



Università degli Studi di Napoli "Parthenope"
Dipartimento di Scienze e Tecnologie

Corso di Cartografia Numerica e GIS
Corso di Sistemi Informativi Geografici + Laboratorio GIS

Lezione 1

Introduzione al Corso

Modellazione della terra: modello sferico e modello ellissoidico

Claudio Parente

Finalità del Corso

Attraverso il Corso si intende far acquisire agli allievi la conoscenza dei principi, dei metodi e degli strumenti alla base della Cartografia Numerica e dei GIS (Geographic Information System).

È anche previsto l'impiego di software dedicato per lo svolgimento di alcune operazioni di base.

Pre-requisiti: È utile aver già assimilato le conoscenze fornite dai Corsi di Analisi Matematica e Fisica.

Contenuti del Corso

Richiami di Cartografia – La rappresentazione della terra sul piano: modellazione tridimensionale (sfera, ellissoide, geoide) e classificazione delle carte; rapporto di scala e simbologie; coordinate geografiche, cartesiane e piane; principali sistemi di riferimento nella Cartografia Ufficiale Italiana: la produzione dell'IGM (Istituto Geografico Militare).

Contenuti del Corso

I formati della Cartografia Numerica – Formato raster: struttura e tipologia dei file, risoluzione geometrica e radiometrica; formato vector: primitive geometriche, attributi e relazioni topologiche; la stratificazione dell'informazione (layers).

Numerizzazione della cartografia – Acquisizione del formato raster: tipologie di scanner e risoluzione; acquisizione del formato vector: impiego del digimetro e vettorializzazione di immagini digitali; trasformazioni raster-vector e vector-raster.

Contenuti del Corso

Georeferenziazione di file raster e vector – La georeferenziazione di immagini raster e di grafici vettoriali attraverso le trasformazioni conformi e affini.

Trasformazioni di datum e di coordinate in automatico – Il passaggio da coordinate geografiche a piane (e viceversa); cambiamento di datum tra WGS84, ED50 e Roma40.

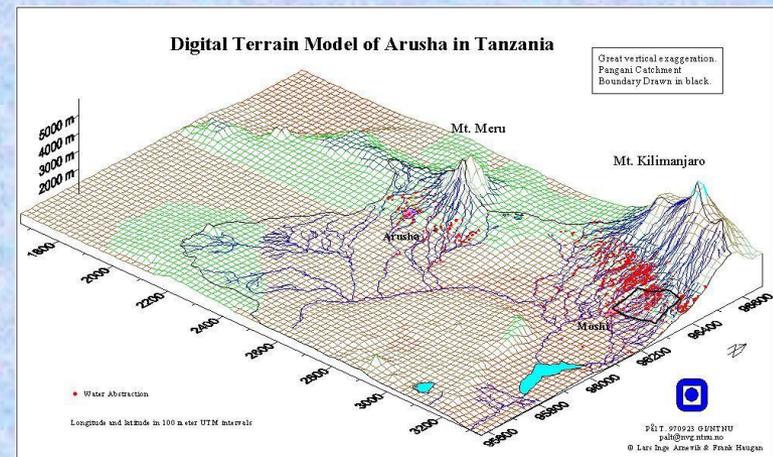
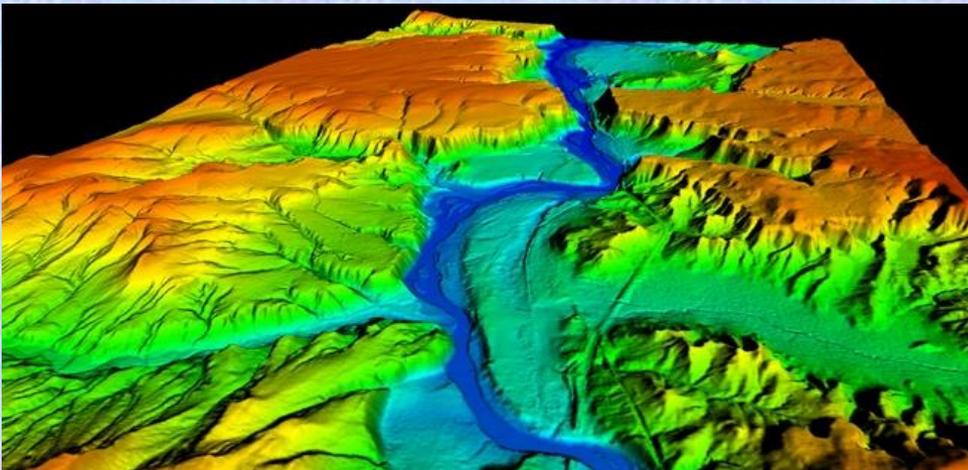
Contenuti del Corso

I GIS: caratteristiche costitutive ed organizzazione dei dati – Le componenti hardware e software di un GIS; organizzazione dei dati cartografici; database e sistemi di gestione (modello relazionale e ad oggetti).

Le funzioni GIS – Interrogazione delle banche dati dei GIS tramite linguaggio SQL; composizione dei layer; organizzazione dei layout; costruzione di carte tematiche; realizzazione di aree di rispetto (buffer).

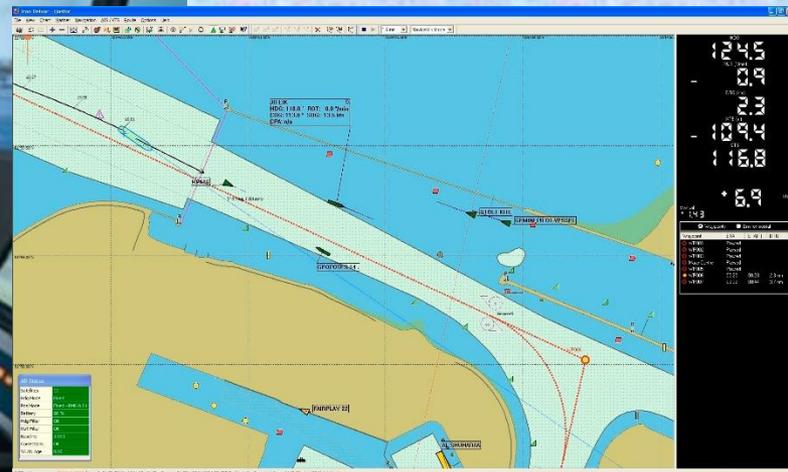
Contenuti del Corso

Modelli digitali del terreno e loro costruzione tramite GIS –
Caratteristiche e metodi di costruzione dei modelli digitali del terreno (DTM, Digital Terrain Model); TIN (Triangulated Irregular Network); DEM (Digital Elevation Model); continuità del modello e uso di breaklines; metodi di interpolazione dei dati a partire da curve di livello e punti quotati.



Contenuti del Corso

Cartografia numerica e GIS per la navigazione: carte nautiche digitali; carte elettroniche; ECS (Electronic Charting System; ECDIS (Electronic Chart Display and Information System).



Contenuti del Corso

Applicazioni con software dedicato free e open source– Confronto tra la lettura di cartografia cartacea e l'utilizzo di cartografia digitale; impiego di software GIS; vettorializzazione; associazione di banche dati a cartografia vector; interrogazione e selezione dal database di un GIS; costruzione di DTM con interpolatori TIN e media pesata; analisi spaziali; progettazione e realizzazione di GIS per applicazioni territoriali e ambientali.

Le modalità di esame

La prova di esame consiste nel verificare il livello di raggiungimento degli obiettivi formativi precedentemente indicati.

L'esame è orale ed è volto a valutare la capacità dell'allievo sia di esporre le tematiche oggetto di studio, sia di collegare e confrontare aspetti diversi trattati durante il corso.

La prova orale prevede anche la discussione di elaborati preventivamente svolti dall'allievo e riguardanti applicazioni effettuate con software di Cartografia numerica e GIS di tipo free ed open source (QGIS).

Materiale didattico

Il materiale didattico (dispense in formato pdf a cura del docente) è disponibile anche on line (sito e-learning del Dipartimento – DiST) e scaricabile dagli allievi.

Testi di riferimento

N. Dainelli, F. Bonechi, M. Spagnolo, A. Canessa, Cartografia numerica - Manuale pratico per l'utilizzo dei GIS, Dario Flaccovio Editore.

Jeremy W. Crampton, Mapping: A Critical Introduction to Cartography and GIS, Wiley Blackwell, 2010.

Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind, Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, 2nd Edition, Abridged, 2005.

Che cosa è un GIS

Un GIS può definirsi come un insieme di strumentazioni hardware e software che, opportunamente utilizzate da operatori esperti, consentono di *integrare informazioni grafiche ed alfanumeriche* riferite ad una precisa *realtà geografica*, rendendo possibili una serie di operazioni quali:

l'acquisizione, la strutturazione, la memorizzazione, l'analisi, l'elaborazione e la rappresentazione di dati.

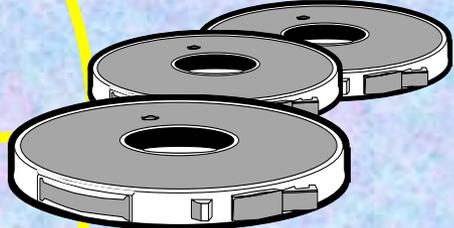
Personne

Software

Dati

Procedure

Hardware



I dati di un GIS

I dati di un GIS possono essere distinti in due categorie:

Dati geografici

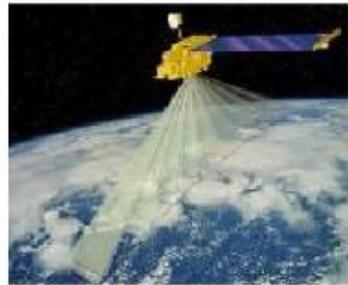
Attributi alfanumerici ed iconografici dei dati geografici.

I primi permettono di rappresentare i luoghi, in altri termini forniscono un modello del territorio, solitamente sono cartografie ovvero mappe.

I secondi sono dati descrittivi dei luoghi e sono formati da testi, tabelle, fotografie, ecc.

I dati nei GIS - Provenienza

Direct (Primary) Data Capture



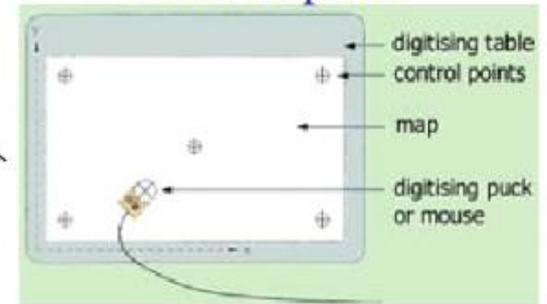
Indirect (secondary) Data Capture



Incorporation of existing digital data



Paper maps
-Digitising
-Scanning



La modellazione della realtà nei GIS

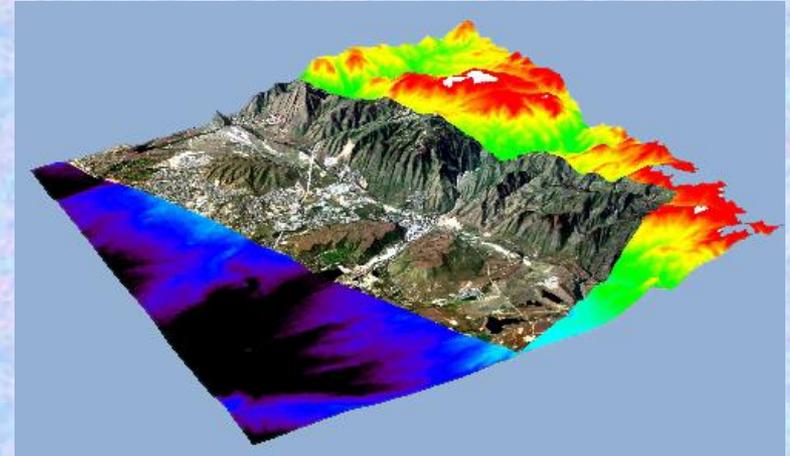
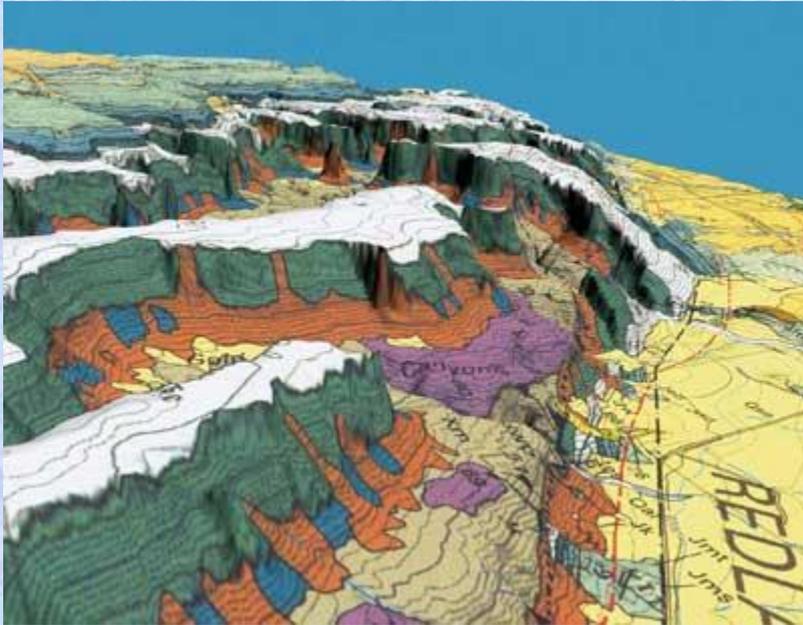
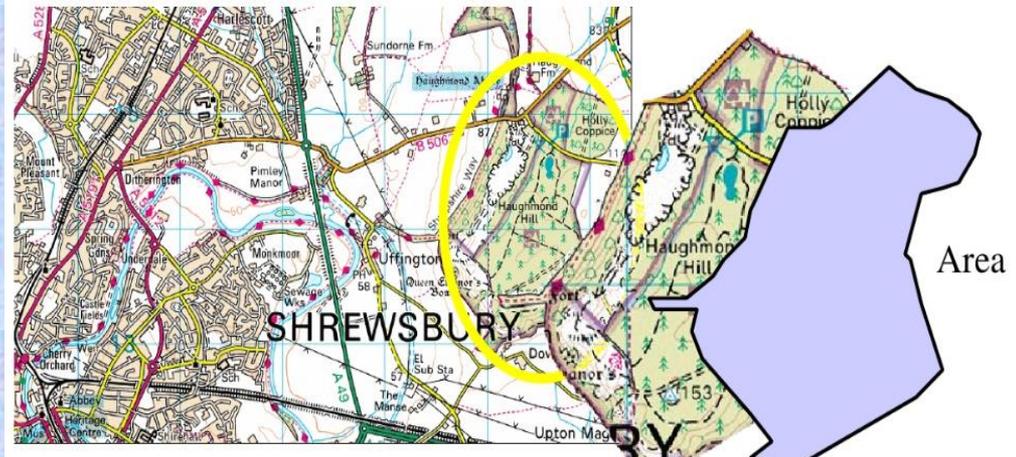


Foto aerea visualizzata in 3d

Modello 3d sovrapposto ad una mappa

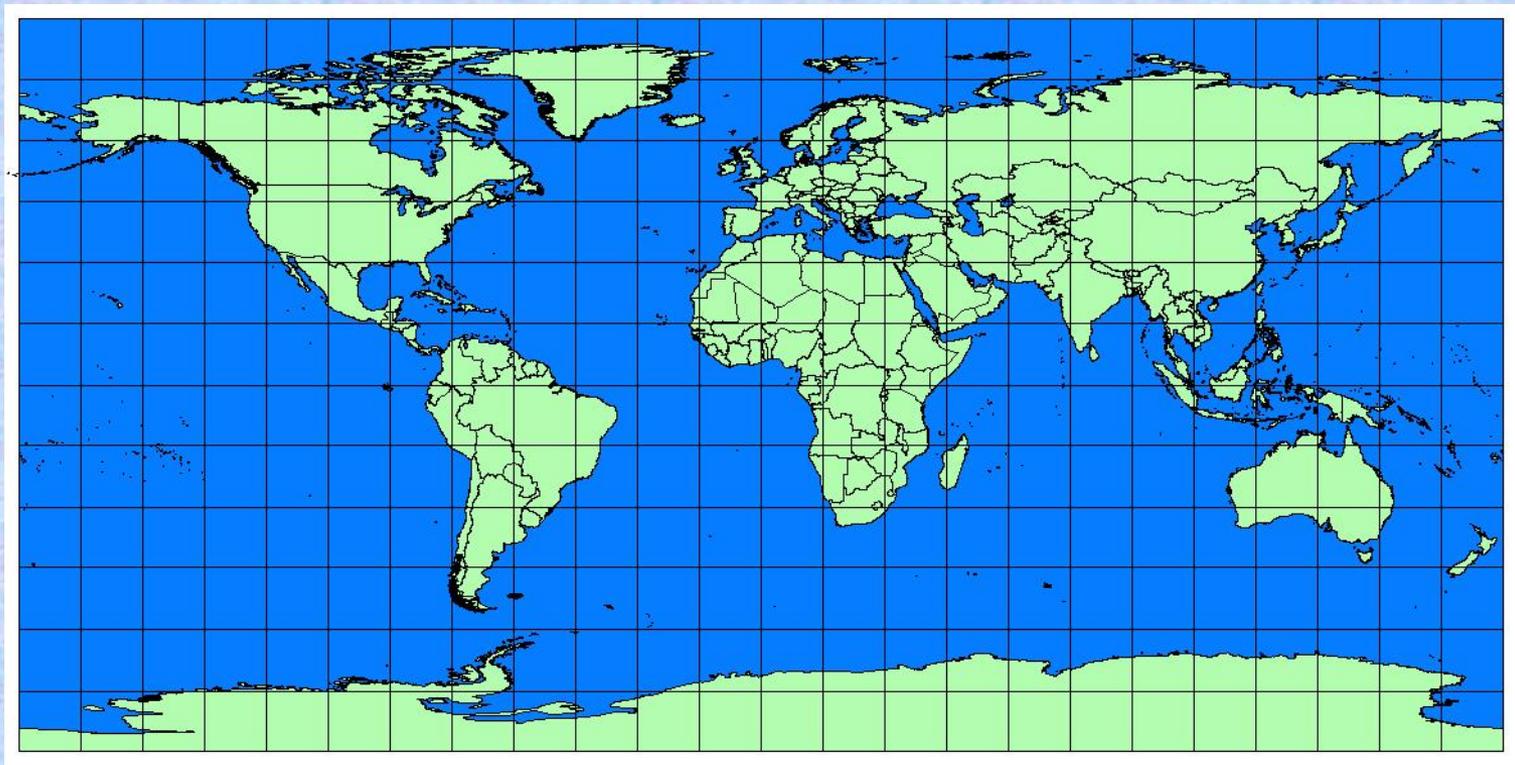
L'informazione cartografica ed estrazione da essa di dati

'Objects' in Maps



Che cos'è una carta

Nei GIS sono fondamentali le cartografie. Una **carta** è la rappresentazione piana della superficie terrestre o di parte di essa.



La **cartografia** è la disciplina che si occupa della costruzione di una carta. La stessa carta può essere definita anche cartografia.

La modellazione tridimensionale della Terra

Prima di passare alla costruzione della carta, al fine di determinare la corrispondenza tra un punto posto sulla superficie terrestre e la sua rappresentazione sulla carta, occorre modellare la terra come un solido geometrico di forma nota esprimibile mediante equazioni matematiche.

In altri termini dobbiamo cercare un solido che è già noto nella geometria elementare e che sia in grado di approssimare al meglio la forma reale della Terra.

La modellazione tridimensionale della Terra

In relazione all'effettiva forma della terra (un solido molto simile ad una sfera leggermente schiacciata in corrispondenza dei poli), i due modelli più consoni a tale scopo sono:

- la sfera;
- l'ellissoide.

Sfera

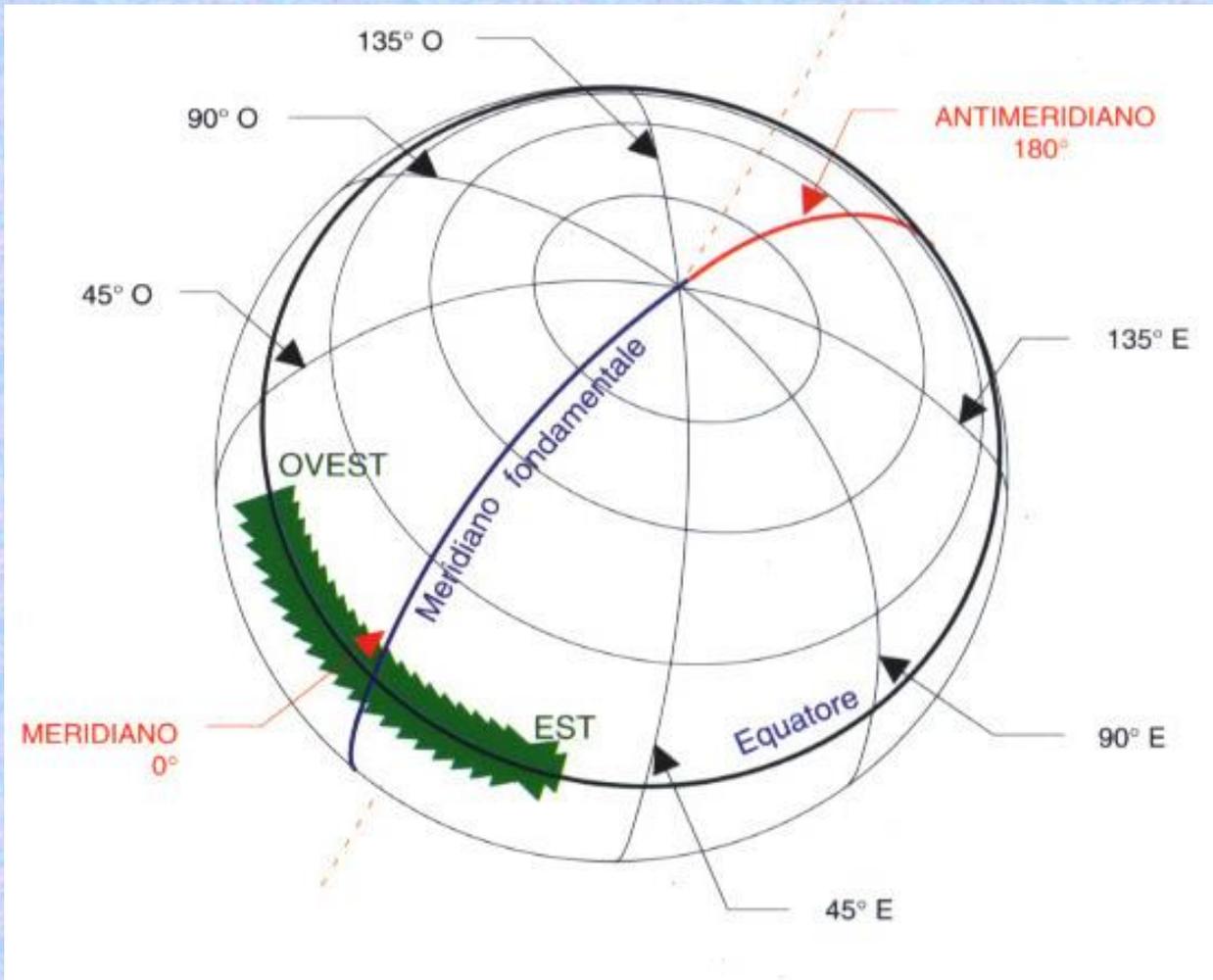
Si prenda in esame il **modello sferico**.

Il **centro della sfera** può essere scelto coincidente con il baricentro (o centro di massa) della Terra.

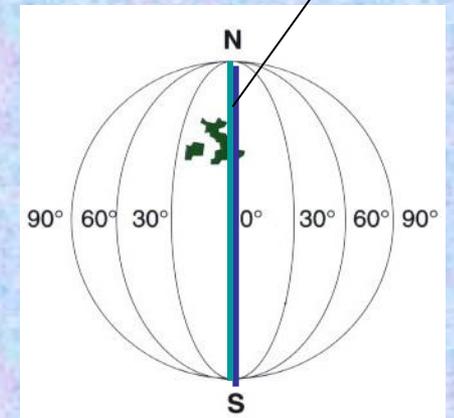
Un importante riferimento è l'asse di rotazione terrestre (che passa per il centro).

Nella terra reale la distanza che separa ciascun punto dal centro del pianeta è compresa tra 6357 km circa e 6378 km circa. Come raggio della sfera si può assumere un valore intermedio (il valore medio derivato mediando le distanze centro-superficie di tutti i punti del globo è circa 6.371 km).

Il modello sferico



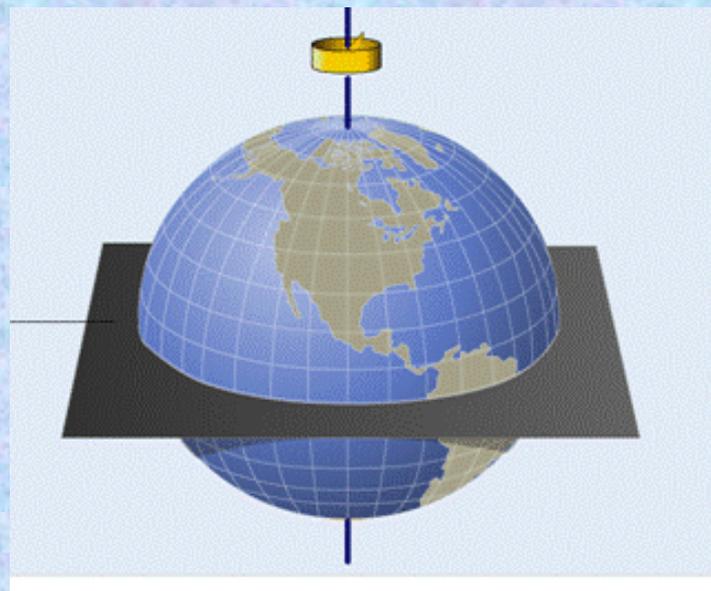
Meridiano fondamentale
o meridiano zero -
Osservatorio di
Greenwech (1884)



Equatore

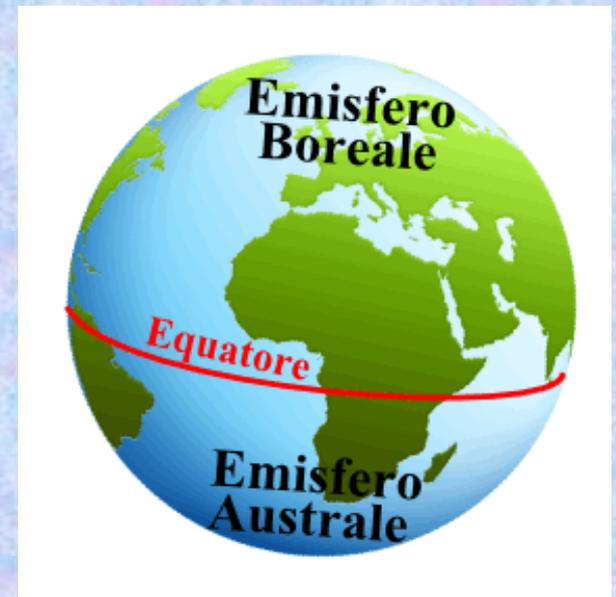
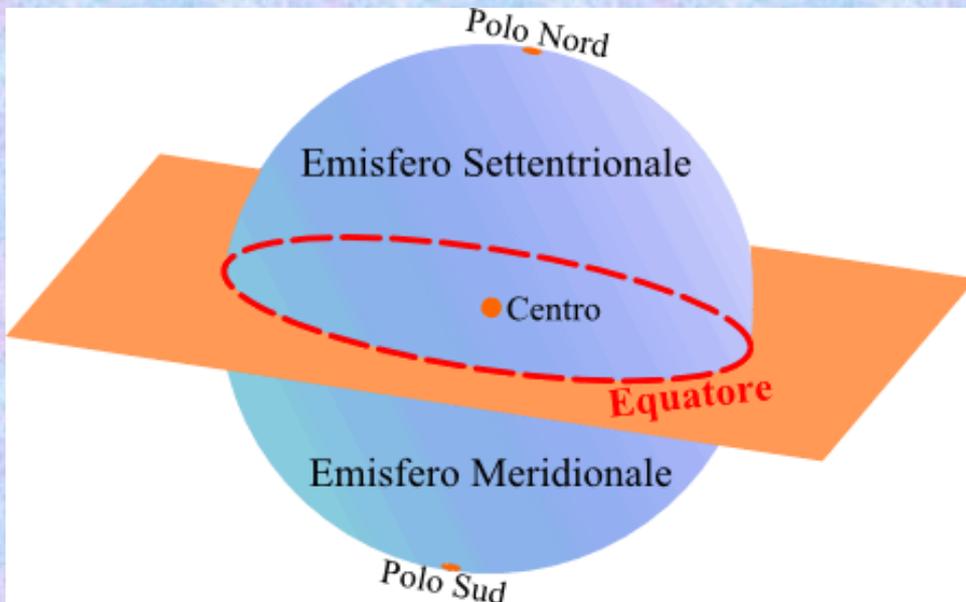
Il piano perpendicolare all'asse di rotazione terrestre e passante per il centro della sfera viene detto **piano equatoriale**. Esso interseca la sfera dando origine all'**equatore**.

L'equatore è una circonferenza massima.



Emisferi Nord e Sud

Il piano equatoriale divide la sfera terrestre in due parti: l'**emisfero australe** o **meridionale** (quello inferiore, ovvero a sud dell'equatore) e l'**emisfero boreale** o settentrionale (quello superiore, ovvero a nord dell'equatore).

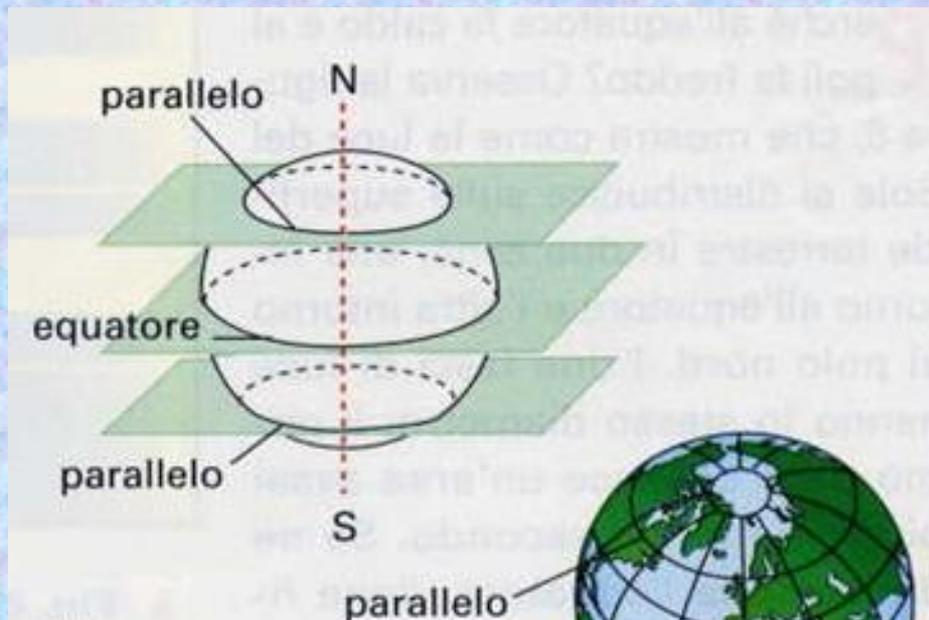


Paralleli

I piani perpendicolari all'asse di rotazione terrestre sono detti **piani paralleli**. Essi intersecano la sfera dando origine a circonferenze dette **paralleli**.

I centri di queste circonferenze sono sull'asse di rotazione.

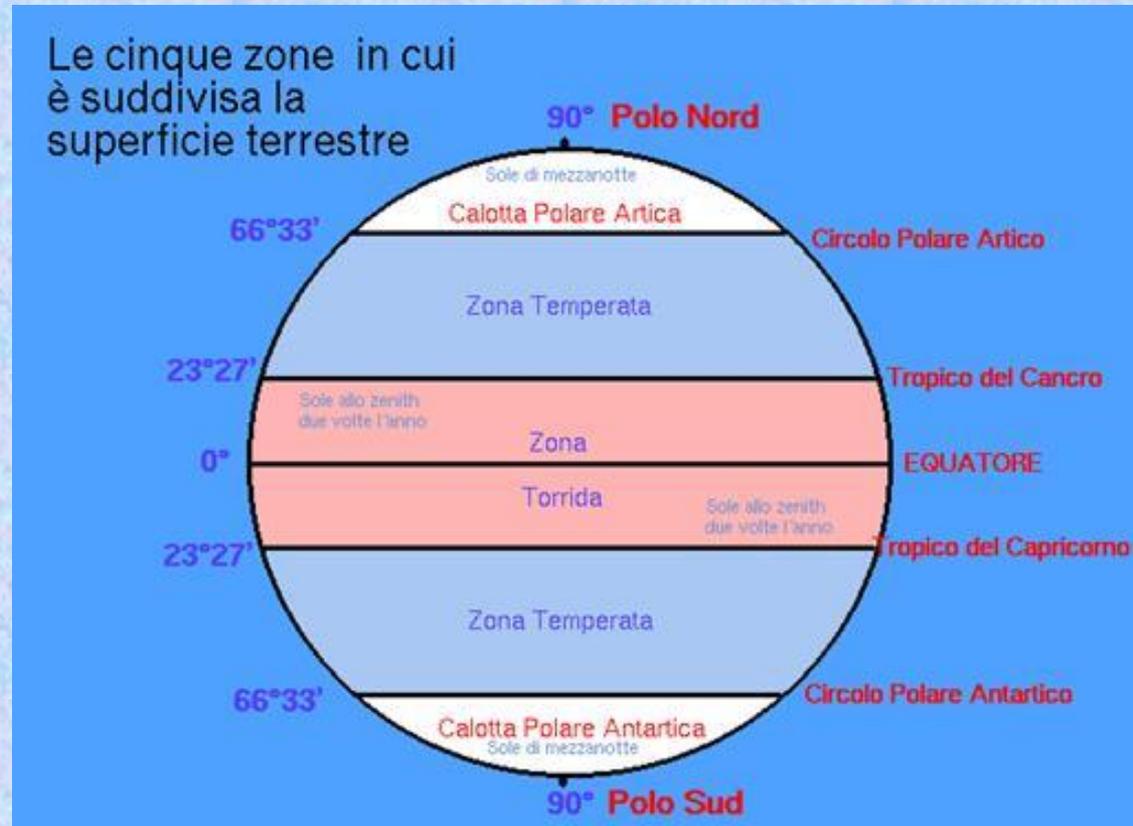
I paralleli hanno raggio variabile: il valore massimo è quello relativo al parallelo massimo (l'equatore); il valore minimo è al polo ($r=0$, circonferenza degenere, cioè coincide con un punto).



Paralleli importanti

Assumono particolare importanza i seguenti paralleli che permettono anche di individuare le 5 fasce climatiche principali della Terra:

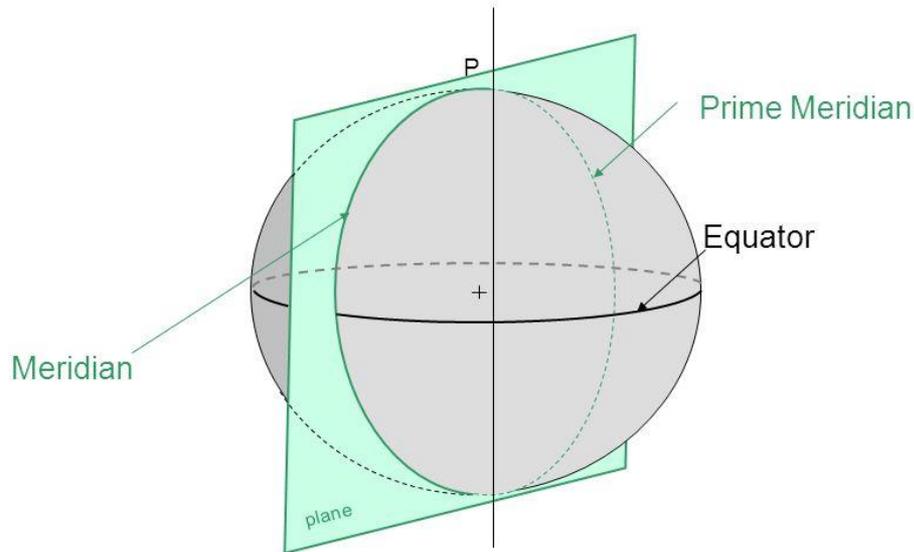
Circolo Polare artico
Tropico del Cancro
Equatore
Tropico del Capricorno
Circolo Polare Antartico



Meridiani

I piani che contengono l'asse di rotazione terrestre sono detti piani meridiani. Essi intersecano la sfera dando origine a circonferenze massime, dette **meridiani**.

Cutting Plane of a Meridian



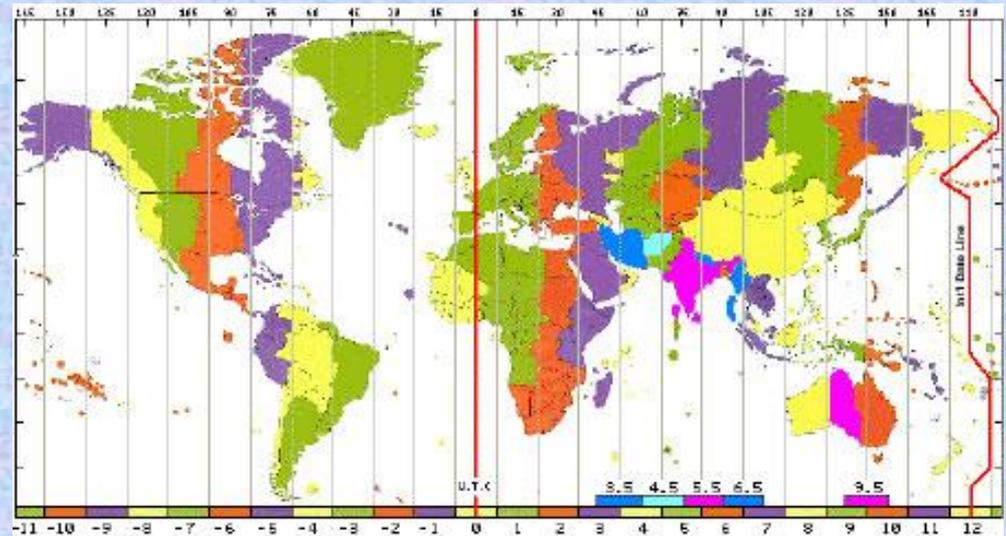
Tutti i meridiani hanno lo stesso raggio che è quello della sfera.

Meridiano di Greenwich

Uno dei meridiani viene assunto per riferimento: solitamente è quello passante per **Greenwich** (*Inghilterra*).



Il «primo meridiano»
"inciso" sul suolo
dell'Osservatorio di
Greenwich



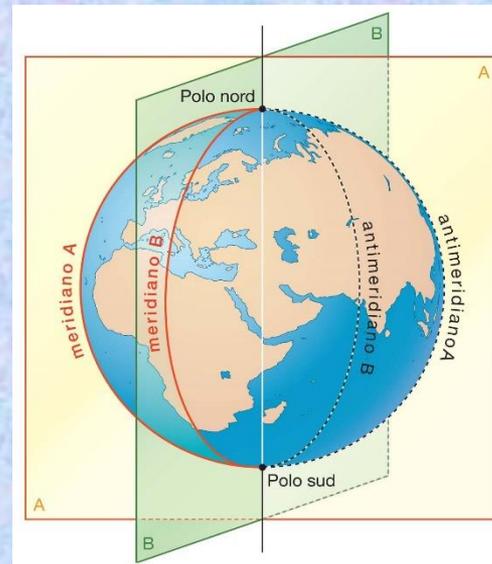
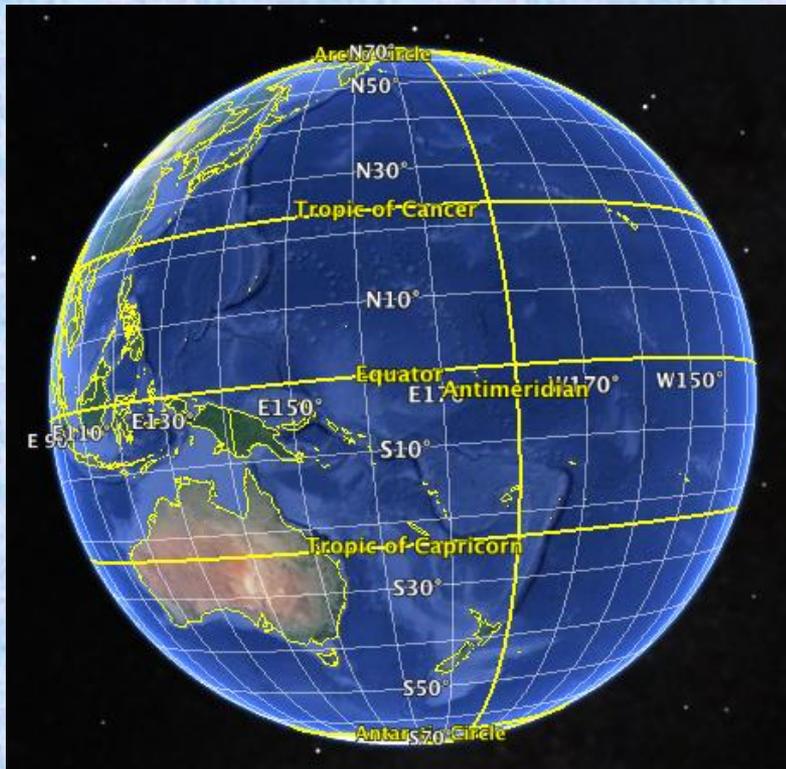
Emisfero Ovest ed Emisfero Est

Il meridiano di Greenwich divide la Terra in due emisferi: **Emisfero Ovest** (situato ad ovest del meridiano di Greenwich) ed **Emisfero Est** (situato ad est del meridiano di Greenwich).



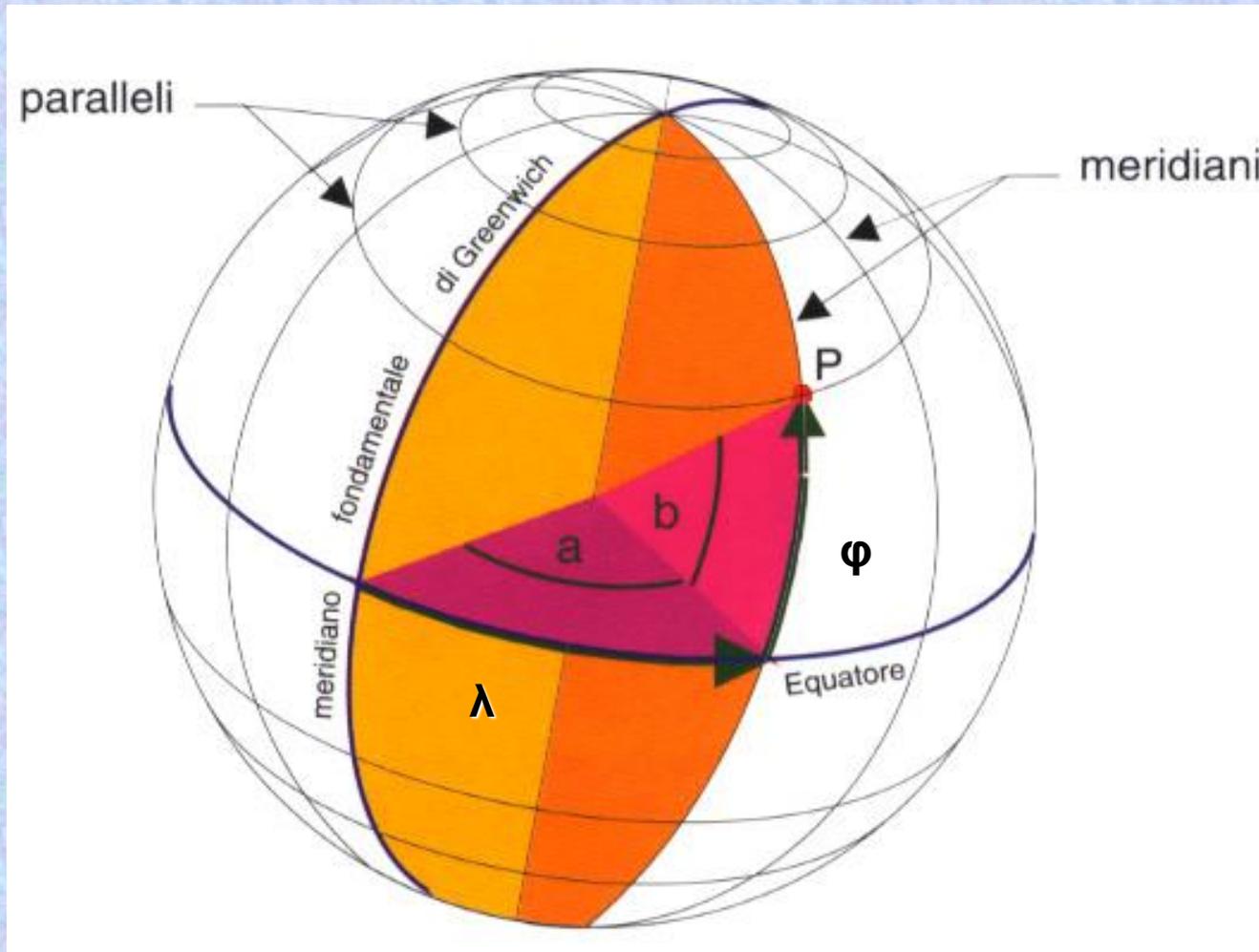
Antimeridiano di Greenwich

La parte del meridiano di Greenwich che va dal Polo Sud al Polo Nord passando per l'Oceano Pacifico prende il nome di antimeridiano di Greenwich



Per ogni meridiano è sempre definibile un antimeridiano

Meridiani e paralleli



λ = angolo di longitudine per il punto P

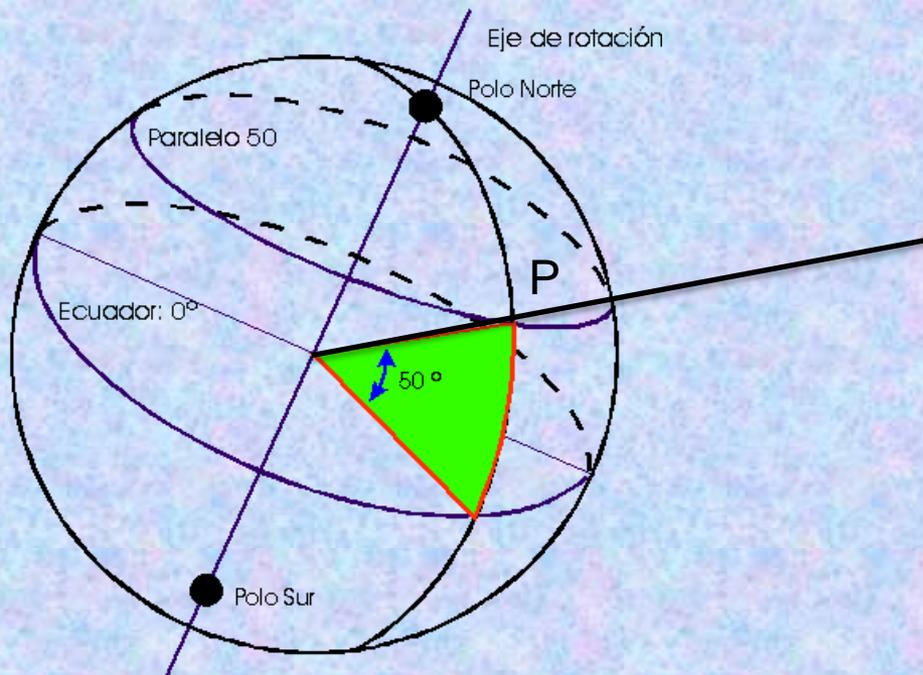
ϕ = angolo di latitudine per il punto P

Latitudine sferica

La posizione di un punto può essere espressa mediante le coordinate **latitudine sferica** e **longitudine sferica**.

In particolare, dato un punto P sulla superficie sferica, è possibile tracciare la retta normale alla sfera passante per il punto P.

Tale retta forma con il piano equatoriale un angolo che costituisce la **latitudine sferica** del punto P.



Latitudine sferica

La latitudine, essendo un angolo, si misura in gradi, solitamente gradi sessagesimali (esempio: $45^{\circ} 30' 30''$) o sessadecimali (esempio: $45^{\circ}, 508333$).

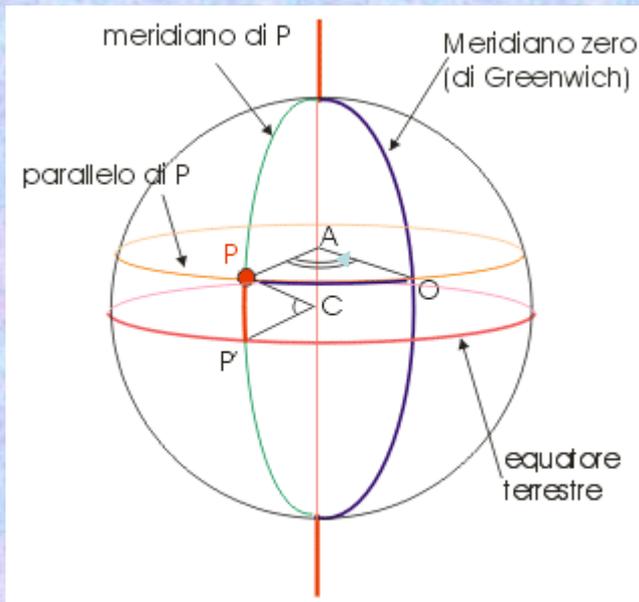
La latitudine si calcola a partire dall'equatore. Il valore varia tra 0° e 90° N e tra 0° e 90° S.

Si assume solitamente positiva la latitudine nell'emisfero boreale e negativa quella nell'emisfero australe.

Longitudine

Ricordiamo anzitutto che un angolo si dice diedro quando è formato da piani nello spazio.

L'angolo diedro formato tra il piano meridiano passante per P ed un altro piano meridiano scelto a riferimento (per esempio il meridiano di Greenwich) costituisce la **longitudine sferica**.



Longitudine

Trattandosi di un angolo, la longitudine è anche essa espressa in gradi, solitamente gradi sessagesimali o gradi sessadecimali.

La longitudine si calcola a partire dal meridiano di Greenwich. Il valore varia tra 0° e 180° E e 0° e 180° W (rispetto al meridiano di Greenwich).

Raggio del parallelo

Il raggio di parallelo, variabile dal valore massimo all'equatore al valore nullo al polo, si calcola con la formula:

$$r_p = R \cos \varphi$$

essendo φ la latitudine di riferimento del parallelo.

Applicando tale formula, alla latitudine di 60° N, ad esempio, il raggio del parallelo, essendo il coseno di 60° pari a $1/2$, diviene la metà del raggio equatoriale (quindi vale km 3185, se si è scelto $R = 6370$ km)

Paralleli e meridiani

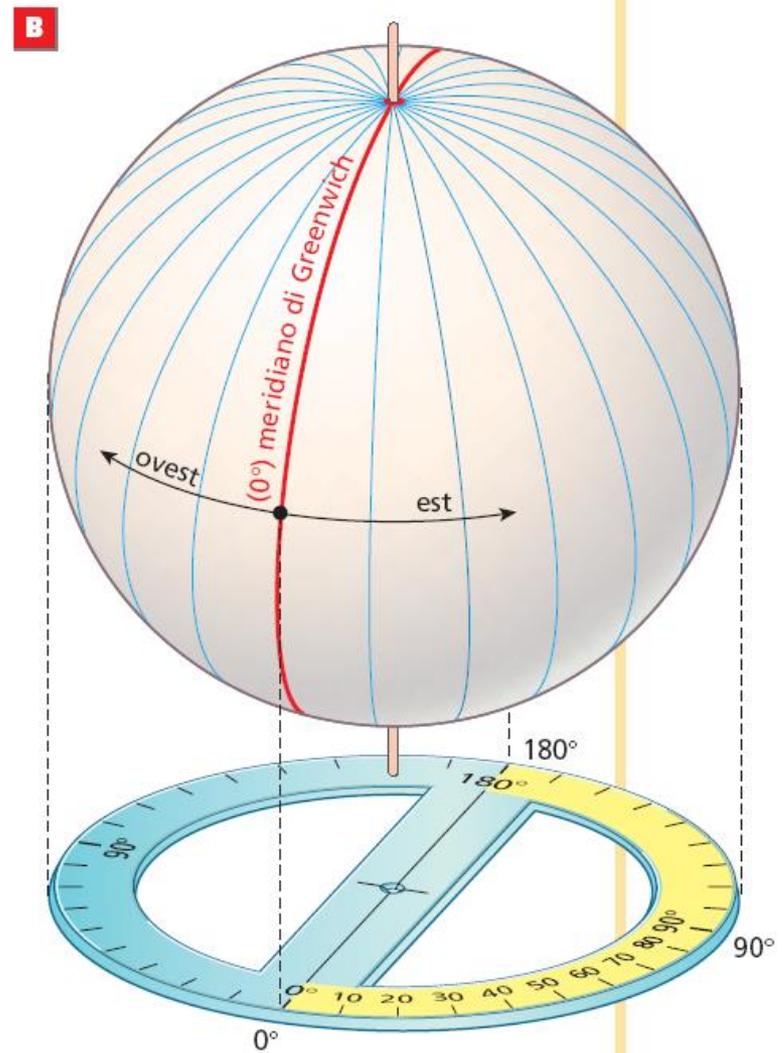
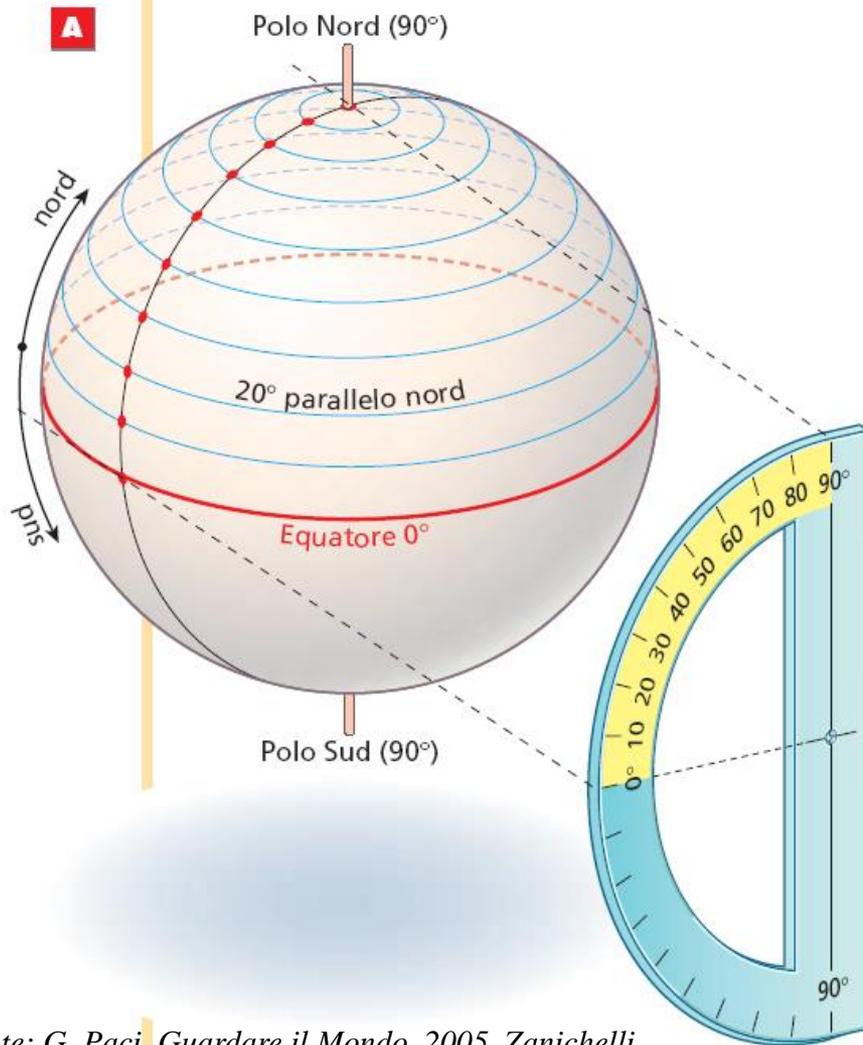
I paralleli sono circonferenze di uguale latitudine.

I meridiani sono circonferenze di uguale longitudine.

Tutti i punti sull'equatore hanno la stessa latitudine ed essa vale 0° .

Tutti i punti sullo stesso meridiano hanno la stessa longitudine; se si tratta del meridiano di riferimento (solitamente quello di Greenwich), tale longitudine vale 0° .

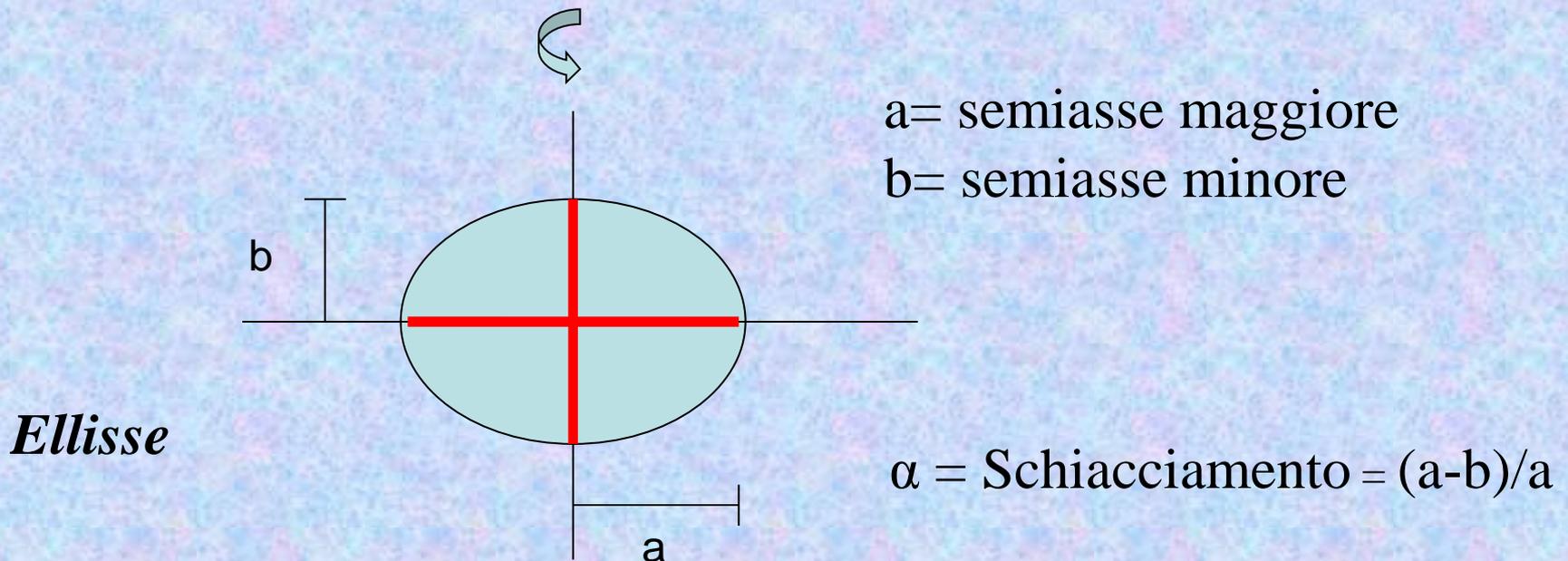
Il modello sferico



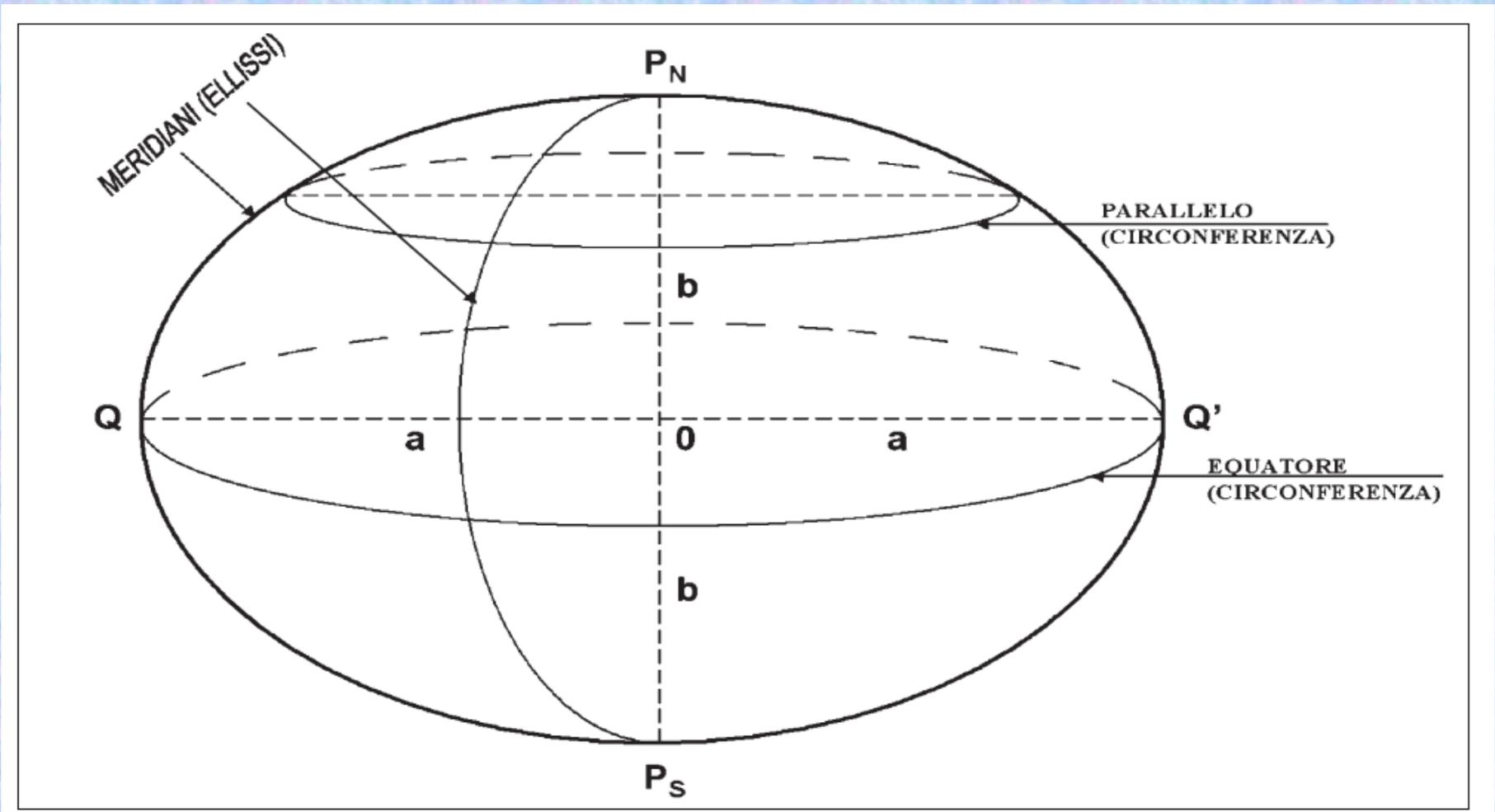
Ellissoide

Per modellare la terra si utilizza anche il **modello ellissoidico**

Si tratta di un ellissoide di rotazione biassiale ottenuto dalla rotazione di un'ellisse intorno al suo asse minore (2b).



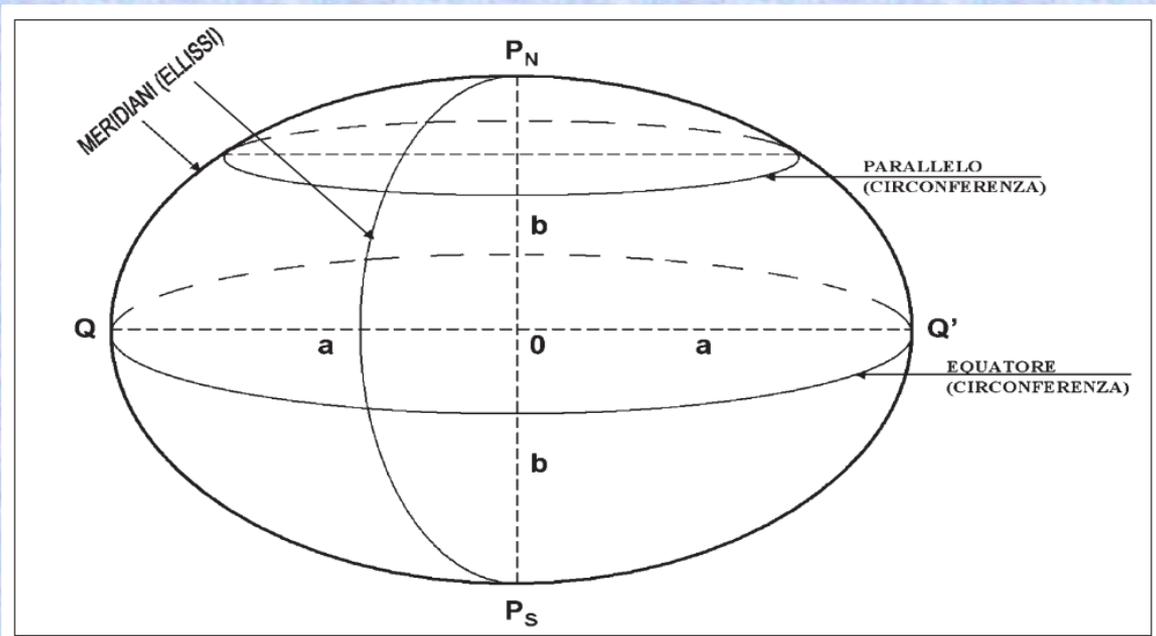
Ellissoide di rotazione



Equatore sull'ellissoide

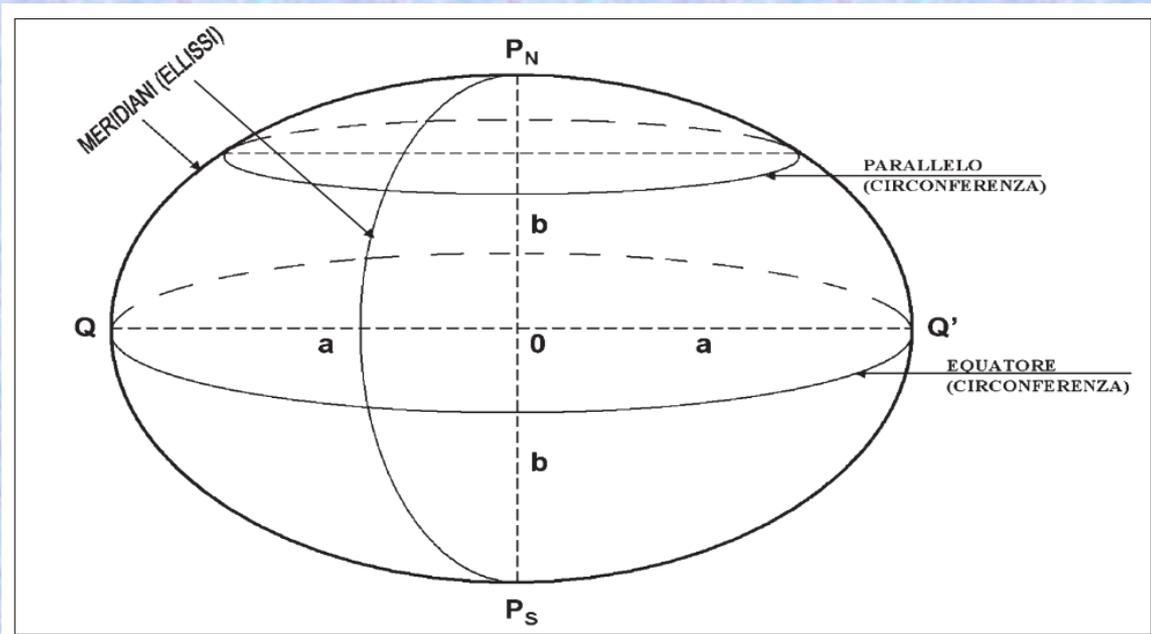
Il piano perpendicolare all'asse di rotazione dell'ellissoide e passante per il centro dell'ellissoide stesso è detto **piano equatoriale**. Esso interseca l'ellissoide dando origine all'**equatore**.

L'equatore è una circonferenza massima.



Paralleli sull'ellissoide

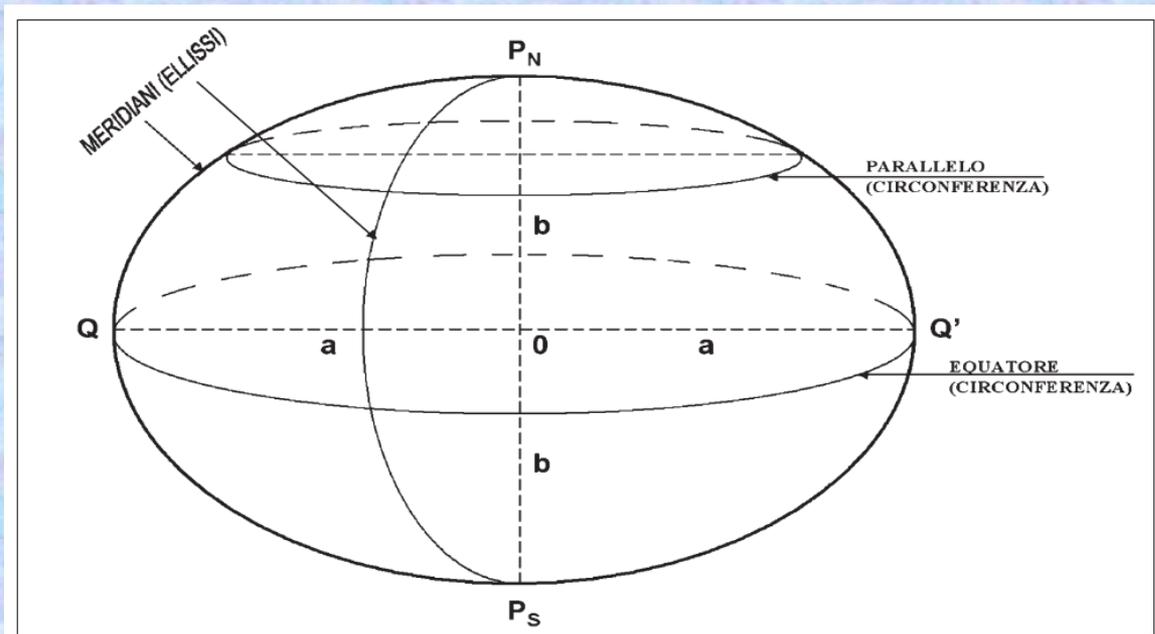
I piani perpendicolari all'asse di rotazione dell'ellissoide sono detti **piani paralleli**, Essi intersecano l'ellissoide dando origine a circonferenze dette **paralleli**.



Paralleli sull'ellissoide

I centri di queste circonferenze sono sull'asse di rotazione dell'ellissoide.

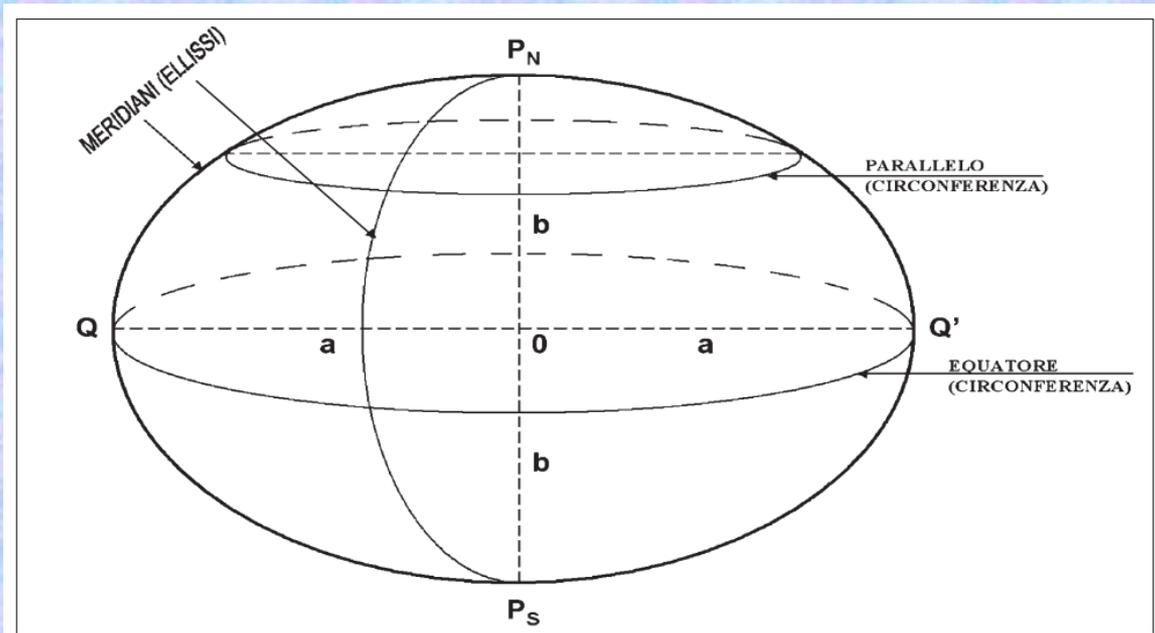
I paralleli hanno raggio variabile: il valore massimo è quello relativo al parallelo massimo (l'equatore); il valore minimo è al polo ($r=0$, circonferenza degenera, cioè coincide con un punto).



Meridiani sull'ellissoide

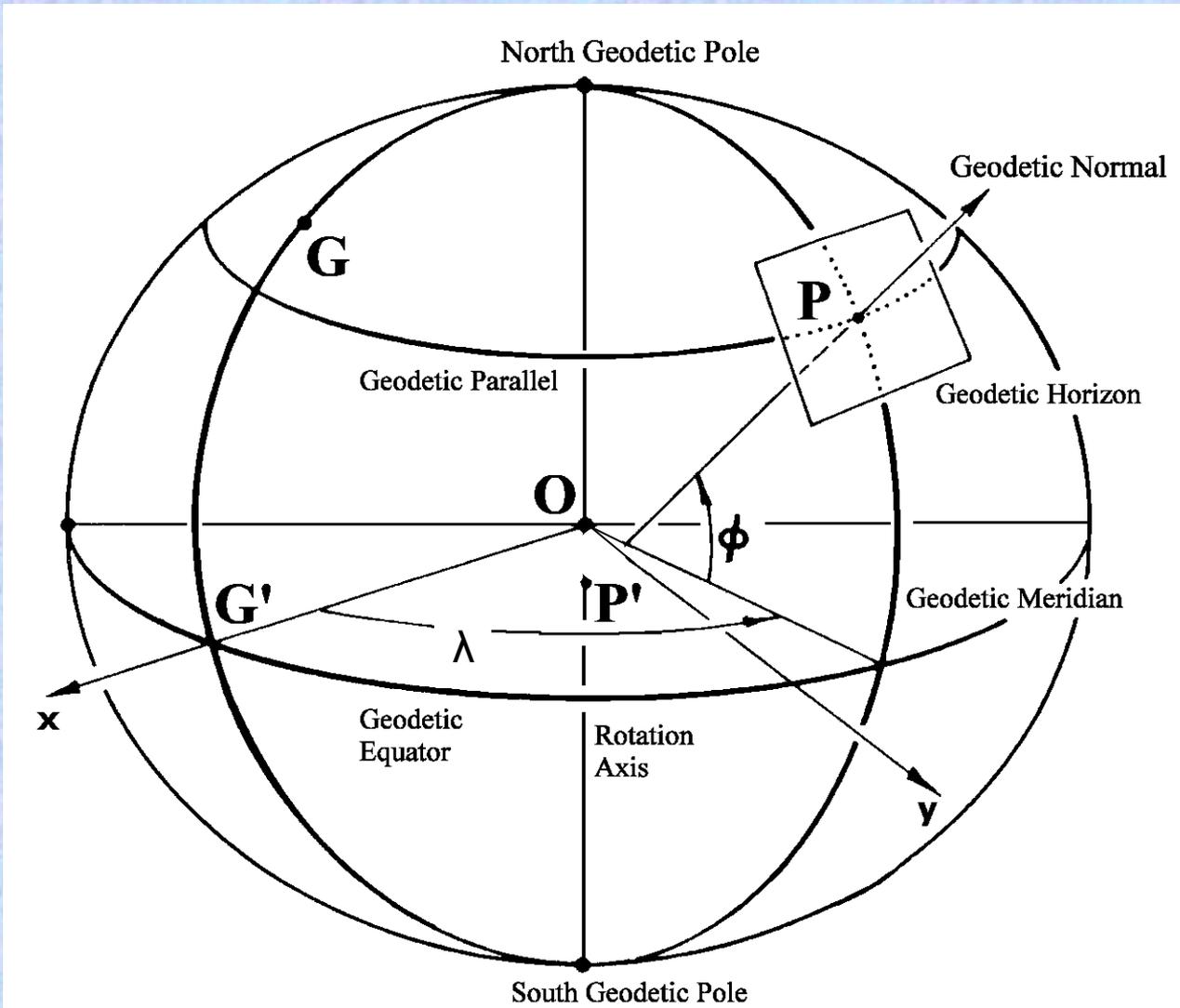
I piani contenenti l'asse di rotazione dell'ellissoide sono detti piani meridiani. Essi intersecano l'ellissoide dando origine a ellissi, dette **meridiani**.

Tutti i meridiani sono ellissi.



Uno dei meridiani viene assunto per riferimento: solitamente è quello passante per *Greenwich* (Inghilterra).

Ellissoide



*Equazione
dell'ellissoide:*

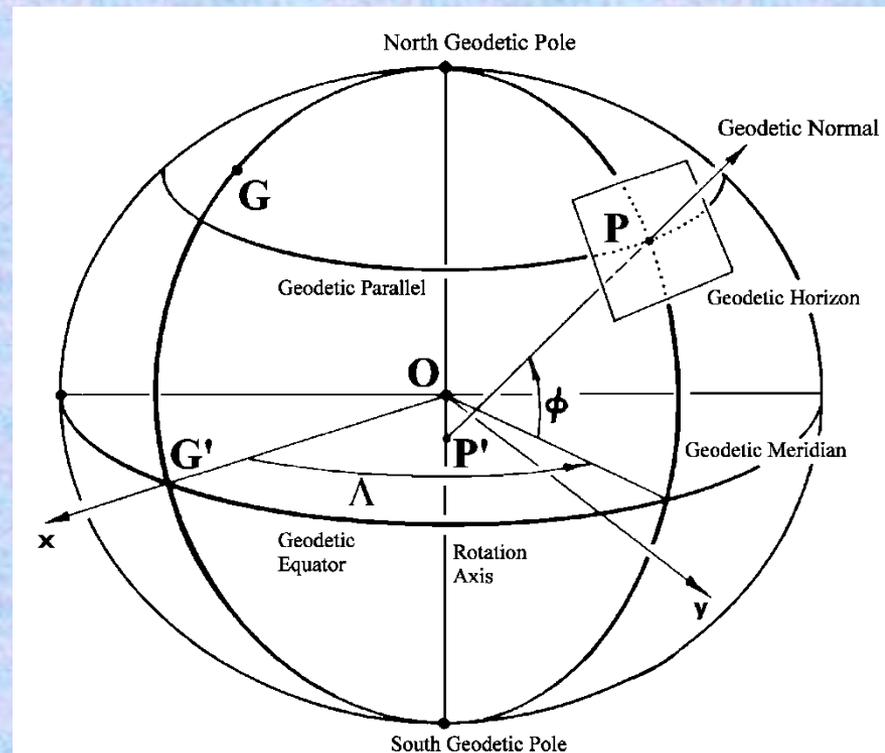
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

Latitudine ellissoidica

La posizione di un punto sull'ellissoide può essere espressa mediante le coordinate **latitudine** e **longitudine** (che saranno perciò dette, rispettivamente, **latitudine ellissoidica** e **longitudine ellissoidica**).

Latitudine ellissoidica

In particolare, dato un punto P sulla superficie ellissoidica, è possibile tracciare la retta normale all'ellissoide passante per il punto P . Tale retta forma con il piano equatoriale un angolo che costituisce la **latitudine ellissoidica** del punto P .

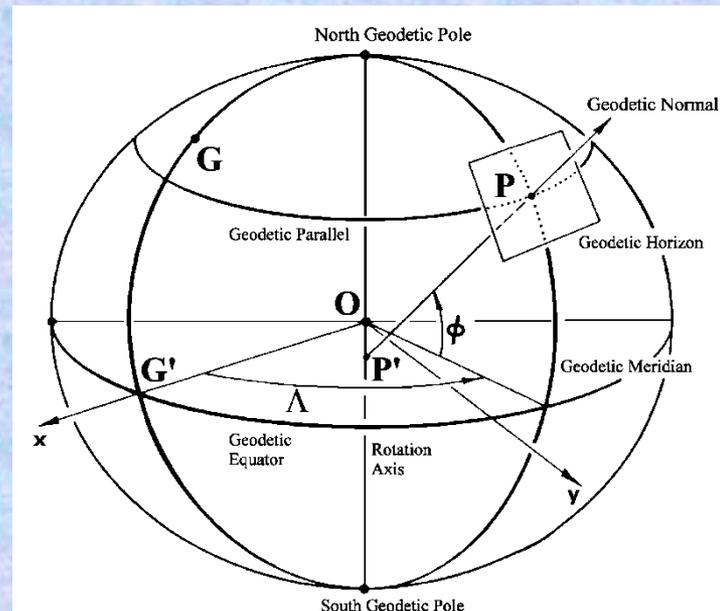


Latitudine ellissoidica

La latitudine, essendo un angolo, si misura in gradi sessagesimali o sessadecimali.

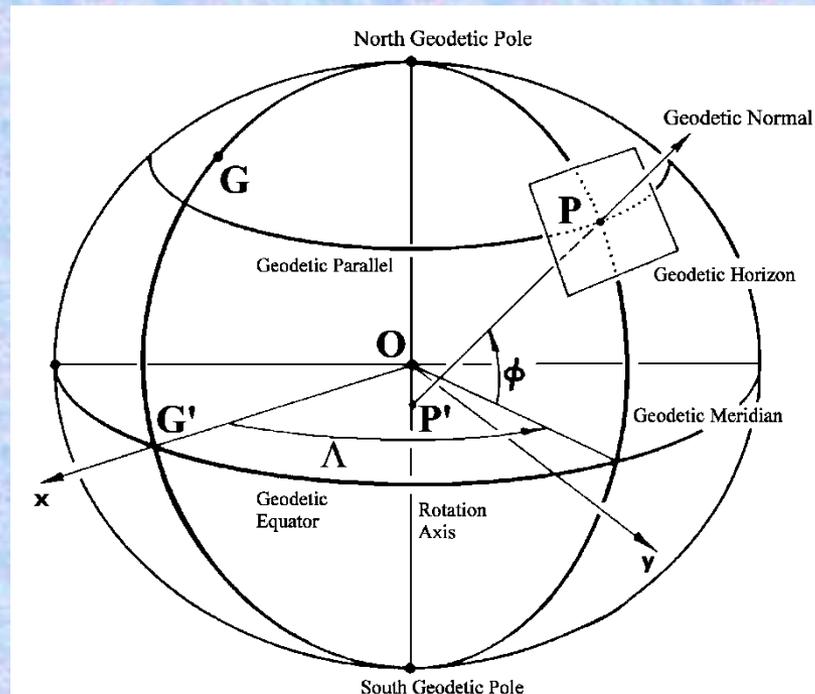
La latitudine si calcola a partire dall'equatore. Il valore varia tra 0° e 90° N e tra 0° e 90° S.

Si assume solitamente positiva la latitudine nell'emiellissoide boreale e negativa quella nell'emiellissoide australe.



Longitudine ellissoïdica

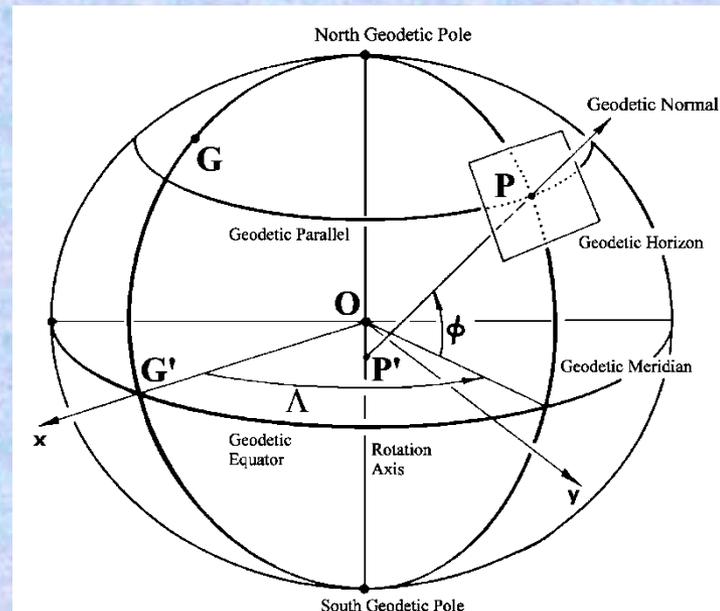
L'angolo diedro formato tra il piano meridiano passante per P ed un altro piano meridiano scelto a riferimento (per esempio il meridiano di Greenwich) costituisce la **longitudine ellissoïdica**.



Longitudine ellissoidica

Trattandosi di un angolo, la longitudine è anche essa espressa in gradi sessagesimali o anche in gradi sessadecimali.

La longitudine si calcola a partire dal meridiano di Greenwich. Il valore varia tra 0° e 180° E e 0° e 180° W (rispetto al meridiano di Greenwich).



Paralleli e meridiani sull'ellissoide

I paralleli sono circonferenze di uguale latitudine.

I meridiani sono ellissi di uguale longitudine.

Tutti i punti sull'equatore hanno la stessa latitudine e vale 0° .

Tutti i punti sullo stesso meridiano hanno la stessa longitudine; se si tratta del meridiano di riferimento (solitamente quello di Greenwich), tale longitudine vale 0° .

Esempi di ellipsoidi più utilizzati

Misure espresse in metri



Ellissoide	S.asse maggiore a	Schiacciamento α
EVEREST (1830)	6377276	1/300.8
BESSEL (1841)	6377397	1/299.2
CLARKE (1866)	6378206	1/294.9
CLARKE (1880)	6378301	1/293.5
HELMERT (1906)	6378140	1/298.3
HAYFORD (1909)	6378388	1/297.0
KRASSOVSKY (1942)	6378245	1/298.3
FISCHER (1960)	6378160	1/298.3
WGS84 (1987)	6378137	1/298.3

Le dimensioni della Terra

Raggio Equatoriale (a)	Km 6.378,4
Raggio Polare (b)	Km 6.356,9
Differenza (a - b)	Km 21.5
Schiacciamento ($\alpha = [a - b]/a$)	1/297
Circonferenza equatoriale	Km 40.076,6
Lunghezza del Meridiano	Km 40.008,9
Superficie	Km ² 509.950,414
Volume	Km ³ 1.083.000.000
Monte Everest	m 8.882
Fossa di Emden	m -10.793