

Il fatto che il nostro pianeta sia soggetto ad un moto di rotazione non solo determina l'alternarsi del giorno e della notte, ma costituisce anche la base di molti sistemi di riferimento e gioca un ruolo fondamentale nell'evoluzione di altri fenomeni, quali la circolazione atmosferica e le correnti oceaniche. Il moto di rotazione della terra è tuttavia un fenomeno molto complesso, intimamente legato alla sua forma e struttura e con caratteristiche variabili nel tempo a causa delle perturbazioni causate da una molteplicità di effetti che agiscono sul nostro pianeta (maree, venti, correnti oceaniche, etc.).

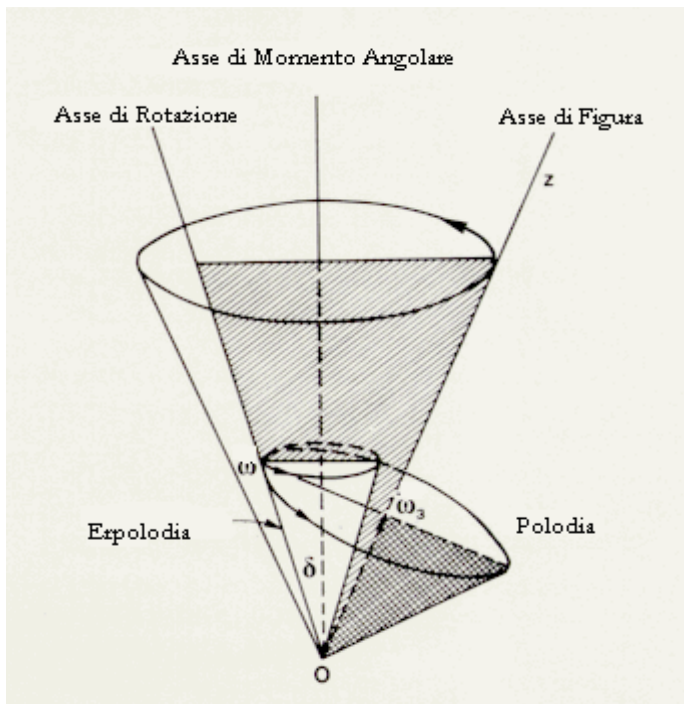
La prima trattazione sistematica del problema si deve ad Eulero (1765) che, assumendo la terra perfettamente rigida, ne studiò il moto utilizzando le sue celebri equazioni che governano la dinamica dei corpi rigidi (moti giroscopici).

Se si prescinde dalle forze esterne, dovute principalmente all'azione variabile del Sole e della Luna sul rigonfiamento equatoriale terrestre che producono i noti fenomeni della precessione lunisolare, conosciuta fin dai tempi di Ipparco (secondo secolo a. C.) e della nutazione lunisolare con periodo di circa 18.6 anni, scoperta da Bradley nel 1748, la teoria di Eulero prevede un moto di nutazione della massa della Terra con un periodo di circa 303 giorni medi. Ovvero, se in un certo istante, e per cause unicamente interne (spostamenti di masse, etc.), l'asse di rotazione (asse polare) non coincide con quello di massimo momento d'inerzia (asse di figura corrispondente al semiasse minore dell'ellissoide di rivoluzione al quale la Terra è assimilata in prima approssimazione), l'asse polare non potrà più rimanere fisso rispetto alla massa terrestre, ma descriverà un cono circolare intorno all'asse d'inerzia, con vertice nel centro di gravità della Terra: nutazione libera euleriana. Il periodo di questa variazione (303 giorni medi, come già detto) dipende esclusivamente, nel caso della Terra rigida, dalla differenza nella distribuzione delle masse terrestri rispetto all'asse di figura e a quello equatoriale.

Lagrange, Laplace, Poisson, Jacobi e Bessel proseguirono questi studi e, intorno alla metà dell'ottocento, il Poincaré (1851) diede un'elegante descrizione geometrica del moto.

Secondo la rappresentazione del Poincaré, per un osservatore posto sulla superficie della Terra, l'asse di istantanea rotazione sembra descrivere attorno all'asse di figura un cono la cui ampiezza osservata è attualmente di circa 0.3 secondi d'arco.

Tale cono interseca la superficie della Terra lungo una circonferenza, la cosiddetta polodia (circa 10 metri di raggio) tale che ogni suo punto definisce, in ogni singolo istante, la posizione del Polo Nord geografico. Contemporaneamente, l'asse di rotazione descrive nello spazio, con moto diurno attorno all'asse di momento angolare (che rimane invariabile, in assenza di forze esterne) un piccolo cono di ampiezza di un millesimo di secondo d'arco (circa 3 cm sulla superficie della Terra) detto erpolodia.



Il moto euleriano dell'asse della rotazione della Terra attorno all'asse di figura. Nella Terra questo moto avviene con velocità angolare  $\omega_3$  (periodo di Eulero, o periodo di Chandler per la Terra elastica), nello spazio con velocità angolare  $\omega$  (velocità di rotazione diurna della Terra).

La posizione di un punto P (diverso dai poli) sulla superficie terrestre è definita senza ambiguità da due coordinate, la latitudine geografica  $j$  e la longitudine geografica  $l$ . La latitudine  $j$  è il complemento dell'angolo che la direzione della verticale fisica passante per P forma con la direzione dell'asse di rotazione terrestre. Se la Terra potesse essere considerata come una sfera omogenea, la direzione della verticale per qualunque punto sulla sua superficie passerebbe per il suo centro e coinciderebbe con la direzione del raggio. Ma poiché così non è la direzione della verticale è ricavabile solo dalle osservazioni.

Per molto tempo gli astronomi avevano cercato di verificare sperimentalmente che la latitudine di un luogo subisce leggere fluttuazioni dipendenti dal moto dell'asse di rotazione terrestre, secondo quanto previsto, per via teorica, nel modello di Eulero. Eulero dimostrò che la coincidenza, dell'asse di rotazione con quello di inerzia terrestri, non solo non è necessaria ma è una condizione fortemente instabile e pertanto, anche se fosse esistita, sarebbe sicuramente venuta meno.

A causa di ciò, la posizione dei poli geografici veri, rispetto alla superficie terrestre, non è costante ma varia lentamente, nel tempo, descrivendo una curva spiraliforme, chiamata «polodia», attorno ad una posizione media (polo medio).

Questo moto secolare è conosciuto come «migrazione dei poli»; la differenza fra la posizione del polo vero e quella del polo medio non supera, in genere, i dieci metri. Il problema fu affrontato fra gli altri da numerosi matematici, astronomi e geodeti italiani e grande impulso ebbero, fra le altre, le ricerche di Arminio Nobile dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte a Napoli.

L'esistenza della traccia del moto dell'asse di rotazione fu messa chiaramente in evidenza dall'astronomo americano S. C. Chandler che esaminò attentamente

parecchi decenni di osservazioni. Dall'analisi delle variazioni di latitudine osservate egli ricavò, nel 1891, un valore del periodo della nutazione libera di circa 427 giorni (periodo di Chandler) ed uno spostamento quasi circolare del polo di circa 18 m di diametro. Il periodo trovato da Chandler differiva notevolmente da quello previsto da Eulero. La spiegazione di ciò fu data nel 1892 da Simon Newcomb che attribuì questa differenza al fatto che la Terra non poteva essere considerata perfettamente rigida ma si comportava come un corpo elastico. La scoperta di Chandler diventava così di fondamentale importanza non solo per l'astronomia ma anche per la geofisica.

Il fenomeno della separazione fra asse di inerzia e asse terrestre cominciò ad essere introdotto nella geologia nel tardo '800 per spiegare ritrovamenti fossili incongruenti e tracce di mutamenti climatici di difficile interpretazione in opposizione alla dottrina di Wegener della Deriva dei Continenti. Nella spiegazione dei ritrovamenti fossili e delle differenze paleoclimatiche l'ipotesi della *migrazione dei Poli*, citata dallo stesso Wegener nel suo libro 'La formazione dei Continenti e degli Oceani' (1915), rimase l'unica, nei decenni in cui la teoria di Wegener fu rifiutata dal mondo scientifico, a contendersi il campo con quella dei 'ponti continentali'

Possiamo trovare un esempio di come essa venisse introdotta nel 'Manuel de Prèhistoire' (1939) di Furon (piuttosto conservatore...):

I tempi quaternari hanno conosciuto delle variazioni del clima di cui noi ignoriamo le cause. Wegener le attribuisce alle migrazioni dei continenti e agli spostamenti polari provocati dal cambiamento d'equilibrio dovuto alle migrazioni dei continenti. Ma Pierre Termier ha giustamente criticato questa deriva lenta dei continenti del Wegener, noi riterremo la continuità primitiva delle terre in un unico blocco, come già il Reverendo Placet, appoggiandosi sulla Bibbia, l'aveva enunciato sotto Luigi XIV e come abbiamo ricordato all'inizio. Quanto allo spostamento dell'asse dei poli, viene in suo appoggio il fatto che si siano trovati allo Spitzberg, nella Nuova Zembla e all'isola degli Orsi, dei depositi dell'epoca carbonifera confermant una flora simile a quella dei depositi carboniferi del Belgio, Inghilterra, Stati Uniti. Una flora cretacea di carattere tropicale è stata scoperta in Groenlandia. Notate tuttavia che se l'asse dei poli non si è spostato, si può immaginarsi, come suppone lo studioso inglese John Evans, che la terra è formata da una scorza solida suscettibile di scivolare sul nucleo che essa ricopre. Evans ragiona così: supponiamo che in un punto dello sferoide terrestre si produca un sollevamento di montagne, dunque un rigonfiamento. Ne risulta una reazione centrifuga superiore a quella che esisteva anteriormente su quel punto. Una componente è diretta verso l'equatore. Ne risulterà dunque, se non uno spostamento dell'asse del globo, almeno un cambiamento nella posizione geografica dei punti in cui questo asse fora la terra, cioè nella posizione dei poli. Se la terra fosse esattamente sferica, la sua superficie di inerzia relativamente al centro di gravità sarebbe una sfera, ogni raggio di questa sfera sarebbe un asse principale e l'asse di rotazione sarebbe permanente quale che sia la sua posizione nel globo. Ma la terra è uno sferoide appiattito nella direzione del suo asse di figura; la sua superficie d'inerzia è un ellissoide di rivoluzione avente l'asse di figura per asse principale. Di conseguenza, la permanenza dell'asse

di rotazione non può aver luogo che se questo asse coincide con l'asse di figura o con uno dei diametri equatoriali che gli sono perpendicolari. Ora, secondo le ricerche geodesiche relative alla forma della terra, il suo asse di figura che è il suo asse principale di inerzia, è nello stesso tempo il suo asse di rotazione. Dunque questo asse deve essere permanente. Ma può darsi che l'asse di rotazione non coincida esattamente con l'asse di figura. Se questa coincidenza è esistita, dato che la terra non è un solido invariabile, la coincidenza ha potuto cessare sotto l'influenza dell'energia interna e del calore solare, sorgente di movimenti sulla superficie della terra, con trasporto di materia (evaporazione, scioglimento dei ghiacci, ecc...). Sir William Thompson (meglio noto come Lord Kelvin), eminente matematico che ha studiato la questione, scrive: "Noi possiamo non solo ammettere, ma affermare come sommamente probabile, che l'asse principale di inerzia e che l'asse di rotazione del globo, sempre molto vicini uno all'altro, hanno potuto, nel passato, avere una posizione geografica molto differente dall'attuale e possono essersi spostati di 10, 20, 30, 40 gradi o più!! 40° significa che non vi è un punto che non abbia potuto essere un momento vicino al polo. Dunque delle montagne come le Alpi, le Ande, l'Himalaia, non hanno potuto nascere senza apportare un serio turbamento nella situazione degli elementi di simmetria del globo".