Buonasera questa è la prima lezione del ciclo che è organizzato dagli oggetti più vicini agli oggetti più lontani; io in questa lezione devo anche introdurre alcune considerazioni generali e discorsi generali che verranno usati nelle lezioni prossime; forse alcune parti saranno un po’ noiose.

In particolare devo parlare di coordinate celesti, del problema di come si misurano le distanze nel cosmo, (all’esterno della terra) e poi la seconda parte sarà classica sui movimenti della terra rivoluzione e rotazione.

Comincio dalle coordinate celesti:

In astronomia si usano praticamente sempre coordinate di tipo polare cioè le posizioni si misurano per mezzo di angoli ed eventualmente una distanza e non in coordinate cartesiane; questo perché molto spesso la distanza si conosce molto male o è ignota; quello che si può misurare molto bene è la direzione in cui io vedo la sergente ma misurare la distanza è più complesso. Le coordinate polari permettono di separare la distanza dalla direzione ed essenzialmente si usa sempre lo stesso meccanismo che viene trasferito in casi particolare e diversi cioè: si ha un piano di riferimento la direzioni dell’oggetto viene proiettata su questo di riferimento e su questo piano di riferimento si misura un primo angolo che generalmente potrei chiamare longitudine anche se non ha significa geografico in questo caso. L’angolo si misura a partire da una asse che si sceglie come origine degli angoli su questo piano; la secondo coordinata angolare è l’altezza angolare della direzione sul piano di riferimento che è una specie di latitudine oppure, inversamente , come indicato in questo caso, un angolo rispetto all’asse ortogonale al piano di riferimento (e ovviamente tra i due angoli sono intercambiabili tra di loro perché uno è 90 gradi meno l’altro quindi è una latitudine o colatitudine per usare un paragone terrestre); in effetti il primo esempio che conoscete tutti è quello di identificare una posizione sulla terra in cui la distanza del centro non è che non è nota ma di solito ha meno importanza perché la terra è quasi sferica e quindi in questo caso come piano di riferimento si usa l’equatore terrestre l’asse ortogonale e l’asse polare attorno a cui la terra ruota e quindi c’è un primo angolo che è la latitudine che è la distanza del piano che continente il meridiano che passa per la posizione sull’equatore rispetto ad un meridiano di riferimento che è il meridiano di Greenwich più la latitudine o come è indicata qui la colatitudine ossia la distanza angolare dal polo.

Lo stesso principio si applica alla misura di coordinate angolari di oggetti celesti: in questo caso la superficie di riferimento è una ipotetica volta celeste perché si osservano le stelle a prescindere dalla distanza a cui si trovano e il primo sistema è quello che viene più naturale è utilizzare come piano di riferimento il piano dell’orizzonte del luogo in cui ci si trova; ovviamente la direzione perpendicolare al piano di riferimento è lo zenit e quindi si ha un insieme di coordinate che viene chiamato azimut - angolo sul piano dell’orizzonte e altezza dell’orizzonte oppure se preferite distanza zenitale che è il complementare dell’altezza sull’orizzonte. Questo è un sistema di coordinate molto intuitivo perché dà effettivamente la posizione di una stella o di un oggetto celeste rispetto a dei riferimenti che sono facili da individuare nel posto in cui ci si trova; il difetto è che la volta celeste ruota rispetto alla terra (o meglio è la terra che ruota ) però diciamo cinematicamente quello che un osservatore vede durante una notte è che la volta celeste ruota e quindi usando questo sistema di riferimento azimut-altezza quello che succede è che le coordinate degli oggetti celesti cambiano a seconda del tempo ; in particolare c’è un punto della volta celeste che è il polo di rotazione che rimane sempre fisso ma tutti gli altri punti cambiano di posizione , ruotano secondo intorno all’asse che passa per il polo e quindi hanno coordinate azimut- altezza che sono variabili nel tempo; allora è più comodo molte volte utilizzare un sistema di riferimento invece ancorato non alla posizione dell’osservatore ma alla sfera celeste in modo che le coordinate delle stelle cosiddette fisse siano costanti nel tempo.

Questa è la fotografia che si ottiene fotografando un cielo stellato con una posa molto lunga; vedete che le stelle sembrano percorrere dei cerchi ; una stella ipotetica che si trovasse al polo nord in realtà la polare è molto vicina è fissa ha posizione fissa nel tempo, tutte le altre percorrono cerchi in torno al polo. Questa è la rappresentazione di come avviene il movimento rispetto all’orizzonte tutte le stelle percorrono dei cerchi ortogonali all’asse di rotazione; allora se si vuole introdurre un sistema di riferimento fisso con la volta celeste è comodo utilizzare un sistema di riferimento in cui il piano fondamentale sia una proiezione sulla volta celeste dell’equatore terrestre; questo perché siccome il polo nord celeste è fisso in un sistema di riferimento locale questo sistema di riferimento almeno ha un punto che ha coordinate costanti in entrambi i sistemi di riferimento ( Sia azimut e altezza che quello ascensione retta e declinazione); per cui immaginando di proiettare l’equatore celeste sulla sfera delle stelle fisse si prende questo piano equatore-celeste come piano di riferimento l’asse ortogonale passa per il polo nord celeste e come direzione da cui contare gli angoli sull’equatore celeste ovviamente bisogna prendere una direzione fissa con la sfera delle stelle fisse o non con la terra; e questa direzione si prende il cosiddetto equinozio di primavera o punto vernale cioè il punto in cui il moto apparente del sole (eclittica) durante l’anno interseca l’equatore celeste. Le coordinate misurate in questo modo si chiamano ascensione retta (che è l’equivalente della longitudine sull’equatore celeste) e declinazione (che è l’equivalente della latitudine) ; qui è indicata la misura degli angoli in ascensione retta : molto spesso viene espressa in ore che non sono il tempo è semplicemente una divisione dell’angolo giro in 24 ore invece che 360 gradi. È una convenzione che gli astronomi usano spesso

Quindi l’intera volta celeste risulta ricoperta di un rete che è paragonabile a quella dei meridiani e paralleli che però è fissa con le stelle e non con la terra per cui se io potessi materializzare questa rete nel cielo vedrei che nel corso della notte durante la rotazione della volta celeste, la rete sarebbe solidale con le stelle.

Scala delle distanze:

Passo al secondo punto che è le scale di distanza; la prima cosa che vi devo per forza dire riguarda le unità di misura che vengono utilizzate in astronomia e quindi per giustificare perché vengono utilizzate certe unità rispetto ad altre devo parlare un attimo delle dimensioni degli oggetti astronomici; quindi si parte dalla terra che ha un raggio di poco più di 6000 km per dare un’idea un po’ più immediata di queste grandezze le trasformo in tempi di percorrenza alla velocità tipica di un aereo di linea che potrebbe essere introno ai 1000 km all’ora e quindi il raggio della terra sono circa 6 ore di volo; per essere più preciso dovrei parlare di circonferenza della terra che sono 40000 km e sono circa 40 ore di volo; la circumnavigazione del globo in aereo richiede questo tempo.

Gli oggetti più vicini per esempio la distanza terra luna sono 384000 km che corrisponde a 16 giorni di volo a questa velocità e già la distanza terra sole è circa 150 milioni di km e verrebbero 17 anni di percorrenza. Quindi vedete che in questi esempi si vede subito quello che si dice comunemente che il cosmo è essenzialmente vuoto : gli oggetti astronomici sono molto grandi a volte ma la distanza tra di loro è molto ma molto più grande dell’ordine delle migliaia di volte le dimensioni tipiche degli oggetti stessi.

Quando si va a distanze planetarie (tipo la distanza della terra dal sole) non ha più senso utilizzare i km come unità di misure ma si utilizza la cosiddetta unità astronomica (UA) che per definizione è il valore medio della distanza della terra dal sole; quindi in questa unità la distanza terra sole è un‘unità astronomica (direi per costruzione), la distanza del sole dal Giove è circa 5 unità astronomiche e il pianeta più lontano del sistema solare è a 30 unità astronomiche dal sole quindi diciamo le decine di unità astronomiche sono le dimensione tipiche del sistema solare.

Se si va al di fuori del sistema solare si ha lo stesso effetto che si vedeva per i pianeti e le distanze tra i pianeti : le distanze tra stelle e possibilmente sistemi planetari diversi è molto più grande delle dimensioni tipici dei sistemi stessi.

Qui ho messo anche le distanze degli oggetti transnettuniani che espandono un po’ le dimensioni del sistema solare ma non in modo significativo.

Utilizzando quest’unità di misura quindi l’UA la distanza della stella più vicina al Sole risulta di 270000 UA quindi questo dice che quando si passa dall’interno del sistema solare alle sue immediate vicinanze cioè le stelle più vicine anche l’UA diventa insufficiente e per questo di usa un’altra unità di misura che è l’anno luce

La luce viaggia a 300000 km al secondo circa e l’anno luce è per definizione la lunghezza percorsa dalla luce in un anno che equivale a circa 63000 unità astronomiche ; quindi un’unità abbastanza adatta per trattare la distanza tra le stelle; per dare un’idea la luce percorre la distanza terra luna in poco più di un secondo, la distanza tra terra e sole viene percorsa in circa 8 minuti e la distanza della stella più vicina in questa unità di misura è poco più di 4; l’anno luce è l’ordine di grandezza della distanza delle stelle più vicine tra di loro: poche anni luce.

La via lattea che è la galassia in cui ci troviamo ha una dimensione di 100000 anni luce; voi sapete che le stelle non sono distribuite uniformate nell’universo ma sono aggregate in vasti sistemi che sono le galassie che sono insiemi di centinaia di miliardi di stelle.

Questa ovviamente non è la nostra galassia perché la nostra galassia non la possiamo fotografare dal difuori ma è una galassia che si pensa molto simile con una struttura a spirale; in una galassia di questo tipo il sole sarebbe circa a metà strada tra il centro e la periferia in un braccio a spirale e la grandezza tipica di queste galassie, il diametro tipico è 100000anni luce; anche la nostra galassia ha queste dimensioni,.

Le galassie sono a distanze tra di loro di milioni di anni luce almeno.

Questa è un’immagine del cosiddetto gruppo locale cioè il gruppo di galassie che contiene anche la Via lattea dove noi siamo, contiene anche la nebulosa di Andromeda che è a poco più di un milione di anni luce di distanza e poi in mezzo ci sono altre galassie molto più piccole invisibili a occhio nudo però questo dà un’idea: queste sono tutte le galassie che ci sono a questa scala.

Per avere altre galassie bisogna andare più lontano del milione di anni luce . Per fare un balzo le dimensioni dell’universo sono circa 13 miliardi di anni luce.

Dicevo che le distanze astronomiche si misurano molto più difficilmente delle posizioni angolare; in effetti dalla nascita dell’astronomia è stata una gara per avere osservazioni angolari sempre più precise; qua nel corridoio avete un esempio di strumenti astronomici del settecento, degli inizi dell’ottocento, che nelle misurazione angolari erano già molto precisi; le misure di distanza sono molto più complicate. Al giorno d’oggi si può pensare di usare radar: effettivamente sono radio telescopi usati come emettitori di fasci di microonde quindi possono essere usati come radar però i radar ha il problema che la potenza del segnale dell’eco ricevuta diventa molto velocemente molto debole all’allontanarsi dell’oggetto quindi il radar può essere usato solo con gli oggetti più vicini alla terra e più vicini intendo asteroidi o i pianeti più vicini; già arrivare ai confini del sistema solare con le potenze attuali dei radar non è possibile e quindi è una misurazione di distanza precisa ma che ha un campo di applicazione estremamente limitato.

Per distanze più grandi tipo quelle delle stelle più vicine si usano misure cosiddette di parallasse. Parallasse è una parola che può spaventare ma è un effetto molto semplice, è l’effetto che c’è quando si hanno oggetti a distanza diversa: se io cambio il punto di vista cambia anche la posizione apparente di un oggetto rispetto allo sfondo costituito dagli oggetti più lontane.

Due persone in posizioni diverse vedono lo stesso albero in questo esempio proiettarsi contro particolari diversi dello sfondo più lontano; questo effetto può essere soggetto a misure e dà una misurazione angolare che permette di calcolare le distanze per mezzo di misurazioni angolari; per le stelle come spostamento si usa lo spostamento della terra lungo la sua orbita : due osservazioni della stessa stella , supposto che sia vicina, fatte a sei mesi di distanza cioè quado la terra è al punto opposto dell’orbita, danno se queste osservazioni danno posizione della stella come diversa rispetto allo sfondo delle stelle fisse, che si suppongono molto più lontane, una misurazione dell’angolo tra queste due posizioni dà direttamente la misura della distanza della stella conoscendo qual è il diametro dell’orbita terrestre. Questo disegno esemplifica che più una stella è vicina e più l’effetto di parallasse è grande.

Con questo sistema la precisione con cui si misurano gli angoli in astronomia è molto varia però da terra come ordine di grandezza possiamo dire il secondo d’arco o piccole frazioni di secondo d’arco; questo numero sta migliorando e sta diventando sempre più piccolo al migliorare delle tecniche osservative .

Un secondo d’arco corrisponde alle dimensioni di un oggetto posto a distanza pari a 200000 volte il suo diametro : una moneta da un euro a posta a circa a circa 5 km di distanza; siccome la nostra base di misura è 2 UA, il diametro dell’orbita terrestre, si vede che con questo metodo si arriva a poche centinaia di migliaia di UA quindi a pochi anni luce di distanza e quindi è un metodo che è adatto solo per stelle abbastanza vicine.

Ci sono progetti di astrometria di precisione che possono arrivare al millesimo o in futuro al milionesimo di secondo d’arco però comunque non possiamo andare molto più in là delle stelle vicine e sicuramente non al di fuori della galassia; quindi c’è necessità di avere un metodo di misura di distanza per distanze molto più grandi e di questi non vi parlo perché saranno trattati da altre persone e sono basati su principi fisici un po’ meno affidabili ; per esempio su misure fotometriche: una stella è lontana più la sua luce appare … diminuisce col quadrato della distanza quindi se riesco nel cosmo a individuare un insieme di stelle che so per qualche motivo hanno tutte la stessa luminosità più o meno misurando semplicemente la luminosità apparente cioè quanta luce ci arriva posso stimare la loro distanza. Non vi parlerò di questi metodi che sono molto importanti ma non riguardano il sistema solare ma più l’astronomia delle galassie e dell’universo.