

Interdisciplinary Astronomy

Jacopo Tissino

May 18, 2020

This course is in Italian.

Tuesday
2020-4-7,
compiled
May 18, 2020

1 Lezione congiunta Cremonesi–Ghilardi

Ora l'astronomia è uniformata nel mondo, ma la sua storia dipende dalla regione.

Ogni descrizione del mondo dipende dal modo in cui noi ci poniamo le domande, da che tipo di ricerca svolgiamo.

Rapporto *mythos-logos*. Scienza contemporanea come *mythos* contemporaneo.

L'incontro interculturale permette di uscire dal *mythos* della nostra società.

Osservazione della CMB e del Big Bang: "retrocessione dell'osservatore". Sto condizionando l'origine...?

La scienza moderna è più efficace del mito antico ma non più vera.

Verità: costruzione generale di senso, distinta dall'aspetto predittivo.

Foucault: *L'ermeneutica del soggetto* [Fou82]. Verità.

Galileo è alla soglia fra l'approccio osservativo moderno e l'astrologia.

Idea dello "sfatare i miti".

Sempre verità vs mito, sfatare i miti con "non ci sono prove" e affermazioni scientifiche. Scientifiche ora, storicamente anche religiose con il Cristianesimo.

Bufale e falsi miti: "falsi" qui è utilizzato come rafforzativo.

Mito, qui, non è semplicemente "storia", è invece un approccio intero alla realtà, un insieme di idee che forniscono un quadro interpretativo.

Le narrazioni "mitologiche" si pongono le stesse domande della scienza oppure no? Questo è cruciale. È *efficace* utilizzare una narrazione scientifica in contrapposizione al complottismo? Il mito-complottismo si pone su un piano diverso? "Il mito è parola della crisi".

De Martino (chi è?) sul mito.

La narrazione complottista crea un "noi" nel quale rifugiarsi. Il mito è "narrazione fondante".

Il mito è vivo nel momento in cui vive in qualcuno, se è oggetto di uno studio storico-religioso è morto, una storia falsa.

Marcel Detienne: il mito è un sistema di pensiero che ingloba l'insieme dei racconti essenziali della società. Il mito *mobilita*.

J.-P. Vernant: il mito deve essere inserito in una cultura ben definita.

Tre domande:

1. A cosa si conferisce l'etichetta di mito? Chi definisce "mito" le narrazioni di altri? Com'è che qualcosa viene definito "sapere" e qualcos'altro "credenza"?
2. Il mito esiste "di per sé" o è un oggetto culturale che si è prodotto storicamente sulla base della comparazione?
3. Come si è costituito il mito come oggetto del pensiero scientifico?

"Superstizione" scientifica nel senso di sovrastruttura.

Bruno Latour.

Retrocessione dell'osservatore. Carlo Sini: "Transito Verità", si menziona questo, cosmologia dal Timeo di Platone. Idea già nel pensiero di Nietzsche: credendo di investigare le cose nella loro inedità proiettiamo le nostre categorie.

Come faccio a studiare l'altro se turbo il sistema che osservo nell'osservarlo? L'evoluzione è parte di un processo evolutivo?

C'è una porosità fra mitologie e gruppi sociali.

Wednesday
2020-4-8,
compiled
May 18, 2020

2 "In Viaggio verso le Stelle", l'astronomia nel pensiero cinese tradizionale

Sezione tenuta dal professor Ghilardi.

Il pensiero cinese ci appare "uniformato" se guardato dall'occidente, ma è variato tanto quanto quest'ultimo.

Il Tao è un punto centrale di questo pensiero, che è differente dalla nozione occidentale di filosofia, non c'è un'ontologia, non c'è una distinzione fisico-metafisico. Letteralmente tradotto, significa "via" come sostantivo, o "andare" o "proferire" come verbo.

Tao è sia la physis, generazione delle cose, che il metodo umano di procedere.

Le scuole filosofiche cinesi si sviluppano fra il sesto e il (?) secolo BCE, "epoca degli stati combattenti", prima dell'Impero.

Nessuno parla di vita contemplativa qui: si conosce il mondo attraverso il saper fare, che permette di armonizzarsi con la natura. I movimenti della natura sono armonici: l'essere umano è l'unico ente che rischia di deviare da questo corso.

Si parte dal termine *Xiaoyaoyou*: la capacità di evolvere, come un uccello che si muove in cielo.

Questo è direttamente opposto al mito dell'eroe occidentale che va contro. Il saggio è colui che sa evolversi, "surfare sulle onde" della realtà. Se si opponesse alla potenza del mare, ne verrebbe travolto.

Questo non è fatalismo: è intelligenza dello sfruttare le correnti, divenendo tutt'uno con il Tao.

Immagine: antico diagramma del taiji. Questo simbolo ha un migliaio d'anni, non esisteva la tempo di Confucio. Dicotomia e complementarità fra yin e yang. Il Tao è il movimento del taiji, l'accadere dei fenomeni.

L'equilibrio dello yin e dello yang è sempre dinamico. A partire dall'indistinzione originale, si crea la realtà e con essa gli effetti del Tao. Vi sono cinque "elementi", che sono fasi di un processo.

C'è una continua transattività fra visibile e invisibile.

Citazione di Saxl, *Storia della biblioteca Warburg*, in E. Gombrich, *Aby Warburg*, Feltrinelli 2003, pp 169-170.

L'atto fondamentale della conoscenza umana è orientarsi di fronte al caos attraverso la posizione di immagini e segni. Ci sono due modalità di orientamento: trarre a sé il cosmo, e contenere, governare la distanza tramite un linguaggio particolare, come quello matematico.

Fino al 1400, la superiorità cinese non è stata utilizzata per scopo di conquista o scoperta, mentre la superiorità europea nell'età moderna ha avuto l'"andare oltre" come paradigma.

Il pensiero cinese non ha un'impostazione di causa ed effetto, bensì tratta i flussi reciproci.

La modalità non matematizzante è meno efficace, ma tiene insieme umano e naturale: non "dualizza".

2.1 Cosmogonie taoiste

Daodejing: "Il Tao¹ genera l'uno, l'uno genera il due, il due genera il tre, il tre genera le diecimila cose. Le diecimila cose si lasciano dietro lo *yin* e vanno verso lo *yang*."

Non vi è un Dio creatore, il Tao non è un'entità cosciente. Il Tao è un movimento infinito, le cui onde sono i fenomeni.

Huinanzi: "Del Tao è detto pertanto: il suo inizio è nell'uno; l'uno non può generare, perciò si divide trasformandosi in *Yin* e *Yang*. Dall'unione armonica dello *Yin* e dello *Yang* hanno avuto origine tutte le cose. Per questo è detto: l'uno dà origine al due, il due al tre e il tre a tutte le cose.

Questo è in un certo senso simile a quello che scrivono i presocratici, ma questa cosmogonia è sempre volta al "cosa posso fare io"?

2.2 Miti cosmogonici: il mito di Pangu

Non ha senso interrogarlo in senso logico.

All'inizio del tempo c'era l'oscurità, il mondo era un uovo che conteneva il caos. Dentro all'uovo c'è il gigante Pangu con una scure. Le due parti dell'uovo vanno a formare lo yin e lo yang, e il gesto di Pangu è di separarle, tenerle separate: il tema della scissione è ricorrente, anche il termine tedesco per "giudizio" significa "scissione".

Quando il gigante decide di morire, il suo corpo diventa la Terra. L'uomo non è, come nel mito biblico, centrale nella creazione: al contrario, è eccentrico in quanto gli uomini si formano dalle pulci sul corpo di Pangu.

Un'altro mito, questa volta **cosmologico** (non cosmogonico) è quello dell'arciere di Yi. La terra è arsa dal calore dei dieci Soli, e l'arciere, un semidio, deve riportare l'equilibrio.

¹Talvolta si scrive Dao, è solo una traslitterazione diversa.

Dal punto di vista del Tao, il fatto che una specie si estingua o meno è indifferente. I saggi taoisti dicono che se siamo in grado di assecondare lo scorrere naturale della natura allora riusciremo a preservare la nostra.

2.3 La cosmologia cinese

La cosmologia cinese è testimoniata da reperti archeologici, derivanti da oggetti utilizzati per la scapulomanzia: gusci di tartaruga incisi, lasciati a seccare; si interpretavano le loro crepe.

Il cielo era suddiviso in 28 case lunari (28 come i giorni del ciclo lunare); divisi in 4 palazzi celesti, abbinati ai 4 punti cardinali e le 4 stagioni:

1. Tigre bianca (W);
2. Tartaruga nera (N);
3. Drago azzurro (E);
4. Fenice rossa (S).

In più, l'Orsa Maggiore: Drago Giallo. Ci sono riferimenti a queste nei manga (es. maestro Tartaruga in Dragonball).

L'oroscopo cinese non si basa sui dodici mesi dell'anno, ma invece ha un ciclo di dodici anni. Questi sono poi moltiplicati per i 5 elementi (fuoco, terra, acqua, legno, metallo) per ottenere un ciclo di sessant'anni.

La costellazione di Orione era considerata una sagoma umana anche per i cinesi.

Quando la società cinese inizia a studiare le stelle è già burocratizzata, quindi abbiamo nomi come "funzionario minore" e altre cose legate alla quotidianità.

La scienza in Cina ha studiato diversi fenomeni: il movimento dei corpi celesti, la medicina, zoologia e botanica, musica e magnetismo. Quest'ultimo, in particolare, ha una polarità intrinseca quindi era interessante al tempo.

Il termine "scienza" non esiste in cinese.

Approccio degli studiosi cinesi di fine 1800: come si relaziona il *daotong* (visione complessiva dell'uomo) cinese con la scienza? È possibile distaccare il *daotong* cinese classico dalla scienza tradizionale cinese?

Il concetto tradizionale di "natura" cinese, *ziran*, corrisponde a "ciò che spontaneamente si dà".

Non si pensa in termini di sostanze, ma di mutamenti, processi. Non esiste l'"ente".

Il sapere è sempre sapere per fare.

Il cinque è un numero ricorrente. Non si sviluppa un sistema assiomatico: si trova un analogo del teorema di Pitagora, ma non viene "dimostrato" con l'approccio euclideo.

La dimensione mitica c'è anche dal lato occidentale: anche Keplero cercava connessioni di stampo mitologico. C'è una necessità di un paradigma comune, uno sfondo indiscusso, come in Omero era il fatto che gli dèi abitino gli uomini per influenzarne le azioni.

Concetto di tempo: ci sono i concetti di momento-occasione, durata, "spazio-tempo" nel senso di universo, o firmamento. Più recentemente, si forma il concetto formale di

tempo “momento-intervallo”. Nella concezione classica, il tempo è informale, stagionale, qualitativo.

Come si distinguono la scienza, la filosofia dalla mitologia? C'è una differenza della tenuta logica dei discorsi, “rendere conto” delle affermazioni. La scienza in senso moderno si basa sull'esperimento. C'è la questione della matematizzazione, e della formazione di connessione fra cause ed effetti.

Il mito, invece, non è messo in questione.

La scrittura ideografica cinese non si presta all'algebra. La scrittura alfabetica permette più facilmente di sganciare il significato dalle lettere.

In che lingua parlano gli studiosi di fisica, astronomia etc?

Francois Jullien: “L'invenzione dell'ideale e il destino dell'Europa”.

Svastica simbolo cinese prima che nazista: *wan*, diecimila cose, uncino - dieci, quattro uncini 10^4 .

Motore immobile: il perno della ruota sta fermo, e con ciò permette che la ruota giri. Vuoto è la massima possibilità, capacità di accoglienza. Riempire di cose la propria vita è peggio che “farsi vuoti”.

Le stelle “accadono”, non hanno volontà. L'uomo deve naturalizzarsi ed imitarle.

Thursday
2020-4-9,
compiled
May 18, 2020

2.4 Modelli cosmologici

Gai Tian: “cielo a ombrello”, Terra quadrata, cielo emisferico a coperchio. Stella Polare punto di riferimento fondamentale.

Le stelle non sono “incollate” alla volta celeste, invece si muovono, perché tutto è in costante trasformazione.

La Cina è comunque centrale, asse del mondo, e non è interessata ad esplorare le periferie.

Questa teoria viene scartata in quanto una Terra quadrata non si adatta bene ad un cielo tondo.

Una nuova teoria, lo **Hun Tian**, prevede una Terra tonda.

L'idea qui è che il cielo è grande, la Terra è piccola. Questa polarità è chiave nel pensiero cinese classico: il pensare bene, per i cinesi, non è concatenare argomentazioni ma trovare dicotomie, opposizioni.

La Terra galleggia nel vapore, e c'è un tentativo di ragionare: il disco terrestre è innalzato e abbassato fra estate e inverno, quindi la temperatura cambia.

Maree? Le conoscevano, ne tenevano conto?

Xuan ye: “notte che si espande”. Questa è la più vicina alla modernità: nega l'esistenza di un cielo con forma e sostanza, chiarore e oscurità celesti sono fenomeni apparenti, il cielo non ha davvero sostanza e colore e l'universo è infinito.

Questo non ha provocato un “crollo narcisistico” come quello causato in Occidente dalle teorie eliocentrica ed evoluzionistica.

Nel mondo cinese non c'è un analogo sentore di disfatta: l'uomo non era mai stato pensato come il fine della creazione.

C'è inoltre uno sviluppo della pratica: il popolo cinese non dava valore allo studio contemplativo in sé. Un esempio è la *sfera armillare*, si conoscono sfere armillari dal primo secolo BCE.

Sono inventati anche i primi orologi ad acqua.

Incontro con la scienza europea: Padre Matteo Ricci vive in Cina gli ultimi anni della propria vita, poi c'è anche Padre Ferdinand Verbiest. Questi attorno all'inizio del 1600: sono gesuiti.

In Cina non c'è nulla di simile a quello che accade nel Giappone raccontato nel *Silence* di Scorsese.

Il corpo umano nel taoismo è metafora del cosmo, e viceversa. C'è un cielo anteriore, *xiantian*, e un cielo posteriore, *houtian*.

La posizione degli astri del cosmo, in questa interpretazione, ha un'influenza su come sarà una persona. Questo è il cielo anteriore.

Il cielo posteriore, invece, consiste in quello che effettivamente accade nella vita.

C'è idea di regolazione invece che predizione.

Non c'è una parola, propriamente, per dire "creazione": c'è la modifica, tu non hai "fatto", hai modulato qualcosa di preesistente.

Dallo Zhang-zi: non puoi nemmeno pretendere di osservare il cielo, se non conosci l'unità del Tao.

L'amore verso la propria psiche è ciò da cui bisogna allontanarsi.

Tien è contemporaneamente cielo nel senso di *sky* e nel senso di *heaven*.

3 Il cielo e la mitologia greca

In generale alle stelle vengono associate figure su un piano superiore: dei-stelle in età arcaica e sovrani-stelle in età ellenistica. Difficile demarcare la separazione astronomia/astrologia e tralaltro "Gli dei erano un modo di pensare il mondo per i Greci". Forti legami con politica (forza persuasiva delle narrazioni mitologiche), arte, letteratura, etc. Nella trattazione mostreremo gli **aspetti ricorrenti** dei miti legati all'astronomia. Innanzitutto identifichiamo due accezioni di "mito" per i Greci 1) Teodoreto di Cirro, *Historia religiosa*: racconto degli asceti orientali, es. sullo stilite (un tipo che viveva in cima ad una colonna) dice che "quello che racconterò sarà veritiero". Questo è emblematico dell'importanza della comparazione mito=fabula(=mucchio di balle) con narrazione veritiera: dialettica vero-falso (anche in Agostino etc.).

2) Accezione religiosa successiva: mito=storia sacra. Infatti il mito come discorso può avere efficacia, ossia in grado di muovere "forze sacrali" negli uomini. Legame "culto"- "coltivare": gli dei nascono contestualmente al mondo fisico. Pertanto in questa accezione mito=parola ispirata (dalle Muse): il poeta così impara ciò che è stato, ciò che è e ciò che sarà grazie al mito. La parola poetica è scandita, così come il contenuto scandisce le attività umani, tenendo il tempo del susseguirsi delle stagioni etc.

Nei Veda dall'uomo primordiale nasce, diremmo noi, il cosmo. Il mito racconta di come le cose *si sono stabilizzate*: mito è quindi "storia fondante", dove si racconta di un tempo in

Thursday
2020-4-16,
compiled
May 18, 2020

cui degli *altri* protagonisti muovono eventi straordinari rispetto ad oggi, ma che conducono al presente per "come dev'essere".

Altra ambivalenza:

- Da un lato la poliedricità di narrazioni, tante narrazioni, locali, dei miti
- Legami (parentele fra dei, citazioni di altri miti) fra i racconti

A volte il primo aspetto implica una "lotta" fra le varianti dei miti per la verità, che si concretizza, per esempio, nelle rivendicazioni della paternità dei poeti: infatti non esiste un testo sacro come riferimento.

Si definisce l'Atlante magico (*Zauberatlas*), che "acquista leggibilità soltanto nella letteratura". E' l'insieme di tutti i luoghi fantastici, il risultato di tutto il nostro patrimonio poetico-letterario personale.

Inoltre c'è un'interrelazione fra i miti di diverse culture (esempio quando si spiega l'antropomorfismo delle divinità egizie) Il mito è perlopiù intressato a spiegare le *origini* di fenomeni, attività culturali: l'esigenza di dar nome alle cose ed ordine.

3.1 Esiodo ed Iliade

Nella Teogonia il proemio è alle Muse, in cui il poeta prega loro di dargli un canto *seducente*: altro connotativo del lavoro poetico. Di nuovo la richiesta di mito come narrazione delle origini. Due esempi: Pleiadi e Orione, ma nulla di concettuale.

Iliade: sguardo di chi osserva il cielo come un pastore e poi la descrizione dello scudo. L'Orsa invece, come vedremo domani, sarà molto importante in quanto una delle costellazioni più antiche.

Dall'*Iliade*: le armi di Achille brillano come stelle, nello specifico come Sirio, il cane di Orione.

Il viaggio dell'Odissea è ritorno guidato dalle, e verso le stelle. Odisseo seduto al timone guida abilmente, senza addormentarsi, e guarda le stelle. Orsa l'unica che non si bagna in Oceano.

Nell'età ellenistica l'approccio è diverso: i viaggi sono di "fuga" verso le stelle.

Distinzione concettuale:

1. osservazione del cielo;
2. imposizione di nome alle stelle e ai gruppi di stelle;
3. dottrina delle influenze degli astri sugli eventi terreni.

Questa dottrina astrologica diventa rilevante nella cultura greca nel periodo ellenistico. Alessandria culla di questo tipo di conoscenze.

Fenomeni di Eudosso di Cnido: attorno al 370–360 BCE, descrive tutte le costellazioni con descrizione delle singole stelle. Modello geometrico, con sfera armillare.

Vi sono miti riguardanti sia costellazioni che, talvolta, singole stelle.

Thursday
2020-4-16,
compiled
May 18, 2020

Arato di Soli, fra il 315 e il 245 BCE, è un poeta che attinge a Eudosso. Secondo la tradizione, Antigono Gonata di Macedonia gli affida un lavoro: rendere più accattivanti le conoscenze di Eudosso, divulgarle.

Molti autori latini lo riprendono: Cicerone, Germanico, Avieno. Anche autori carolingi, che condannano le *fabulæ poetarum*, o *gentilium deliramenta* (delirî pagani).

Tuttavia devono riprendere questi testi, in quanto la conoscenza è intimamente legata alla forma poetica e alla mitologia.

Erudito è chi è in grado di tradurre (e anche talvolta tradire) Eudosso. L'opera di Eudosso inizia celebrando Zeus, non come *primus inter pares* come nella Teogonia di Esiodo tuttavia: questo Zeus è invece più stoico, esercita una sorta di "provvidenza" rispetto alla realtà umana. Arato, nel proemio, dice che Zeus è dappertutto. Orienta la vita umana, ed egli stesso fissa i segni nel firmamento. Per questo lo richiama, chiamandolo *thauma*, grande portento.

La costellazione della Vergine è cruciale per Arato, perché rappresenta Dike, la giustizia. Un tempo questa era concittadina degli uomini, sedeva in mezzo a loro, radunava gli anziani e là cantava sentenze eque per il popolo. In quell'epoca gli uomini non conoscevano ancora la dolorosa contesa né il fragore della guerra.

Giustizia era portatrice di doni legittimi, e forniva tutto in abbondanza. Quando venne l'età della stirpe d'argento, che iniziò a comportarsi diversamente dalla stirpe d'oro, Giustizia iniziò a frequentare meno gli uomini. Ammonì gli uomini, e tornò nelle montagne. Gli uomini di bronzo furono i primi a mangiare la carne. Nel mondo greco classico l'uccisione non sacrificale del bue aratore era paragonata all'omicidio. Allora Giustizia si trasferisce per il loro comportamento fra le stelle.

È un mito eziologico: trova l'origine, la causa.

In età imperiale Amato Marcellino parla di Giuliano citando Arato, e dicendo che l'imperatore Giuliano è colui che riporta Giustizia dalle stelle.

Arato esordisce parlando delle Orse: esordisce premettendo che la storia è narrata, con "Se si tratta di cosa veritiera..."

Spesso i miti delle Orse riguardano l'infanzia di Zeus, Zeus infante che la madre Rea doveva proteggere da Crono.

Cinosura ed Elice sono le Orse che lo allevano mentre si nasconde a Creta, in attesa di spodestare il padre. Le Orse salgono al cielo per volontà di Zeus successivamente.

Nel testo di Arato c'è il cosiddetto *katasterismos*: collocazione in stella, la raffigurazione in stella.

Il tema riappare nei *Catasterismi* di Eratostene: introduzione generale all'astronomia e ai suoi problemi scientifici, con origini mitiche delle costellazioni. A noi è rimasta solo un'Epitome di questo testo.

Quest'Epitome preserva una classificazione sistematica delle figure rappresentate, il racconto mitico (con le varianti!), cataloga le stelle anche per luminosità, considerando anche i nomi delle stelle e le attività umane ad esse collegate.

Molti miti sono miti di *stabilizzazione*: storie di Zeus, Eracle.

Più di metà delle costellazioni ruotano attorno alle vicende di Zeus e dei suoi figli. Inoltre, ci sono storie degli amori di Zeus. Vi è un ciclo dedicato a chi ha sfidato l'ordine

cosmico: Cassiopea, Orione, il Corvo, Serpente. Inoltre vi sono miti di *hybris*.

Inoltre ci sono miti *eziologici*, nei quali l'uomo "civilizza".

Spesso i miti, invece che di amore, raccontano di violazione, di ratti: ad esempio, il ratto di Proserpina ad opera di Ade, reso dal Bernini. Il tema è spesso quello della figura maschile che tenda di prendere la figura femminile, che cerca di sfuggire.

Igino restituisce una serie di varianti rispetto ai miti astrali.

Inizia con 6 varianti della storia dell'Orsa Maggiore. Dice che Esiodo dice che si chiamava Callisto (ovvero bella). Entrò nel seguito di Diana, tuttavia poi fu violata da Giove e per questo fu punita essendo trasformata in orsa.

In un'altra versione, Callisto accusa Diana e per questo è punita.

Da che punto ha assunto carattere importante anche l'aspetto ludico del mito? È difficile trovare un punto in cui il mito sia *solo divertissement* nella storia romana.

Anche successivamente il mito viene rivalutato e reinterpretato ma non diventa davvero intrattenimento.

La riscrittura del mito è sia necessaria conseguenza dell'evoluzione sociale, che del volere dei potenti.

Esempio: faccio un sacrificio rituale come aveva fatto Prometeo. Combattiamo Saddam come avevamo combattuto Hitler.

4 Astronomia sferica e pratica

La **volta celeste** è la superficie semisferica sulla quale appaiono proiettate le stelle. Ha un raggio indeterminato, non abbiamo modo di determinarne la dimensione: talvolta è comodo pensarla come di raggio infinito, talvolta invece la pensiamo come di raggio unitario.

La caratteristica più evidente della volta celeste è la *Via Lattea*; nell'emisfero australe è possibile vederne il centro.

Inoltre, vediamo le due Nubi di Magellano: le due galassie a noi più vicine.

Opera di James Turrell: "Celestial Vault", ci si può stendere in una piattaforma con un orizzonte artificiale che scherma dall'inquinamento luminoso.

Il *Primo Moto* di Raffaello mostra una precisa configurazione astrale: quella del 31 ottobre 1503, anno in cui il suo pontefice entra in carica. Qui si vede la sfera celeste *dall'esterno*.

Uranometria (Bayer) versus *Coelum Stellatum Christianus* (Schiller): sempre attorno al 1600, si vede due immagini speculari: Perseo contro San Paolo. Nel primo caso si vede la sfera dall'interno, nel secondo dall'esterno.

L'**astronomia sferica** descrive i moti degli astri nella sfera celeste. L'**astronomia dinamica**, invece, ne prevede i moti. L'**astronomia di posizione** è l'unione delle due: ha predetto, ad esempio, il ritorno della cometa di Halley.

Possiamo misurare distanze angolari relative ancor prima di aver fissato un sistema di riferimento. Per avere un numero indicativo, Luna e Sole hanno un diametro di circa 30'.

Gli strumenti storici senza utilizzo di lenti riescono a raggiungere una precisione di 1'. Attualmente, il satellite Gaia ha una precisione angolare di circa 10 μ as, 6 milioni di volte migliore.

Tuesday
2020-5-5,
compiled
May 18, 2020

Vedere mito
greco della
sua nascita,
con Giunone,
Ercole e
Giove.

Possiamo dare stime delle distanze angolari tenendo il braccio esteso e traguardando un dito, tre dita, la dimensione trasversa della mano: avremo 1° , 5° e 10° circa — è buona norma provare a controllare le misure del proprio corpo contro un riferimento noto, comunque.

I pianeti sono tutti più piccoli di 50 arcsec, e noi non siamo in grado di risolvere ad occhio oggetti con distanze minori di 100 arcsec, quindi li vediamo come puntiformi.

Gli angoli si misurano in **radianti** in generale: questa è l'unità da utilizzare, ad esempio, negli argomenti delle funzioni trigonometriche. In radianti si ha un angolo giro di 2π rad. Possiamo, tuttavia, anche utilizzare i gradi: così dividiamo un angolo giro in 360° , ognuno di questi in $60'$, ognuno di questi in 60 arcsec, che poi sono divisi in modo decimale. Alternativamente, per tracciare la posizione degli oggetti nel cielo notturno dalla Terra è comodo anche dividere un angolo giro in 24 h, ognuna in 60 min e ognuno di questi in 60 s.

4.1 Trigonometria

Prendiamo un triangolo ABC , con lati a , b e c e angoli α , β e γ . Ad ogni lettera si fa corrispondere il relativo vertice, angolo e il lato opposto, sotteso da quell'angolo.

Nel contesto della geometria Euclidea si può mostrare che $\alpha + \beta + \gamma = \pi$.

Valgono anche: la *legge dei seni*

$$\frac{\sin(\alpha)}{a} = \frac{\sin(\beta)}{b} = \frac{\sin(\gamma)}{c} = \frac{1}{2R}, \quad (1)$$

dove R è il raggio del cerchio circoscritto; poi la *legge del coseno*, una generalizzazione del teorema di Pitagora:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos(\alpha), \quad (2)$$

e la *legge delle tangenti*:

$$\frac{a-b}{a+b} = \frac{\tan\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)}{\tan\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)}. \quad (3)$$

Lo **steradiante**, o angolo solido è definito come il rapporto fra l'area di una superficie sferica e il raggio della sfera al quadrato, in analogia all'angolo lineare, che è definito come il rapporto fra arco e raggio. L'angolo solido coperto dalla sfera intera è di

$$\frac{A}{R^2} \text{sr} = \frac{4\pi R^2}{R^2} \text{sr} = 4\pi \text{sr}, \quad (4)$$

che possiamo esprimere in gradi quadrati utilizzando il fatto che uno steradiante è un radiante al quadrato, quindi

$$\text{sr} = \text{rad}^2 = \left(\frac{360}{2\pi}\right)^2 \left(\frac{2\pi \text{rad}}{360^\circ}\right)^2 (^\circ)^2 = \frac{360^2}{4\pi^2} (^\circ)^2. \quad (5)$$

Dati tre cerchi massimi (intersezioni sfera - piano che passa per il suo centro), un **triangolo sferico** che definiscono è una porzione definita da questi, con tutti i lati minori di π .

Per i triangoli sferici le leggi precedenti diventano le seguenti:

$$\frac{\sin(A)}{\sin(a)} = \frac{\sin(B)}{\sin(b)} = \frac{\sin(C)}{\sin(c)} \quad (6)$$

$$\sin(a) \cos(B) = \cos(b) \sin(c) - \sin(b) \cos(c) \cos(A) \quad (7)$$

$$\cos(a) \cos(C) = \sin(a) \cot(b) - \sin(C) \cot(B) \quad (8)$$

$$\cos(A) = -\cos(B) \cos(C) + \sin(B) \sin(C) \cos(a), \quad (9)$$

e la questione interessante da notare è che ora anche solo conoscere i tre angoli è sufficiente per determinare i tre lati.

Possiamo esprimere una posizione sia in coordinate cartesiane x, y, z che in coordinate sferiche r, θ, φ .

5 Coordinate astronomiche

Monday
2020-5-11,
compiled
May 18, 2020

Vogliamo definire un sistema di coordinate sulla sfera celeste. Innanzitutto, specie se vogliamo adottare un sistema di tipo sferico ma anche in linea generale dobbiamo scegliere un centro. Una possibile scelta è di adottare l'osservatore (*sfera topocentrica*), ma spesso risulta più utile scegliere il centro della Terra (*sfera geocentrica*), in modo tale che sia più semplice confrontare le misure.

Alternativamente, possiamo utilizzare il centro del Sole oppure il baricentro del Sistema Solare. Questo tipo di traslazioni creano grandi differenze nella trattazione dei fenomeni del Sistema Solare, mentre sono poco influenti per quanto riguarda i fenomeni al di fuori di esso.

Inoltre, dobbiamo scegliere un **asse**. Da ogni località la volta celeste ci pare ruotare attorno ad un asse, le stelle sorgono a Est e tramontano a Ovest ruotando per cerchi paralleli, che si possono descrivere come intersezioni fra una sfera e un piano.

5.1 Sistema altazimutale

Il piano di riferimento è quello dell'orizzonte; la direzione di riferimento è la verticale, lo *zenit* è il "punto" ove questa retta interseca la sfera celeste, *nadir* è il suo opposto. Si chiamano *almucantarati* i paralleli di altezza — cerchi di "alzata" costante.

Le coordinate che usiamo sono l'*azimut*, l'angolo misurato da un punto fissato (ad esempio Nord o Sud) in senso orario lungo l'orizzonte, e l'*altezza* h , distanza angolare orizzonte-stella, oppure la *distanza zenitale* $z = \pi/2 - h$.

Entrambe le coordinate di un oggetto celeste sono variabili nel tempo e nello spazio.

5.2 Sistema orario

Consideriamo come piano quello definito dall'equatore terrestre e come asse quello di rotazione della Terra. Guardando verso Sud possiamo definire il "mezzocielo": il punto in cui il meridiano passante per lo Zenit taglia l'equatore celeste.

Le nostre coordinate ora sono: l'*angolo orario* HA , misurato generalmente verso ovest lungo l'equatore celeste a partire dal mezzocielo fino alla proiezione della stella sull'equatore celeste; la *declinazione* δ , ovvero l'alzata rispetto all'equatore celeste.

L'angolo orario si misura in ore, minuti e secondi.

Nel suo moto annuale, il Sole percorre un cerchio massimo detto *eclittica*, che è inclinato di $\epsilon \approx 23^\circ 27'$ rispetto al piano equatoriale. Se ci mettiamo in un riferimento *equatoriale*, ovvero concorde con le stelle fisse, vediamo proprio questo moto. Le intersezioni fra eclittica e piano equatoriale sono gli *equinozi*, mentre i punti di massima declinazione sono i *solstizi*.

Possiamo individuare l'eclittica a partire dalla posizione dei pianeti, oltre che del Sole.

Definiamo *coluri* i cerchi massimi che passano per i poli della sfera celeste e per gli equinozi o per i solstizi.

Il *polo eclitticale* corrisponde alla normale all'eclittica passante per il centro della Terra. Cade nella costellazione del Draco.

5.3 Sistema equatoriale

Le coordinate sono le stesse del sistema orario, ma facciamo girare il riferimento come riferimento delle stelle. Scegliamo un punto sul cerchio, corrispondente al coluro vernale (equinozio d'autunno), e da lì misuriamo la *ascensione retta* α verso Est (inverso rispetto alla HA).

5.4 Sistema eclitticale

Simile al sistema equatoriale, ma si utilizza come asse e piano quelli dell'eclittica: le coordinate sono longitudine e latitudine eclitticali. Queste coordinate sono quasi fissate, ma per la precessione degli equinozi il punto di riferimento precede nel tempo.

5.5 Tempo siderale

È l'*angolo orario* HA del punto γ , ovvero dell'equinozio vernale (d'autunno). Varia nel tempo, in quanto la Terra gira. Possiamo scrivere:

$$\alpha = ST - HA, \quad (10)$$

dove ST è il tempo siderale.

Il passaggio del tempo siderale non è uniforme, a causa delle disuniformità della rotazione della Terra. Il punto γ inoltre cambia l'orientazione del piano equatoriale rispetto a quello dell'eclittica.

Dobbiamo applicare delle correzioni alle coordinate equatoriali: partiamo da un'epoca fissata, ad esempio J2000, e tenendo conto dei vari moti di precessione a lungo periodo otteniamo le *coordinate medie*. Successivamente, se includiamo anche i moti a corto periodo otteniamo le *coordinate vere*. Con ulteriori correzioni per altri piccoli fenomeni otteniamo le *coordinate apparenti*.

I cataloghi *fondamentali* danno le posizioni delle stelle rispetto ad equatore ed eclittica (definita dal Sole). Ora si utilizza l'FK6. Altri cataloghi possono essere *differenziali*.

Altri sistemi come l'ICRF utilizzano la radioastronomia. Questa è l'**astrometria**.

Sistema *galattico*: le coordinate sono longitudine galattica l e latitudine galattica b . Non si utilizza queste coordinate per misure di precisione.

Si può definire meglio il sistema galattico utilizzando la riga a 21 cm dell'idrogeno che caratterizza le nubi di polvere.

Non possiamo definire il sistema galattico con shift fissato arbitrariamente da quello equatoriale? In questo modo non ci sarebbero problemi di precisione.

Ci sono nuovi sistemi di riferimento in GR: Baricentric e Geocentric Celestial Reference System, orientati sempre come ICRF e centrati sul baricentro del Sistema Solare o nella Terra. La cosa bella è che ci sono le espressioni del tensore metrico nei riferimenti.

Ma cioè, c'è il tensore metrico numerico? È uno Schwarzschild naïf o come? Di cosa tiene conto?

Nell'emisfero Nord, se la latitudine è ϕ , una stella di declinazione δ è circumpolare se $\delta \geq \pi/2 - \phi$.

Con un po' di conti si può mostrare che $\sin(\alpha_{\odot}) = \tan(\alpha_{\odot}) / \tan(\epsilon)$, e poi $ST = \alpha_{\odot} + HA_{\odot}$.

5.6 Coordinate terrestri

Il modello più semplice per la forma della Terra è una sfera. Un modello un po' più accurato è un ellissoide oblato: questo è il solido di rotazione che si ottiene ruotando un'ellissi lungo il suo asse minore. Matematicamente, in coordinate cartesiane x , y e z è il luogo dei punti che soddisfano

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (11)$$

dove, se l'asse della Terra è lungo z , abbiamo $a = b > c$.

Per la sfera abbiamo una precisione ~ 10 km, con l'ellissoide ~ 100 m (a meno delle montagne).

Eratostene aveva stimato il raggio della Terra: Alessandria - Siene sono 5000 stadi, l'angolo dell'ombra dell'obelisco di Alessandria è $1/50$ di giro. Uno stadio sono circa 160 m, quindi la stima di Eratostene era estremamente vicina al valore accettato (entro l'errore con il quale conosciamo il valore dello stadio in metri).

Per mettere delle coordinate sulla superficie terrestre scegliamo un asse, quello di rotazione, che definisce l'equatore come cerchio massimo normale, e fissiamo un meridiano di riferimento: comunemente si utilizza Greenwich. In questo modo abbiamo due angoli: la latitudine è l'angolo dall'equatore al punto, misurato lungo il meridiano (che è il cerchio massimo definito dal punto e i due poli); la longitudine è l'angolo fra il nostro meridiano e quello di riferimento.

Un grado di latitudine corrisponde a circa 111 km, per la longitudine dobbiamo inserire un fattore $\cos(\theta)$.

Un miglio nautico è definito come l'angolo sotteso da un primo d'arco.

Monday
2020-5-18,
compiled
May 18, 2020

Con un orologio, un sestante e delle tavole astronomiche possiamo misurare la posizione di una nave in mare: la latitudine si vede traguardando il polo celeste Nord, la longitudine è più articolata ma con l'orologio si può fare.

Considerando la Terra come ellissoide, possiamo definire delle coordinate *geodetiche*. Il sistema migliore, però, è il WGS84: la forma che avrebbe una superficie d'acqua se le terre emerse non ci fossero, ma la loro gravità sì.

References

- [Fou82] M. Foucault. *L'ermeneutica del soggetto*. Feltrinelli Editore, 1982. URL: <https://www.feltrinellieditore.it/opera/opera/lermeneutica-del-soggetto/> (visited on 2020-04-07).