

Oltre ai ben noti moti di rotazione intorno all'asse terrestre e di rivoluzione intorno al Sole, i cui effetti (alternanza del dì e della notte, alternanza delle stagioni) sono facilmente apprezzabili in tempi "umani", la Terra descrive nello spazio movimenti più lenti, che si realizzano in periodi della durata di migliaia di anni, che, per questo, vengono definiti **moti millenari**. Pur non essendo apprezzabili all'occhio umano, essi hanno una notevole importanza perché rappresentano le cause astronomiche delle **variazioni climatiche** che si sono registrate nel corso della storia del nostro pianeta.

Questi moti sono determinati dall'attrazione che gli altri corpi celesti (Sole e Luna in particolare) esercitano sul nostro pianeta, influenzando così la posizione della Terra nello spazio.

Tra questi moti ricordiamo: la precessione degli equinozi e le nutazioni, la variazione dell'eccentricità dell'orbita terrestre intorno al Sole e la variazione dell'inclinazione dell'asse terrestre.

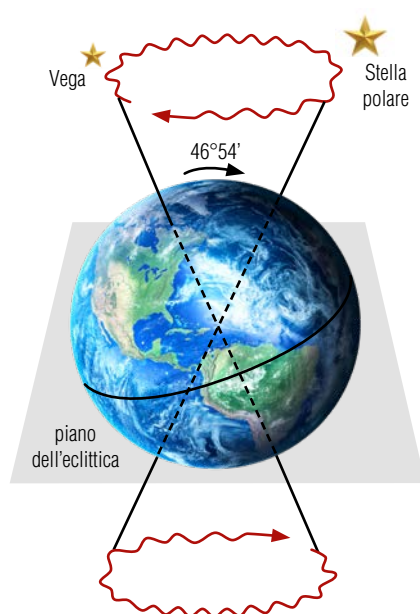
### La precessione degli equinozi

La precessione degli equinozi consiste in uno spostamento in senso orario (opposto al senso dei moti di rotazione e di rivoluzione) della linea degli equinozi di circa  $50''$  (50 secondi, frazioni di grado, considerando  $360^\circ$  lo spazio percorso dalla Terra nel moto di rivoluzione intorno al Sole) ogni anno.

Questo fenomeno è determinato da un lento movimento di oscillazione dell'asse terrestre in senso orario, che si completa in circa 26.000 anni. L'asse terrestre descrive un **doppio cono**, con vertici al centro della Terra, per effetto dell'attrazione combinata del Sole e della Luna, che agiscono in maniera diversa ai Poli rispetto all'Equatore: la Terra non è una sfera perfetta, ma,



schacciata ai Poli, presenta una sporgenza relativa all'Equatore. L'effetto della diversa forza di attrazione ai Poli e all'Equatore è la tendenza ad allineare l'asse terrestre alla perpendicolare al piano dell'eclittica (ossia il piano del moto di rivoluzione terrestre intorno al Sole), tendenza a cui si oppone il moto di rotazione terrestre, intorno al suo asse.



Il movimento complessivo ricorda quello di una trottola, che, mentre ruota su se stessa, contemporaneamente descrive un'oscillazione conica, che diventa sempre più ampia quando la trottola rallenta.



La precessione di una trottola.

Poiché le posizioni relative del Sole e della Luna variano rispetto alla Terra, anche le forze gravitazionali che determinano questo movimento oscillano, per cui la precessione non è perfettamente regolare.

Le basi del doppio cono sono perciò ondulate, presentano delle oscillazioni associate alla precessione che prendono il nome di **nutazioni**.

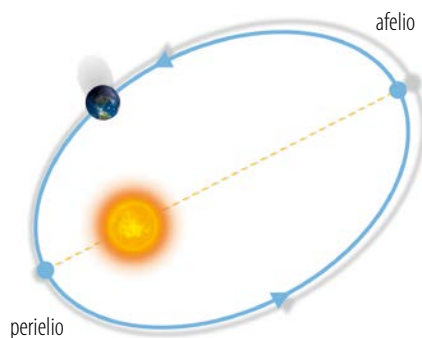
Conseguenza diretta della precessione degli equinozi è un lento e progressivo cambiamento della posizione delle stelle sulla sfera celeste. Questo determina anche una variazione della posizione dei Poli celesti. Se oggi, in corrispondenza del Polo Nord troviamo sulla sfera celeste la Stella Polare, tra 13.000 anni il Polo celeste sarà rappresentato da un'altra stella: Vega.

Essendo prevalentemente determinata dall'attrazione combinata del Sole e della Luna, la **precessione** è detta **lunisolare**. In misura molto minore anche gli altri pianeti esercitano una forza di attrazione che determina una **precessione planetaria**, molto più debole e in senso antiorario.

### Variazione dell'eccentricità dell'orbita terrestre

L'orbita del moto di rivoluzione terrestre intorno al Sole è ellittica, ma il grado di "schiacciamento" dell'ellisse varia periodicamente. Per valutare l'eccentricità dell'orbita terrestre possiamo considerare la differenza tra le distanze della Terra dal Sole nell'afelio (punto di maggior distanza) e il perielio (punto più vicino). In un ciclo di circa 92.000 anni, questa differenza varia da un minimo di 1 milione di km a un massimo di circa 16 milioni di km. Essendo il

perielio 147 milioni di km e l'afelio 152 milioni di km, questa differenza è oggi di 5 milioni di km.



### Variazione dell'inclinazione dell'asse terrestre

L'asse terrestre non è perpendicolare al piano dell'eclittica, che contiene l'orbita del moto di rivoluzione della Terra intorno al Sole, ma si discosta dalla perpendicolare formando un angolo di  $23^\circ$  e  $27'$ . Il valore dell'inclinazione terrestre adottato dall'Unione Astro-

nomica Internazionale è di  $23^\circ 26' 22''$  e 448 millesimi di secondo, riferito alle ore 12 di Greenwich del 1° Gennaio 2000, ma se consideriamo questo livello di precisione varia di ora in ora.

A questa inclinazione dell'orbita è collegata l'alternanza delle stagioni.

L'inclinazione dell'orbita terrestre non è tuttavia costante, ma varia in un periodo di tempo di circa 40.000 anni da un minimo di circa  $22^\circ$  e  $30'$  a un massimo di  $24^\circ$  e  $30'$ . Maggiore è il valore dell'inclinazione e più marcate appariranno le variazioni climatiche stagionali.

La distribuzione dell'energia solare sul nostro pianeta è influenzata da questi moti millenari, tanto da determinare sulla Terra l'alternanza di ere glaciali, caratterizzate dall'espansione delle calotte glaciali, ed ere interglaciali, caratterizzate da un aumento della temperatura e dal progressivo ritiro delle calotte glaciali.

