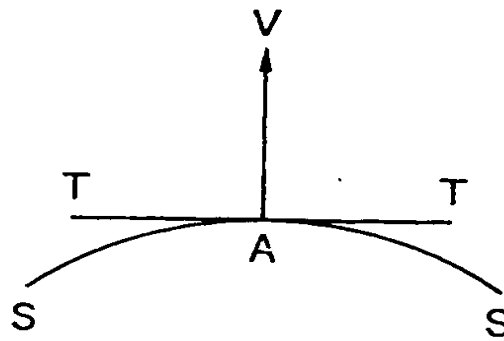


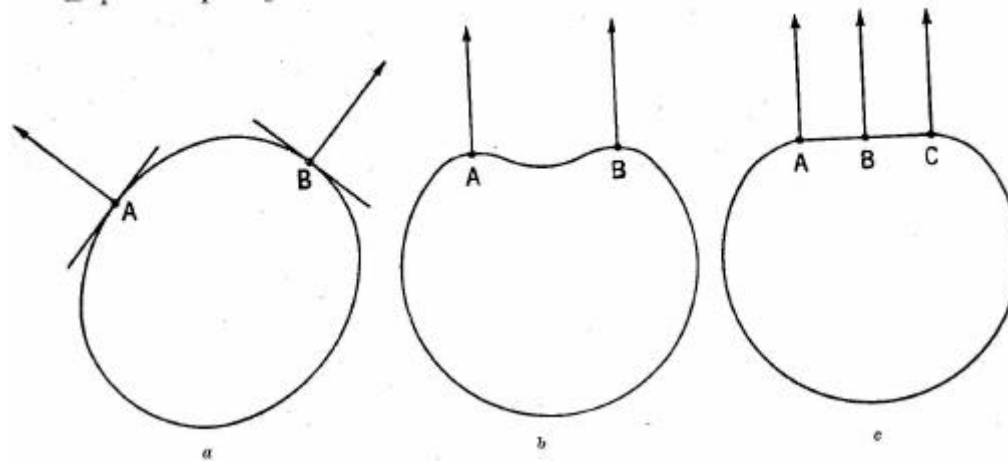
Corso Navigazione

PARTE I - NAVIGAZIONE PIANA -

- La Terra non ha una forma geometricamente definibile. Onde poter trattare con metodi matematici i problemi che si presentano nella Nautica, nella Geodesia, nella Geografia si sostituisce alla superficie fisica irregolare una superficie ipotetica rappresentata dalla *superficie media di livello dei mari*
- Tale superficie, prolunga idealmente attraverso i continenti in modo da avvolgere tutta la Terra, fu chiamata *superficie geoidica*.

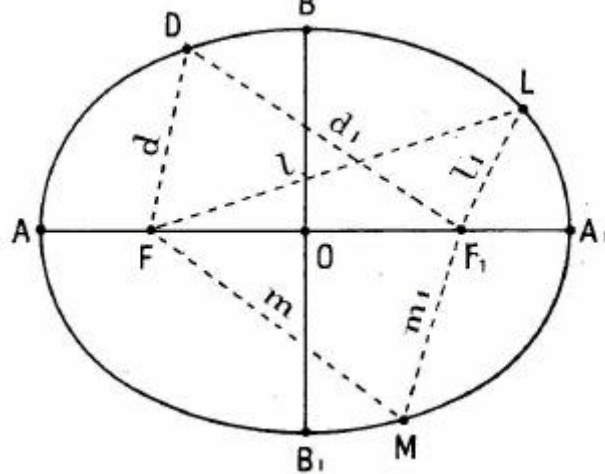


- Alla superficie del geoide si attribuiscono alcune importanti proprietà. Essendo definita come una superficie liquida in equilibrio, in ogni punto di essa *la verticale*, ossia la direzione secondo cui agisce la gravità (filo a piombo), deve essere considerata come perpendicolare alla superficie, ossia perpendicolare al piano tangente alla superficie in quel punto.
- È noto dalla matematica che una retta perpendicolare ad un piano tangente in un punto ad una superficie, definisce la direzione della *normale* alla superficie in quel punto. Di conseguenza possiamo dire che *in ogni punto della superficie geoidica la verticale e la normale coincidono*.
- Nel punto A la retta A V, normale al piano T T, tangente in A alla superficie S S del geoide, rappresenta ad un tempo la normale e la verticale. Si tenga presente che considereremo la verticale sempre diretta verso l'*esterno* della Terra.



- Si ammette inoltre che la superficie geoidica sia *convessa in tutti i suoi punti*, ossia che in essa non esistano concavità e parti piane.
- Infatti, se tutto il geode è racchiuso da una superficie convessa, le verticali di due punti qualsiasi *A* e *B* (fig. *a*) non possono essere parallele e dirette nel medesimo senso, mentre possono essere parallele e dirette nel medesimo senso le verticali di due punti *A* e *B* (fig. *b*) fra i quali esista una concavità, o le verticali di più punti *A*, *B*, *C* (fig. *c*) situati su una parte piana.

- Per questa fondamentale proprietà della superficie del geoide si stabilisce una corrispondenza biunivoca fra i punti di tale superficie e le verticali, per la quale ad ogni punto corrisponde un'unica verticale e, reciprocamente, una verticale corrisponde ad un unico punto. Per tale corrispondenza la determinazione della posizione di un punto si identifica con quello della sua verticale.
- E' questo il principio fondamentale della determinazione dei punti sulla superficie terrestre con osservazioni astronomiche, poiché lo scopo di queste ultime è quello di individuare la verticale del punto occupato dall'osservatore mediante convenienti angoli che la mettano in relazione con le direzioni degli astri.



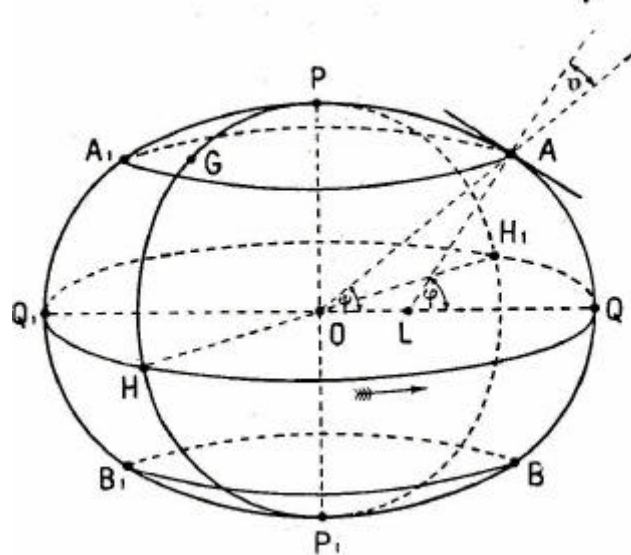
- Le ricerche geodetiche hanno dimostrato che la superficie geoidica si scosta pochissimo da un'altra superficie avente forma perfettamente geometrica, ossia che la forma del geoide è assai prossima a quella di un solido geometrico. Tale solido è detto *ellissoide di rivoluzione schiacciato*, perchè si ottiene facendo ruotare una ellisse intorno al suo asse minore. I suoi elementi geometrici essenziali sono dunque quelli stessi dell'ellisse.

- I valori ufficiali attualmente adottati sono quelli del cosiddetto *ellissoide internazionale*, fissati dal Congresso Geodetico Internazionale di Madrid (1924).

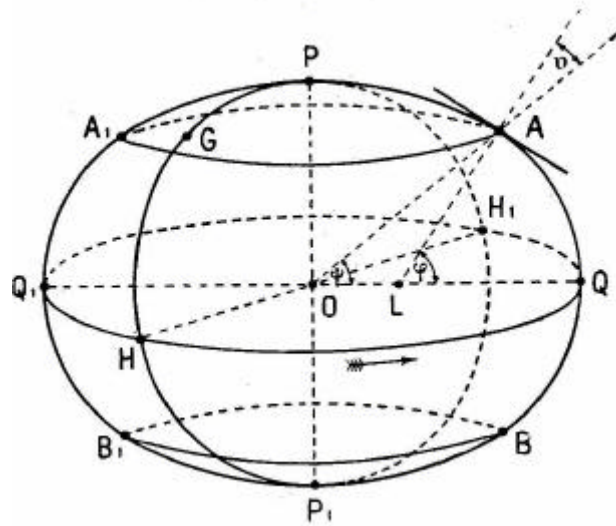
Esso sono:

$$\begin{array}{rcl}
 a \text{ (semiasse maggiore)} & = & \text{km } 6378,388 \\
 b \text{ (semiasse minore)} & = & \text{“ } 6356,909 \\
 a-b & = & \text{“ } 21,479 \\
 \frac{a-b}{a} \text{ (schiacciamento)} & = & \frac{1}{297} \\
 e \text{ (eccentricità)} & = & 0,082
 \end{array}$$

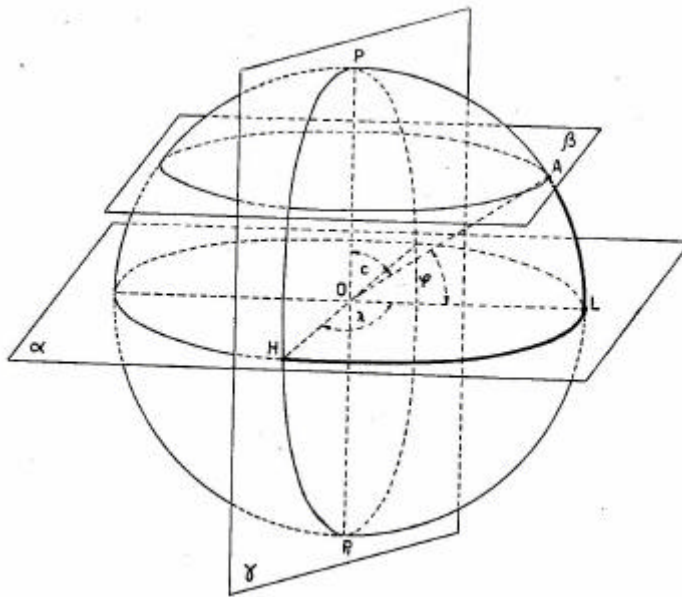
Tali valori dimostrano come la forma della Terra sia poco diversa da quella sferica.



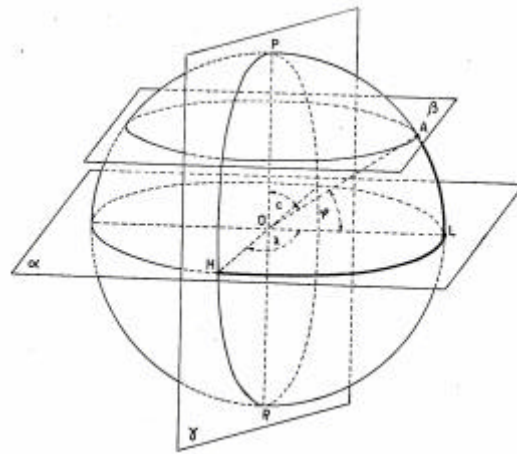
- Supponiamo che anche l'ellissoide terrestre venga generato dalla rotazione di una ellisse intorno al suo asse minore: i punti estremi dell'asse maggiore della ellisse generatrice descrivono un cerchio $Q Q_1$ che è il più grande di tutti i cerchi che possono essere tracciati sulla superficie dell'ellissoide. Tale cerchio dicesi *equatore* della Terra ellissoidica: la sua lunghezza è km 40.070,368.
- Un punto qualunque A dell'ellisse generatrice ruota descrivendo un altro cerchio il cui piano è parallelo al piano dell'equatore. Tale cerchio dicesi *parallelo* dell'ellissoide. Il piano dell'equatore ed i piani dei paralleli sono normali all'asse minore, sul quale si trovano.



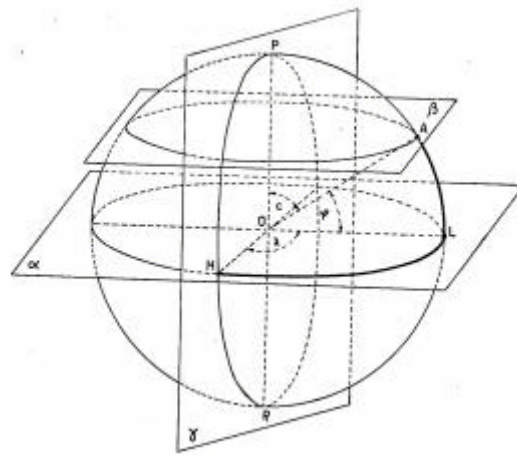
- Le successive posizioni che assume l'ellisse generatrice ruotando intorno al suo asse minore sono altrettante ellissi che si possono anche ottenere sezionando l'ellissoide con dei piani contenenti l'asse minore. Tali ellissi si chiamano *ellissi meridiane*.
- I due punti P P1 estremi dell'asse minore si dicono poli dell'ellissoide .
- La lunghezza di un'ellisse meridiana dell'ellissoide terrestre è di km 40.003,423.



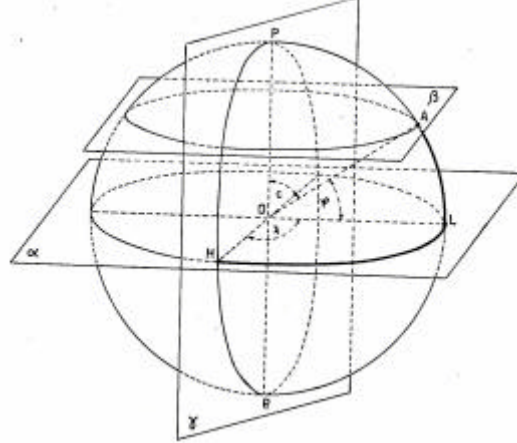
- Un piano α condotto per il centro O della sfera perpendicolare all'asse dei poli, genera sulla superficie il circolo massimo *dell'equatore*, dal quale la sfera resta divisa in due emisferi che si distinguono in *emisfero Nord* ed *emisfero Sud*, dai nomi dei rispettivi poli.



- Tutti i piani β paralleli al piano dell'equatore che intersecano la sfera generano sulla superficie di questa dei cerchi minori detti *paralleli* i cui centri sono situati sull'asse dei poli.
- Tutti i piani γ contenenti l'asse dei poli, incontrando la superficie della sfera, generano dei cerchi massimi, detti *cerchi meridiani*, che passano tutti per i poli. Ogni cerchio meridiano è divisa dai poli in due semicircoli opposti, ognuno dei quali viene considerato come un distinto *meridiano*. Il semicircolo opposto al meridiano di un punto si dice *antimeridiano* di questo punto.

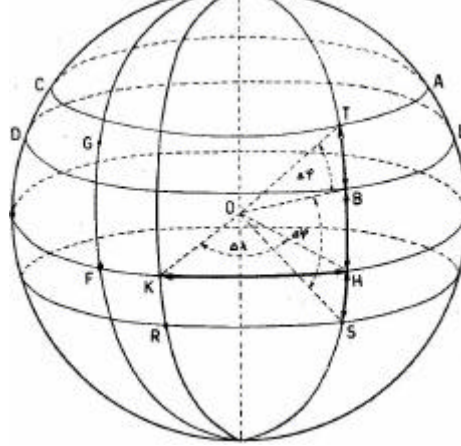


- La latitudine si può definire come l'arco di meridiano ($<90^\circ$) compreso fra il punto che si considera e l'equatore. Così, la latitudine del punto A è rappresentata dall'arco A L, al quale si può sostituire l'angolo al centro A O L formato dal raggio terrestre passante per il punto col piano equatoriale e contenuto nel piano del meridiano.
- I paralleli sono luoghi di punti aventi tutti la stessa latitudine. L'equatore è il luogo dei punti la cui latitudine è $= 0^\circ$; ai poli la latitudine è $= 90^\circ$.
- La latitudine ha nome Nord o Sud a seconda che il parallelo che si considera sia situato nell'emisfero Nord o nell'emisfero Sud.

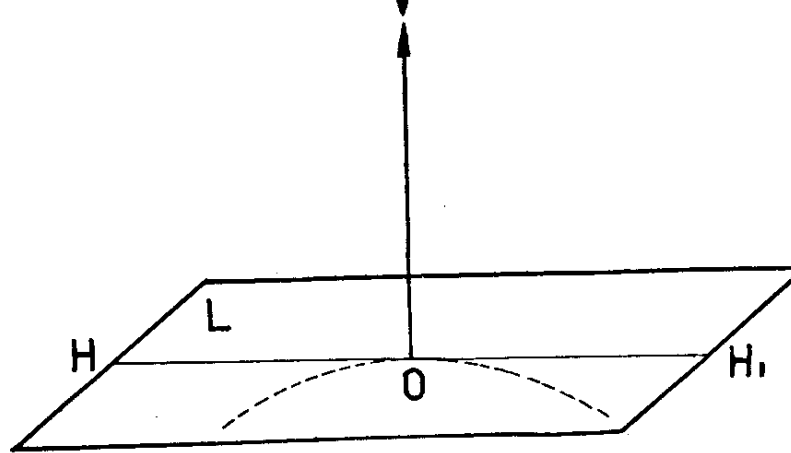


- La longitudine si può definire come l'angolo $<180^\circ$ compreso fra il piano del meridiano del punto che si considera ed il piano di un meridiano convenzionale di riferimento che è quello dell'Osservatorio di Greenwich, od anche come l'arco di equatore $<180^\circ$ compreso fra il meridiano del punto e quello di Greenwich.
- La longitudine del punto A è rappresentata dall'arco $H L$ o dall'angolo al centro $H O L$.
- Il circolo massimo formato dal meridiano di Greenwich e dal meridiano opposto divide la sfera in due emisferi, dei quali dicesi *emisfero Est* quello situato a destra di un osservatore posto in un punto del meridiano di Greenwich e con la faccia rivolta a Nord; *emisfero Ovest* quello situato *a sinistra* dello stesso osservatore

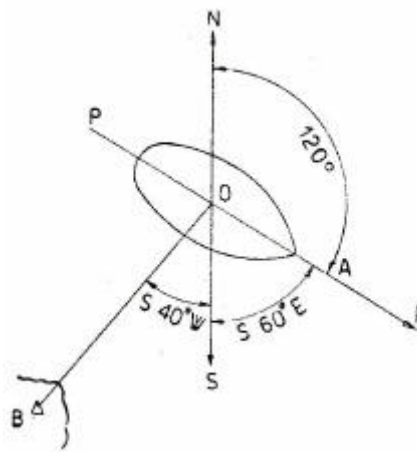
- Le longitudini si contano sull'equatore, a partire dal meridiano di Greenwich, in un emisfero o nell'altro da 0° a 180° . Hanno longitudine Est tutti i punti situati nell'emisfero Est, longitudine Ovest tutti i punti situati nell'emisfero Ovest. I punti situati sul meridiano di Greenwich hanno tutti longitudine = 0° ; i punti situati sul meridiano opposto a quello di Greenwich hanno tutti longitudine = 180° . Tale meridiano, detto anche *anti-meridiano di Greenwich*, taglia l'estrema Siberia orientale, le Aleutine, le isole Figi e passa di poco ad oriente della Nuova Zelanda.
- Ogni meridiano è un luogo di punti aventi tutti la stessa longitudine. La latitudine e la longitudine formano il sistema di coordinate sferiche ortogonali con cui si esprimono matematicamente le posizioni dei punti della superficie terrestre. Di esse si fa uso continuo in Navigazione. La latitudine viene sempre indicata con ϕ (ϕ), la longitudine con λ (λ).



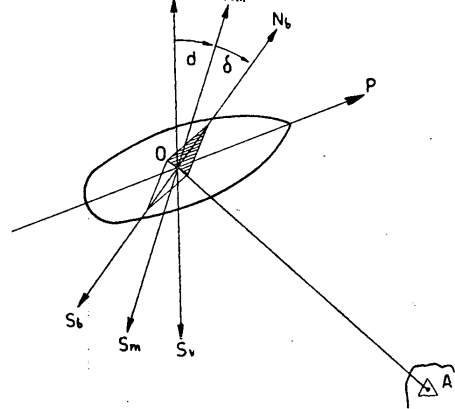
- Le posizioni relative di due punti vengono espresse mediante la differenza delle loro latitudini e la differenza delle loro longitudini.
- Dicesi differenza di latitudine ($\Delta \varphi$) fra due punti l'arco di un qualunque meridiano compreso fra i paralleli dei due punti, o l'angolo formato dai raggi passati per i punti estremi di quell'arco.
- Dicesi differenza di longitudine ($\Delta \lambda$) fra due punti l'arco di equatore ($<180^\circ$) compreso fra i meridiani dei due punti o l'angolo, contenuto nel piano equatoriale, compreso fra i raggi passanti per gli estremi di tale arco.



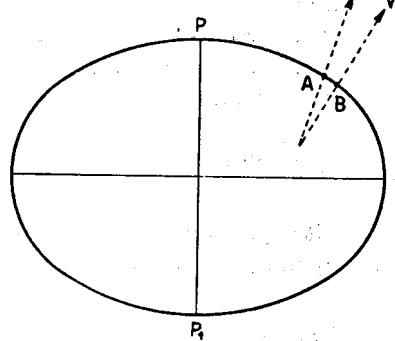
- Dicesi *orizzonte apparente* di un punto O della superficie terrestre un piano passante per quel punto e tangente alla superficie.
- Nel punto O la semiretta OV , normale all'orizzonte apparente LHH_1 coincide con la direzione della verticale che si considera sempre rivolta verso l'esterno.



- Sulla nave il piano orizzontale su cui è tracciata la rosa dei venti, e che viene usato per determinare le direzioni, è quello offerto dalla bussola, la cui parte essenziale è appunto una rosa dei venti tracciata su un piano destinato a mantenersi orizzontale. Il centro di tale rosa è situato sul piano longitudinale di simmetria della nave: per esso passa, quindi, anche la retta ora definita.
- L'angolo che tale retta, considerata nel senso poppa-prua, forma con una delle direzioni cardinali meridiane, dicesi *prora della nave*.

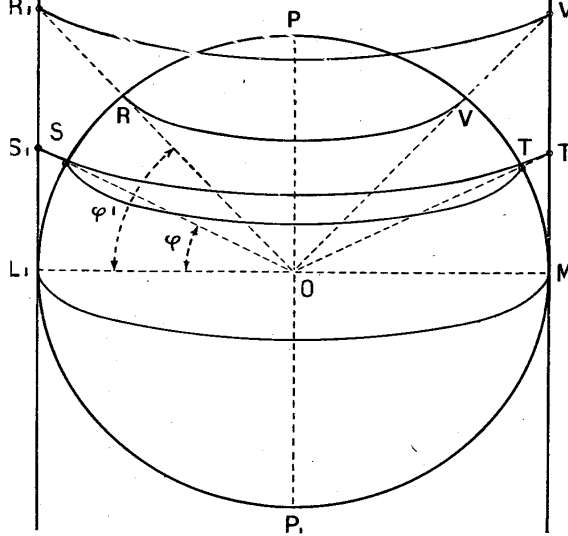


- Chiameremo *rilevamento magnetico (Rilm)* e *rilevamento bussola (Rilb)* gli angoli che la retta ottenuta sul piano orizzontale dalla intersezione col piano verticale passante per l'oggetto, forma rispettivamente col meridiano magnetico e col meridiano bussola. Anche tali angoli possono essere contati circolarmente e sulle rispettive rose.
- Una prora ed un rilevamento contati dal meridiano vero sono chiamati rispettivamente *prora vera (Pv)* e *rilevamento vero (Rilv)*.
- Disposti in angoli di esattezza le tre specie di angoli sono:
 - angoli veri
 - angoli magnetici
 - angoli bussola

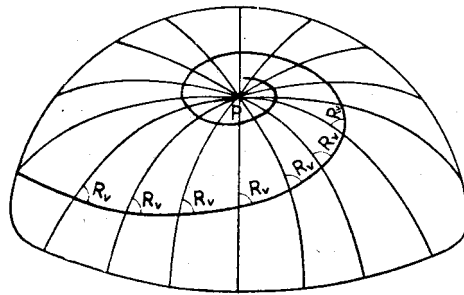


- Considerando la Terra sferica il miglio si definisce come la *lunghezza di un primo di circolo massimo*. Poiché in tutto un circolo massimo sono contenuti $360 \times 60 = 21.600$ primi, tutta la circonferenza massima terrestre è lunga 21.600 miglia.
- Considerata la Terra come un ellissoide, il miglio si definisce come *un arco di ellisse meridiana compreso fra due punti le cui verticali si incontrano formando un angolo di 1'*.
- Così se A e B sono due punti di un'ellisse meridiana $PABP_1$, le cui verticali AV , BV_1 formano un angolo di 1', l'arco AB definisce il miglio sull'ellissoide.
- Quale valore pratico noi assumiamo quello di m 1852 stabilito dall'Istituto Idrografico Internazionale nel 1929, che corrisponde con grande approssimazione alla lunghezza del miglio sull'ellissoide a 45° di latitudine.

- Una carta geografica è una rappresentazione piana della superficie sferica o ellissoidica della Terra.
- Una sfera o un ellissoide non hanno superfici sviluppabili in una superficie piana, nella rappresentazioni piane, si producono inevitabilmente delle alterazioni o deformazioni di figure, distanze, angoli, ecc., che possono ostacolare o rendere laborioso l'impiego pratico delle carte.
- Da questo fatto deriva l'uso dei metodi diversi che si impiegano per la costruzione delle carte geografiche; metodi con i quali si mira ad ottenere in ogni caso una rappresentazione piana della superficie terrestre che sia particolarmente adatta all'uso al quale è destinata.
- Tali metodi sono detti *metodi proiettivi*, perchè in tutti si ricorre ad *una proiezione*; e si distinguono in *metodi prospettici* e *metodi per sviluppo* a seconda che la proiezione della superficie terrestre venga compiuta direttamente su una superficie piana o su una superficie sviluppabile in un piano (cilindrica o conica).
- la carta marina deve soddisfare a due fondamentali requisiti: *rappresentare le lossodromie con delle linee rette, conservare gli angoli, ossia essere isogonica.*



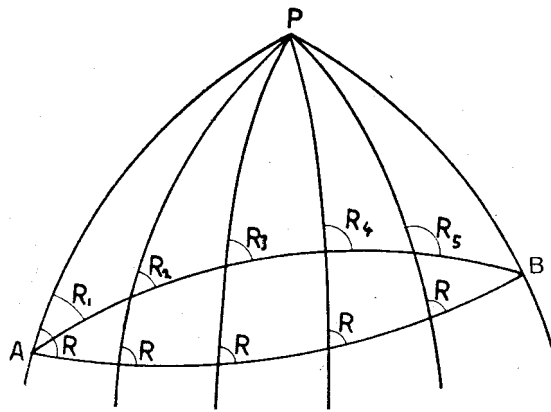
- La carta marina deriva dalla *proiezione cilindrica centrale*, della quale la carta di Mercatore non è che una derivazione.
- In questa carta le ?? sono rappresentate senza alcuna alterazione
- La proiezione cilindrica centrale non è isogonica.
- La carta marina si ottiene dalla proiezione cilindrica centrale modificando in questa la legge di rappresentazione delle latitudini.



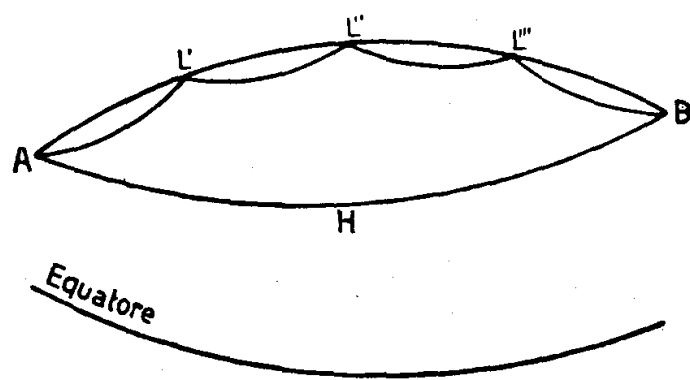
- La nave che naviga da un punto ad un altro della superficie terrestre con un angolo costante con tutti i successivi meridiani che incontra percorre una linea che ha il nome di *lossodromia* (rombo obliquo).
- Immaginando di prolungare indefinitamente una lossodromia passante per un punto corrispondente ad un certo angolo R_v si nota che essa tende ad avvicinarsi sempre più ai poli, avvolgendosi come una spirale attorno ad essi, ma senza mai raggiungerli. Possiamo spiegare in modo elementare perchè tale linea non possa passare per un polo riflettendo sul fatto che la sola direzione con la quale si può raggiungere un polo è quella del meridiano, corrispondente ad $R'' = 0^\circ$ (polo Nord) o $R'' = 180^\circ$ (polo Sud); mentre la lossodromia considerata è vincolata alla condizione di formare con tutti i meridiani un angolo costante diverso da tali valori. Si dice che i poli sono punti *asintotici* o *asintoti* delle lossodromie.

- La navigazione presenta *due problemi fondamentali*:
 - 1) Date le coordinate f, λ di un punto A di partenza, la rotta lossodromica R seguita dalla nave e la lunghezza m dell'arco di lossodromia da essa percorso, trovare le coordinate f', λ' del punto B nel quale viene a trovarsi la nave.
 - 2) Date le coordinate f, λ di un punto di partenza A , le coordinate f', λ' di un punto di arrivo B , trovare la rotta lossodromica R ed il cammino lossodromico m fra i due punti.

La risoluzione del primo problema della navigazione lossodromica può essere effettuata con due procedimenti: un procedimento matematicamente esatto o un procedimento approssimato con la formula del parallelo medio



- L'arco di lossodromia che unisce due punti A e B della superficie sferica non rappresenta la più breve distanza fra di essi.
- La linea più breve che su tale superficie unisce due punti è l'arco di circolo massimo $< 180^\circ$ che rappresenta il più breve percorso fra il punto di partenza A e il punto di arrivo B.
- L'arco di circolo massimo congiungente due punti A e B della sfera taglia tutti i meridiani secondo angoli diversi, R_1 R_2 , R_3 , ecc.; perciò una nave che volesse seguirlo rigorosamente sarebbe costretta a *cambiare rotta continuamente*.



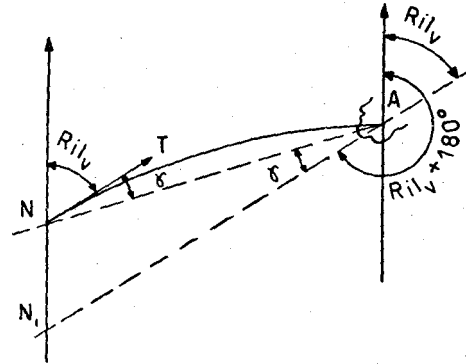
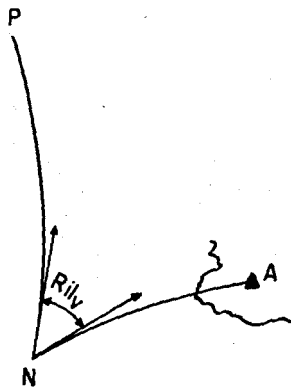
- In pratica, volendo navigare secondo il più breve percorso, si segue non il vero e proprio circolo massimo AB , ma una linea $A L', L' L'', L'' L'''$.
- Questo tipo di navigazione si dà il nome di *navigazione ortodromica*
- L'arco di circolo massimo che unisce due punti si trova sempre, rispetto all'arco di lossodromia, dalla parte del polo dell'emisfero nel quale i due punti sono situati.

- Nella navigazione *costiera* la determinazione della *posizione* della nave si risolve mediante osservazioni di oggetti terrestri. Ogni osservazione ha lo scopo di fornire una *linea di posizione*, ossia un luogo geometrico di punti, sul quale deve trovarsi la nave, che è formato da tutti i punti dai quali quella osservazione viene compiuta con lo stesso risultato. Dall'incontro di due o più luoghi di posizione, determinati con osservazioni simultanee od intervallate, è possibile ricavare la posizione della nave per l'istante delle osservazioni simultanee o di una delle osservazioni intervallate.

Essi sono:

- 1) *le rette di rilevamento*;
- 2) *i cerchi capaci*, o luoghi di uguale differenza di rilevamento;
- 3) *i cerchi di uguale distanza*;
- 4) *le linee batimetriche* o luoghi di uguale profondità.

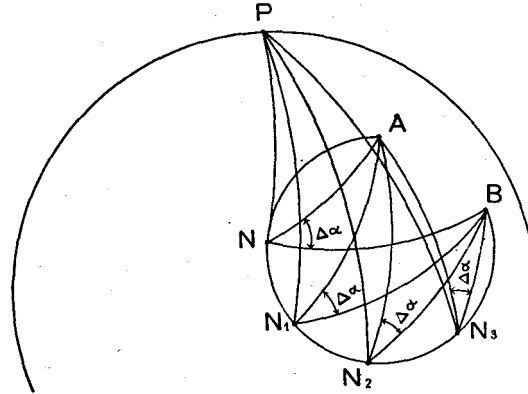
Come caso particolare dei cerchi capaci devono essere considerati gli *allineamenti*.



- Retta di rilevamento

Quando dalla nave si rileva un oggetto della costa si misura l'angolo che il piano verticale contenente la visuale diretta all'oggetto forma col piano meridiano dell'osservatore. Tali due piani intersecano la superficie della sfera terrestre secondo due cerchi massimi, e precisamente: il piano verticale secondo un circolo massimo passante per la nave e per l'oggetto, il piano meridiano secondo il meridiano della nave.

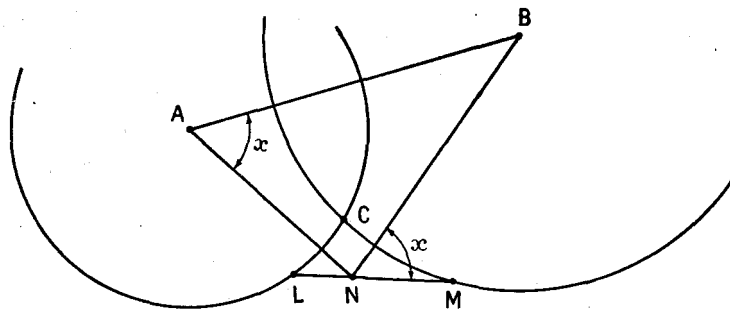
- La *retta di rilevamento* è ottenuta dalla misura del rilevamento di un oggetto costiero e formante col meridiano di questo un angolo che, espresso circolarmente, è sempre uguale al *Rilv* preso da bordo, pure espresso circolarmente, aumentato di 180° .



- Cerchio capace o luogo di uguale differenza di rilevamento.

Si ottiene mediante la differenza fra i rilevamenti di due oggetti diversi osservati dalla nave, ed è il luogo di tutti i punti della Terra dai quali i due oggetti sono osservati secondo quella stessa differenza di rilevamento.

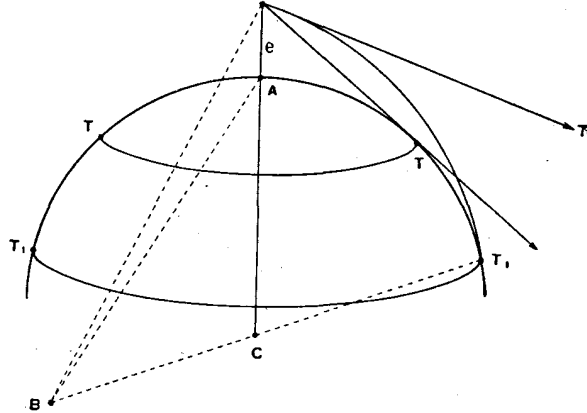
Siano A e B due oggetti qualunque osservati da un punto N secondo i rilevamenti veri P N A, PNB: i due archi di circolo massimo N A, NB condotti da N ai due oggetti formano in N un angolo sferico α che è evidentemente uguale alla differenza fra i due rilevamenti. Lo stesso angolo α è formato fra i circoli massimi condotti ad A e B da altri punti N1, N2, N3, situati tutti su una linea, passante per i punti A e B, che è luogo di uguale differenza di rilevamento.



- Il punto-nave si determina mediante l'intersezione di due o più linee di posizione ottenute da osservazioni simultanee, o mediante due o più linee di posizione rese simultanee con l'operazione del trasporto. È chiaro che la nave, dovendosi trovare simultaneamente su ciascuna di tali linee, si troverà nel loro punto di incontro.

Le combinazioni più usate sono:

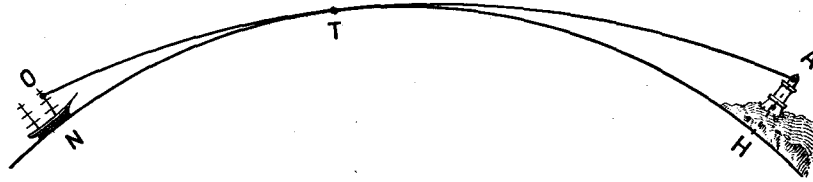
- a) punto-nave con un rilevamento ed un allineamento
- b) punto-nave con due allineamenti
- c) un rilevamento (o allineamento) ed una linea di scandaglio
- d) punto-nave con due cerchi di uguale distanza



- Distanza dell'orizzonte marino. L'osservatore situato con l'occhio in O, elevato di $AO = e$ sul livello del mare, riceverebbe i raggi luminosi provenienti da tutti gli oggetti della superficie terrestre situati entro una calotta con centro A e raggio AT se tali raggi si propagassero in linea retta.

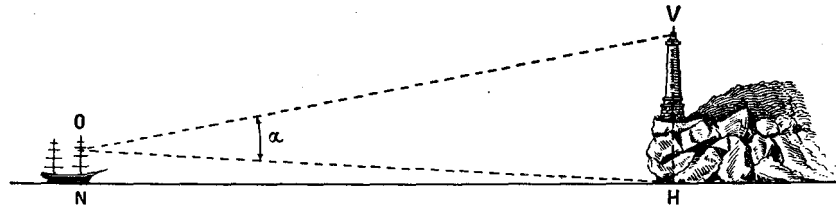
Ma a motivo della presenza dell'atmosfera e delle successive rifrazioni che subiscono in essa i raggi partenti dai punti della superficie, il percorso di tali raggi non è rettilineo, ma si compie secondo curve che normalmente rivolgono la loro concavità alla superficie terrestre.

Si ritiene che in condizioni normali della atmosfera il raggio BT1 sia eguale a 8 volte il raggio CT1 della Terra, anche se, in realtà, il rapporto fra i due raggi, dipendente dalle condizioni atmosferiche, possa assumere valori notevolmente diversi.



- Distanza di un oggetto di elevazione nota la cui sommità è vista sulla linea dell'orizzonte marino.

Quando dalla nave l'osservatore, situato con l'occhio in O elevato di $ON = e$, avvista sulla linea dell'orizzonte la sommità A di un oggetto di elevazione $AH = n$, il raggio luminoso partente da A giunge all'occhio O seguendo una curva che tangente l'orizzonte nel punto T . Tale punto rappresenta dunque il limite dell'orizzonte marino tanto per l'osservatore con l'occhio in O elevato di e , quanto per un altro osservatore con l'occhio in A elevato di n . La distanza NH fra la nave e l'oggetto è data allora dalla somma dei due archi NT e TH , ossia, dalla somma delle due distanze dell'orizzonte marino corrispondenti alle elevazioni e ed n .



- Distanza di un oggetto terrestre situato interamente dentro l'orizzonte, determinata con la misura di un angolo verticale.

Quando un oggetto, di cui è nota l'altezza h in metri sul livello del mare, è interamente visibile, ossia quando la sua base è situata dentro il limite dell'orizzonte, è possibile determinarne la distanza misurando l'angolo verticale α fra la sommità dell'oggetto ed il punto della linea d'acqua situato sul piano verticale passante per l'oggetto stesso.

An aerial photograph of a large sailing regatta. The water is filled with hundreds of sailboats of various sizes, their white sails creating a dense pattern against the blue sea. Some sails feature logos and text, such as 'BAR 2000', 'KIRK', 'KAL', 'ARTU', and '1991'. The boats are spread across the frame, with some closer to the foreground and others receding into the distance.

Corso Navigazione

- FINE PARTE I -