

La candela

Riprendiamo dunque il discorso su orizzontale e verticale, dove l'avevamo lasciato la volta scorsa. A dire il vero la mia intenzione era di dedicare questa puntata a un altro argomento, e rimandare le orizzontali e le verticali; ma poi mi sono accorto che l'argomento che avrei voluto sviluppare mi richiedeva troppo lavoro e non avrei fatto in tempo a finirlo per la scadenza richiestami da Terreni... Così ho deciso di continuare sul tema appena lasciato, che mi appare più semplice (quanto al lavoro di preparazione).

Però invece che di verticale e orizzontale, occupiamoci per un po' di meridiani e paralleli (anche se già sappiamo, dall'articolo di Testa, che tra le due coppie nascono delle "strane" relazioni...).

Sarei davvero noioso se pretendessi di ridefinire tutto daccapo, ma non posso fare a meno di far notare i diversi significati che ha la parola "meridiano" nel linguaggio scientifico. Almeno quattro:

- i meridiani come linee (immaginarie!) sulla superficie terrestre
- i meridiani sulle carte geografiche
- i meridiani celesti
- il meridiano *locale*.

Si capisce che tra tutti questi significati c'è una parentela: se non fosse così ci sarebbero molti meno problemi... Ma parentela non significa identità, e perciò tener distinti i diversi concetti è necessario, tanto più a chi insegna. Testa osserva in più punti che le insegnanti dei suoi bambini non erano precisamente in regola da questo punto di vista:

Spesso [i bambini] accompagnavano il gesto con la mano che tracciava una croce nell'aria. Le insegnanti erano in attesa della risposta e, quando questa arrivava, erano, se non visibilmente soddisfatte, almeno più rilassate.

[...]

Le insegnanti che assistevano spesso cominciavano a discutere fra di loro e mi guardavano un po' preoccupate: credo si rendessero conto che una contraddizione c'era e anche che loro non se ne erano accorte, e ora che se ne erano accorte non potevano più ignorarla.

[...]

Alcune insegnanti, alla fine del laboratorio, hanno affermato che le definizioni di meridiani e paralleli sul testo che usano a scuola sono quelle date dai bambini all'inizio: paralleli orizzontali e meridiani verticali.

[...]

Io mi divertivo, anche perché vedevo che anche le insegnanti erano evidentemente perplesse e preoccupate (bisogna ricordare che non conoscevano in anticipo il lavoro che avrei svolto con i loro studenti) . . .

* * *

Rivediamo dunque rapidamente i diversi significati che ho accennato. Il primo sembra ovvio, ma non lo è poi tanto. Infatti le cose sono semplici se si approssima la Terra con una sfera: allora i meridiani sono i semicerchi massimi che uniscono i due Poli (ammesso che si sappia che cosa sono i Poli, ma sorvoliamo . . .). Ma la Terra reale non è solo schiacciata: è anche irregolare in vario modo, causa monti, valli, laghi, mari, oceani. . . Allora che cosa sono queste linee che sono chiamate “meridiani”?

La risposta è molto semplice, ma purtroppo rimanda a un altro concetto: *meridiano è l'insieme dei punti della superficie terrestre che hanno la stessa longitudine.*

E così dobbiamo definire la longitudine. . .

Sulla longitudine una cosa dev'essere chiara: che essa è inestricabilmente legata alla *rotazione* della Terra. Solo perché la rotazione avviene attorno a un asse fisso, possiamo ancora parlare di longitudine in modo sufficientemente semplice. Ma come sempre succede, neppure questo è esatto: l'asse di rotazione non è veramente fisso (e non sto parlando della precessione!) e il Polo Nord non occupa una posizione invariabile sulla superficie terrestre. Per fortuna però lo spostamento è assai piccolo, attorno ai 10 metri, e perciò faremo finta di niente.

Dunque “longitudine” è legata a “rotazione”: come? Per es. possiamo dire che se due punti hanno la stessa longitudine (sono sullo stesso meridiano) allora i loro istanti del mezzogiorno vero locale coincidono, ossia che il Sole culmina contemporaneamente nei due luoghi. Invece del Sole potremmo pensare a qualsiasi altro oggetto celeste, per es. una stella, che è più facilmente osservabile con precisione di quanto non lo sia il Sole.

Si vede dunque che il confronto tra le longitudini di due luoghi richiede il confronto di *orologi*, oppure la distribuzione del tempo a distanza. Oggi non abbiamo problemi (e del resto a dirci la longitudine ci pensa il GPS); ma ben diversa era la situazione anche solo tre secoli fa, quando i viaggi oceanici erano gravemente ostacolati proprio dalla difficoltà a determinare la longitudine, che richiedeva di avere a bordo della nave un orologio affidabile. Fino all'invenzione del *cronometro di marina* da parte di John Harrison, nella seconda metà del '700.

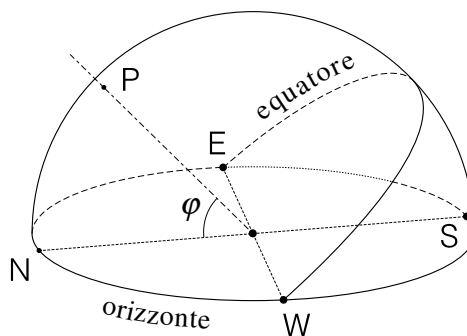
In modo molto simile si sistemano anche i paralleli:

parallelo è l'insieme dei punti della superficie terrestre che hanno la stessa latitudine.

Ma a differenza della longitudine, la latitudine non ha tanto a che fare con la rotazione della Terra, quanto con la sua *forma*. (La rotazione interviene solo perché anche per definire la latitudine abbiamo bisogno dei poli.) Lo si vede bene

sul modello della Terra sferica, dove la latitudine misura la distanza *angolare* del luogo dall'equatore.

Cerco di abbreviare, soprattutto per timore di annoiare chi legge e queste cose le sa già (e forse anche chi non le sa ...) e perciò mi rifaccio alla figura che avete visto nella puntata precedente, e che ripropongo. La latitudine non è che l'angolo φ in figura, ossia l'altezza (angolare) del Polo Nord celeste sull'orizzonte. Dell'orizzonte sappiamo già tutto, ma il Polo Nord celeste non l'ho mai definito...



A questo punto i miei (piccoli) lettori vorranno interrompermi: “non occorre definirlo, sappiamo già che è dato dalla stella polare!” Ahimé no: non proprio... Solo all'incirca, e questa volta l'approssimazione è piuttosto grossolana. Adeguata magari per certi fini pratici, ma sicuramente non per la navigazione: facendo coincidere il Polo Nord celeste con la Polare si commette un errore di quasi 1° , che in mare sarebbe decisamente intollerabile, anzi pericoloso.

Senza contare che questa coincidenza è vera oggi, ma non lo era in passato e non lo sarà in futuro, questa volta proprio a causa della *precessione*. Ma non voglio insistere su questo. Resta però la domanda: allora, se non si avesse il GPS e si avesse bisogno di determinare la latitudine con precisione, come si dovrebbe fare? Purtroppo non posso rispondere, e forse nessuno di voi ci tiene davvero a saperlo; ci basti dire che i metodi esistono, da secoli.

* * *

Sistemato il primo significato di “meridiano,” passiamo al secondo: i meridiani (e i paralleli) sulle carte geografiche. Un primo punto che bisognerebbe fosse chiaro, soprattutto alle insegnanti di Testa e agli autori dei libri scolastici, è che una carta geografica *non è la superficie della Terra* (come potrebbe?)

... In quell'impero, l'arte della cartografia raggiunse una tale perfezione che la mappa di una sola provincia occupava tutta una città e la mappa dell'Impero tutta una provincia. Col tempo codeste mappe smisurate non soddisfecero e i collegi dei Cartografi eressero una mappa dell'Impero che uguagliava in grandezza l'Impero e coincideva puntualmente con esso. Meno dedite allo studio della cartografia, le generazioni successive compresero che quella vasta mappa era inutile e non senza empietà l'abbandonarono all'inclemenze del sole e degl'inverni. Nei deserti dell'Ovest rimangono lacere rovine della mappa, abitate da animali e mendichi; in tutto il paese non è altra reliquia delle discipline geografiche.

(J. L. Borges: *Storia naturale dell'infamia*)

e neppure una sua riproduzione in scala, ma una sua *rappresentazione convenzionale*.

Tralasciando altri aspetti della convenzione, come il modo di rappresentare monti, fiumi, strade, città, a noi interessa concentrarci sul problema della *forma della Terra*. Il problema nasce dal fatto che la Terra è (all'incirca) sferica, mentre le carte geografiche sono disegnate su fogli piani: ora è ben noto ai geometri che neppure una porzione di una superficie sferica può essere rappresentata su di un piano in modo *fedele*.

Qui la parola “fedele” è usata in un preciso senso matematico: chiamerei fedele la mappa se la distanza tra due punti qualsiasi su di essa fosse in un rapporto *fisso*, costante (il rapporto di scala) con la distanza reale sulla Terra. Notate bene: tra due punti *qualsiasi*: vicini, lontani, disposti lungo un meridiano, un parallelo, o comunque.

Questo appunto non si può fare, e quindi di necessità le carte geografiche sono sempre rappresentazioni *approssimate*, secondo certe convenzioni (i diversi metodi di *proiezione cartografica*) che vengono scelti così da soddisfare al meglio l'una o l'altra esigenza. Si potrà cercare di rappresentare il meglio possibile le *forme* di isole, penisole, continenti (proiezione *conforme*). Oppure si cercherà di conservare le *aree* (proiezione *equivalente*). O piuttosto di rappresentare fedelmente le *distanze*, ma solo lungo certe direzioni e in certe porzioni della carta (proiezioni *equidistanti*). O ancora: si cercherà di assicurare una forma semplice (rette, circonferenze) a meridiani e paralleli.

Rientrano in quest'ultima classe, e nel modo più semplice, le proiezioni *cilindriche*, nelle quali meridiani e paralleli sono rette tra loro perpendicolari. Ma sono anche molto diffuse le proiezioni *coniche*, dove i meridiani sono rette convergenti e i paralleli archi di circonferenze ad essi perpendicolari. . .

A questo punto una cosa sarà chiara (e se pensate “ma a me era chiara anche da prima” . . . io educatamente non replico. . .): i meridiani e i paralleli in sé e per sé non soltanto non sono né verticali né orizzontali, ma *non sono neppure delle rette*, se non in certe particolari proiezioni cartografiche. Ma è comunque arrivato il momento di fermarsi un po' su questa storia del verticale e dell'orizzontale.

* * *

Da dove nasce l'idea, che a quanto pare trova posto nei libri di testo, che i meridiani siano verticali e i paralleli orizzontali? Testa fa l'ipotesi che provenga dalla carte geografiche appese ai muri delle aule; Sala parla del “pensiero contestualizzato e scarsamente astratto dei bambini”. Secondo me la questione è diversa: al tempo stesso più semplice e più profonda.

Cominciamo con l'osservare che fino a circa cinque secoli fa quasi tutti gli uomini potevano vedere figure e immagini soltanto dipinte su pareti verticali: nelle chiese, nei palazzi dei signori. . . (Con la notevole eccezione dei dipinti sui soffitti a volta, dove i pittori dovevano cimentarsi in acrobazie prospettiche per restituire un'apparenza almeno approssimativamente realistica.) Perciò fino a quel punto “verticale” in un dipinto corrispondeva a verticale nella realtà, ecc.

Ma con l'invenzione della stampa le cose sono cambiate: hanno cominciato a diffondersi libri (e più avanti riviste, giornali) che portavano illustrazioni, poi fotografie, che riproducevano la realtà come se il libro o il giornale fosse la parete verticale di una stanza. Ormai la cosa è talmente diffusa che non ci facciamo più caso: automaticamente leggiamo un'illustrazione sul giornale come se fosse posta in un piano verticale, anche se il giornale possiamo leggerlo posato sul tavolo, oppure in poltrona, o anche a letto, girato come ci torna comodo.

Abbiamo dunque acquisito la capacità di riportare il piano della figura a essere verticale, prescindendo del tutto dall'orientazione reale che esso ha mentre guardiamo la figura. Da qui l'abitudine (che non è solo dei bambini!) di chiamare "verticale" e "orizzontale" certe direzioni sulla figura, intendendole sempre come ciò che sarebbero se la figura stessa fosse posta nella sua orientazione corretta, ossia in un piano verticale.

E fin qui tutto bene, perché (e finché) le cose rappresentate sono realtà esterne, che è naturale rappresentare come noi le vedremo coi nostri occhi, stando dritti in piedi. Ma poi ci sono figure diverse, di vario genere: non solo le carte geografiche, ma anche disegni schematici, figure geometriche . . . dove in certi casi l'orizzontale e il verticale non hanno senso, e in altri sono fuori luogo, come per es. una pianta, che per definizione va vista come orizzontale.

Però l'abitudine a chiamare "orizzontale" in un foglio la direzione in cui si legge, e "verticale" quella perpendicolare, ha preso talmente piede che prevale anche nei casi "diversi." E ripeto: non solo da parte dei bambini, né da persone di scarsa istruzione. Tutti noi, quando ci capita di disegnare una coppia di assi cartesiani, diciamo che l'asse delle ascisse è orizzontale, e quello delle ordinate è verticale. . .

Di più: dato che di regola i fogli hanno il lato lungo "verticale," siamo abituati anche a questa identificazione (che probabilmente spiega come mai i bambini di Testa sostenessero di essere sdraiati "in verticale" o "in orizzontale," a seconda che fossero paralleli al lato lungo o a quello corto della stanza).

È interessante osservare che questa intercambiabilità delle figure disegnate su piani verticali od orizzontali funziona anche a rovescio, come mostra il caso dei cartelli stradali. Avrete certo presenti quei cartelli che segnalano deviazioni, svincoli, rotatorie e simili: ci vedete disegnata schematicamente la *pianta* della strada, questa volta con la convenzione inversa: l'alto del cartello indica la direzione di marcia, ecc. E la stessa convenzione vale anche per i cartelli più semplici, come ad es. quello di "obbligo di procedere dritto," dove la freccia verso l'alto indica appunto la direzione "in avanti."



Tornando alle carte geografiche, segnalo due curiosità attinenti al nostro discorso. La prima è la seguente: la nostra convenzione del "Nord in alto" esiste da sempre? La risposta è no: ci sono antiche carte che usano la convenzione

opposta, col Nord “in basso.” A un certo punto (non so quando) è prevalsa la convenzione opposta, la nostra, che è divenuta universale.

Viene quindi naturale la seconda domanda: si sono mai disegnate carte che mettessero il Nord poniamo a destra (oppure a sinistra)? Qui la mia risposta è cauta: a quanto ne so, non si sono mai viste, ma potrei sbagliare. . .

Vorrei concludere questa parte dell’argomento con un paio di esempi che mi sono capitati in questi giorni nei gruppi di discussione in internet, e che mostrano come la confusione e lo scambio tra figure in piani orizzontali e verticali siano largamente diffusi. Il primo, preso da *it.scienza.fisica*, è stato scritto quasi certamente da uno studente del primo anno di Fisica:

Supponiamo che io sia su una giostra che gira in senso antiorario (visto da sopra) a velocità costante ω (la velocità della giostra rispetto al sistema fisso è nulla). A un certo punto (diciamo mentre mi trovo nel punto più basso, sempre guardando da sopra) io tiro una palla verso il centro con velocità v (applico un impulso iniziale alla palla).

Ho evidenziato io il “più basso”: come vedete il ragazzo, che si è premurato di spiegare che sta guardando la giostra dall’alto, nel bel mezzo del discorso immagina di avere davanti la figura della giostra (vista dall’alto) disegnata sul foglio, e per individuare un punto del bordo della giostra cade nella convenzione che dicevo, indicandolo come “punto più basso,” anche se sa benissimo che la giostra sta in un piano orizzontale. La cosa quasi umoristica è che per maggior precisione aggiunge “sempre guardando da sopra”!

Il secondo esempio è più complesso, e ci avvicina a un aspetto di cui vorrei parlare dopo. Siamo in *it.scienza.astronomia*, e dell’autore non so dire niente. Ma vediamo che cosa scrive:

Ho visto un documentario scientifico dove si affermava che la Luna, tra 1 miliardo di anni, sarà lontana dalla Terra. Questa lontananza, potrà provocare alle Terra una rotazione sul proprio asse, così che l’equatore da orizzontale diventi verticale, provocando cambiamenti climatici.

Qui c’è l’equatore che da orizzontale diventa verticale. Tralasciamo per ora che nella realtà non ha senso riferirsi all’equatore come orizzontale o verticale; ciò che ora m’interessa è che certamente l’autore di questo messaggio immaginava di avere davanti una figura in cui sia disegnata la Terra — come spesso si fa — con l’asse polare nella direzione “verticale” del foglio, e l’equatore in quella “orizzontale.” Lo sconvolgimento di cui parla porterebbe l’equatore nella direzione dell’asse polare e viceversa. Di nuovo, l’abitudine a riferirsi alle usuali figure come “orizzontali” e “verticali” fa premio su qualsiasi riferimento alla realtà.

* * *

Il terzo significato di meridiano, ossia i meridiani celesti, posso sbrigarlo rapidamente, anche perché non è di uso corrente fuori dell’ambito astronomico.

co. I meridiani celesti stanno sulla sfera celeste, e sono semicirconferenze che uniscono i due poli celesti. Punti sullo stesso meridiano hanno quindi la stessa *ascensione retta* e lo stesso *angolo orario*; non importa ora stare a definire queste coordinate.

Basta dire che se si usa la prima si vedono i meridiani come solidali alla sfera celeste, e quindi ruotano anch'essi nel *moto diurno*; usando invece la seconda gli stessi meridiani restano solidali alla Terra. L'angolo orario ha quindi a che fare coi tempi ai quali i diversi corpi celesti culminano: stelle sullo stesso meridiano celeste culminano insieme. In sostanza stiamo facendo un cambiamento di sistema di riferimento: da uno che ruota insieme alla sfera celeste a uno che è fisso alla Terra.

E con questo vengo automaticamente portato al quarto e ultimo significato: il *meridiano locale*. Questo è un particolare meridiano celeste: quello che nel luogo di osservazione passa per lo *zenit*. È locale perché non è lo stesso in luoghi diversi, il che corrisponde al fatto che una data stella, che possiamo considerare fissa sulla sfera celeste, culminerà a tempi diversi nei diversi luoghi, ossia passerà a tempi diversi al meridiano locale. La differenza dei meridiani locali ha ovviamente a che fare con la differenza di longitudine, e infatti questa si misura appunto — come avevamo visto — dal tempo di culminazione di un dato corpo celeste.

Non insisto su queste accezioni del termine “meridiano” perché hanno pochissimo a che fare con la primitiva ispirazione di tutto questo discorso, e mi avvio a concludere.

* * *

Sono ancora rimasti fuori alcuni temi che pure avrei voluto trattare: i punti cardinali (sono punti? direzioni? relazioni?) e soprattutto la posizione della Terra: come va pensato il suo asse? verticale? obliquo? col polo Nord in alto e il Sud e in basso? o magari viceversa? Avete visto gli imbarazzi dei bambini di Testa (e delle maestre . . .) ma anche quello dell'anonimo intervenuto in *it.scienza.astronomia*, che vede l'equatore come orizzontale. . .

Ma per questa volta debbo fare punto. Forse torneremo a parlarne, ma non prendo impegni.