattamente a metà: in quel momento il Sole sta esattamente a 90 gradi a destra della Luna, possiamo saperlo anche senza essere sulla superficie della Luna per misurarlo.

Possiamo quindi tracciare il triangolo Terra-Luna-Sole, visto che conosciamo la lunghezza del lato Terra-Luna e i due angoli su questo lato, uno di 90 gradi e l'altro pari alla separazione tra Luna e Sole che vediamo in cielo.

Da questo triangolo misuriamo che la distanza Terra- Sole è di ben 150 milioni di chilometri, circa 12 mila volte il diametro della Terra! (3 secondi di pausa)

Q: E per le altre stelle?

A: Nel cielo vediamo stelle deboli e stelle brillanti, ma non è vero che quelle brillanti sono più vicine e quelle deboli più lontane!

Le stelle infatti hanno diversa temperatura, dalle più fredde a 3000 gradi, alle più calde a 50 mila gradi e, a parità di grandezza, le più calde emettono più luce.

Inoltre sono anche di diversa grandezza, dalle nane bianche non più grandi della Terra, alle supergiganti più grandi dell'intera orbita terrestre e, a parità di temperatura, più sono grandi più sono luminose.

La luminosità quindi non basta per conoscerne la distanza.

Ma una volta nota la distanza Terra-Sole il trucco della triangolazione è stato rinnovato: sappiamo che la Terra orbita intorno al Sole compiendo un giro in 12 mesi, perciò se osservassimo la stessa stella a 6 mesi di distanza ci troveremmo in due punti opposti dell'orbita, distanti tra loro il doppio della distanza Terra-Sole, cioè 300 milioni di chilometri.

Potremmo quindi fare una triangolazione semplicemente usando un telescopio munito di un cerchio graduato, come abbiamo fatto nell'esempio della montagna.

Gli angoli da misurare in questo però sono troppo piccoli anche per una scala graduata, senza contare che la Terra gira e durante la notte il telescopio deve inseguire il moto apparente delle stelle.

Ma provate questo semplicissimo esperimento: mettete un dito davanti a voi, guardatelo con un occhio solo e osservate cosa c'è, in corrispondenza del dito, sullo sfondo della stanza; ora chiudete quell'occhio e aprite l'altro, senza muovere il dito: vedrete subito che il dito apparirà in un'altra posizione rispetto allo sfondo.

Questo accade perché il dito è vicino e lo sfondo è lontano e l'effetto si chiama "parallasse".

È immediato osservare come la parallasse sia molto evidente quando il dito è vicino ai vostri occhi e più ridotta quando il dito è lontano: parallasse e

distanza sono quindi legate tra loro, cosicché possiamo conoscere le distanze semplicemente misurando le parallassi.

È lo stesso principio della visione stereoscopica, con cui noi stessi percepiamo la distanza degli oggetti semplicemente perché li guardiamo con due occhi.

Il telescopio, in modo analogo, vedrà nell'intervallo di 6 mesi uno spostamento di ogni stella vicina rispetto allo sfondo delle altre stelle e da questa parallasse potrà misurare la distanza di ogni stella.

Con il metodo delle parallassi gli astronomi hanno potuto tracciare una mappa tridimensionale del milione di stelle più vicine al Sole, grazie a un piccolo ma sofisticato telescopio spaziale, chiamato Hipparcos in onore di uno dei primi astronomi dell'antichità.

Attualmente è in fase di costruzione un satellite più moderno, chiamato GAIA, che permetterà di estendere questa mappa tri-dimensionale fino a un quinto del diametro della Galassia.

Le distanze che vengono fuori da queste misure sono impressionanti: la stella più vicina, Proxima Centauri, si trova a circa 40 mila miliardi di chilometri, per questo gli astronomi hanno definito delle unità di misura più comode, come l'Unità Astronomica, pari alla distanza Terra-Sole, e l'anno-luce, cioè la distanza percorsa dalla luce in un anno di cammino, pari a più di 9 mila miliardi di chilometri.

Proxima Centauri dista quindi poco più di 4 anni luce, mentre la nostra Galassia ha un diametro di 80 mila anni luce. (3 secondi di pausa)

Q: E per le altre galassie?

A: Anche il Sole orbita attorno al centro della Galassia, che si trova a circa 30 mila anni luce di distanza, ma un giro completo dura 200 milioni di anni, perciò a meno di attendere una buona frazione di questo tempo, non è possibile estendere il metodo della parallasse per misurare la distanza delle galassie vicine!

Qui si usa un concetto diverso: il metodo delle "candele standard".

Prendete tre candele e mettete la prima a 1 metro di distanza da voi, la seconda a 2 metri e la terza a 4 metri: se le candele sono tutte uguali, cioè emettono tutte la stessa quantità di luce, la seconda e la terza vi illumineranno meno della prima, rispettivamente di 4 volte e di 16 volte.

Perciò se anche non conoscessimo la distanza delle candele potremmo sempre calcolarla misurandone la luminosità apparente e confrontandola con la luminosità intrinseca, a patto di conoscere quest'ultima.

Fortunatamente con le stelle possiamo fare la stessa cosa, poiché ci sono alcune stelle che emettono sempre la stessa quantità di luce.

Grazie alla mappa costruita con la parallasse possiamo infatti conoscere la vera luminosità delle stelle, quella intrinseca, ben diversa da quella che osserviamo sulla Terra, che come abbiamo visto dipende da molti fattori.

In particolare gli astronomi hanno scoperto un tipo di stelle la cui luminosità intrinseca è sempre uguale, dovunque esse si trovino: sono le stelle Cefeidi, chiamate così poiché la prima fu scoperta nella costellazione del Cefeo.

Per la precisione le Cefeidi sono delle stelle pulsanti, la cui luminosità intrinseca aumenta e diminuisce periodicamente attorno a un valor medio, che dipende dalla durata della pulsazione.

Basta quindi misurare l'intervallo di tempo tra due massimi di intensità di una cefeide per conoscerne la luminosità intrinseca, nota la quale si può calcolarne distanza dal confronto diretto con la luminosità apparente!

Per questo le Cefeidi vengono chiamate "candele standard".

Queste stelle, che sono di tipo gigante, sono abbastanza luminose da potersi vedere anche nelle galassie vicine: possiamo quindi calcolare la distanza delle galassie ospiti semplicemente dalla misura del periodo di pulsazione delle loro Cefeidi e tracciare così una mappa tridimensionale della distribuzione delle galassie nello spazio.

Anche qui risultano distanze impressionanti: la più vicina galassia simile alla nostra, detta galassia di Andromeda, si trova a 2 milioni e mezzo di anni luce da noi!

Le galassie più lontane tuttavia sono troppo distanti anche per osservare le Cefeidi, ma spesso capita che in una galassia una stella massiccia termini il proprio combustibile nucleare e finisca la sua vita con un'immensa esplosione, chiamata "supernova".

Un'esplosione di supernova manda letteralmente in frantumi l'intera stella, emettendo una tale quantità di energia che quell'unica stella diventa, per alcuni giorni, più luminosa dell'intera galassia che la ospita ed è quindi visibile perfino nelle galassie più lontane.

Le modalità di queste esplosioni si diversificano in varie categorie, ma una di esse, detta "primo-a", mostra sempre la stessa luminosità intrinseca ed è

quindi anch'essa una "candela standard" e si può usare per misurare le distanze fino al confine dell'Universo osservabile, che risulta essere essere più distante di 40 miliardi di anni luce! (1 secondo di pausa)

È così che, pur non potendoci muovere dal nostro piccolo pianeta, stiamo pian piano realizzando una mappa dell'intero Universo, che risulta essere straordinariamente più immenso di quanto grande ci appare la volta stellata in una notte limpida di alta montagna!

FINE