

Fabio Fantini | Simona Monesi | Stefano Piazzini

L'orientamento e la rappresentazione della Terra

lezione 1 › L'ORIENTAMENTO

- 1 L'orizzonte
- 2 I punti cardinali
- 3 L'orientamento di notte
 - *L'invenzione della bussola*

lezione 2 › L'INDIVIDUAZIONE DELLA POSIZIONE

- 4 Le coordinate geografiche
- 5 La latitudine
- 6 La longitudine
 - *L'orologiaio John Harrison e il problema della longitudine*
- 7 I fusi orari
- 8 La linea del cambiamento di data
- 9 L'altitudine
- 10 Le coordinate topografiche

lezione 3 › LE CARTE GEOGRAFICHE

- 11 L'approssimazione delle carte geografiche
- 12 La riduzione delle carte geografiche
 - *L'aerofotogrammetria e il telerilevamento della superficie terrestre*
- 13 La riduzione delle aree
- 14 Le convenzioni nelle carte geografiche
 - *Classificazione delle carte in base alla scala*
- 15 Le carte tematiche
- 16 Utilizzazione delle carte geografiche



Italo Bovolenta editore

1 L'orizzonte

Per l'uomo nomade e cacciatore del passato, la sopravvivenza era legata alla capacità di stabilire la posizione in cui si trovava e all'abilità nell'individuare la giusta direzione verso cui spostarsi. In altre parole, l'uomo doveva sapersi orientare. La capacità di orientamento non è una caratteristica esclusiva degli uomini: un esempio noto è quello degli uccelli migratori, che ogni anno percorrono migliaia di chilometri e si spostano da un continente all'altro senza errori di rotta (figura 1).

metti a fuoco

Orientarsi significa letteralmente «disporsi verso oriente», cioè verso la direzione da cui sorge il Sole.

Nell'uomo pretecnologico la capacità di orientamento richiedeva una acuta osservazione della natura e l'individuazione di segnali naturali di riferimento. Fin dai tempi più antichi ci si rivolse al cielo per raccogliere preziose indicazioni al fine di orientarsi nell'ambiente.

Il primo astro preso come riferimento fu il più appariscente, cioè il Sole. Il Sole sembra muoversi lungo un arco che interseca un piano immaginario al cui centro si trova l'osservatore. Poiché la vista spazia ugualmente in tutte le direzioni, qualsiasi osservatore ha l'impressione di essere al centro di un cerchio. Il cerchio è delimitato da una circonferenza coincidente con la linea in cui il cielo sembra congiungersi con la Terra. Tale circonferenza rappresenta il nostro **orizzonte** (figura 2). Il piano su cui l'osservatore si trova è definito **piano dell'orizzonte**.

In mare aperto l'orizzonte è perfettamente circolare, perché non esistono impedimenti all'osservazione. In una città la presenza di case riduce l'ampiezza della visuale. Se saliamo sul tetto di un alto palazzo, il nostro orizzonte si allarga notevolmente.

2 I punti cardinali

Sul piano dell'orizzonte gli antichi greci individuarono quattro punti fondamentali per l'orientamento, i **punti cardinali**: **nord** (N), **est** (E), **sud** (S), **ovest** (W).

metti a fuoco

Le iniziali dei punti cardinali in maiuscolo, secondo una convenzione internazionale, derivano dai nomi inglesi: *North*, *East*, *South* e *West*, da cui il simbolo W per indicare l'ovest.



figura 1 Gli uccelli migratori si spostano per lunghissimi percorsi senza perdere la rotta e ritornano di anno in anno nel medesimo luogo da cui sono partiti.

L'est è il punto da cui sorge il Sole. In realtà, *il Sole sorge esattamente a est e tramonta esattamente a ovest solo in due giorni dell'anno, agli equinozi primaverile e autunnale* (cfr. § 3.9). Nel nostro emisfero, durante la primavera e l'estate i punti da cui il Sole sorge e tramonta sono spostati verso nord, mentre nel corso dell'autunno e dell'inverno i punti da cui il Sole sorge e tramonta sono spostati verso sud.

Il momento della culminazione del Sole (cfr. § 3.6) coincide con il **mezzogiorno** del luogo. A mezzogiorno le ombre proiettate dagli oggetti sono le più corte di tutto il dì.

In Europa il Sole culmina regolarmente in direzione sud. Questo fatto rende possibile individuare uno dei punti cardinali e, di conseguenza, gli altri tre. Un metodo rudimentale, ma efficace, per trovare il nord consiste nell'infilare un paletto nel terreno e nel segnare i punti raggiunti dall'estremità dell'ombra in momenti successivi. All'aumentare dell'altezza del Sole, l'ombra diventa via via più corta, fino a raggiungere il minimo alla culminazione. Successivamente l'ombra torna ad allungarsi. La più corta delle ombre del paletto è proiettata esattamente in direzione nord (figura 3). Il sud si trova nella direzione opposta.

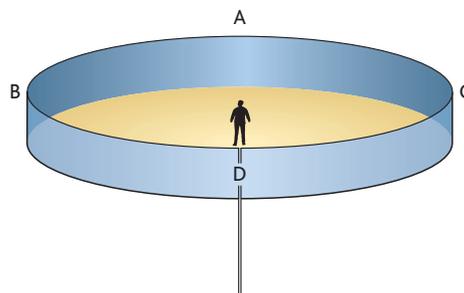


figura 2 L'orizzonte è la circonferenza che delimita l'immaginario cerchio, al cui centro è posto l'osservatore.

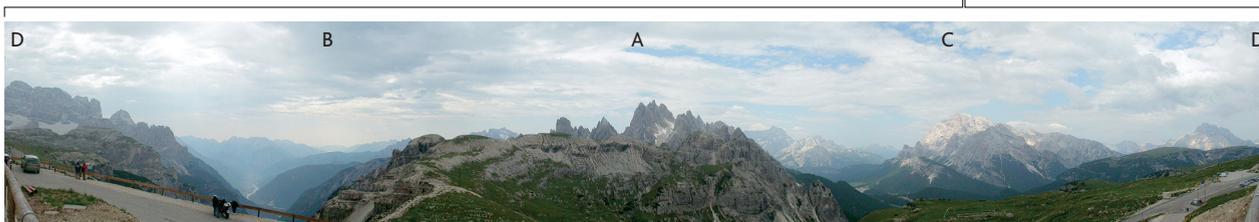


figura 3 L'ombra più corta proiettata da un paletto infisso in terra permette di determinare la direzione del nord. L'ombra più corta è proiettata alla culminazione del Sole.

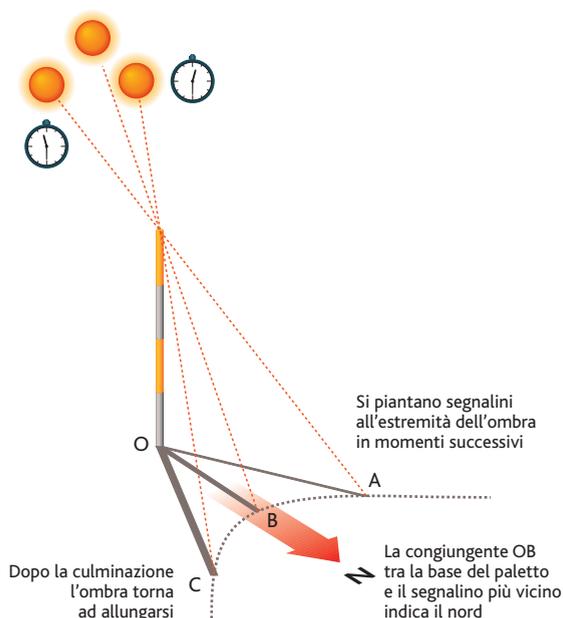


figura 4 I punti cardinali dell'est e dell'ovest sono facilmente individuabili in relazione alla direzione nord-sud. La direzione est-ovest coincide con la retta perpendicolare alla retta nord-sud.

Una volta individuata la direzione nord-sud, si trova la direzione est-ovest, che corrisponde alla perpendicolare. Ponendo le spalle verso il sud e allargando le braccia, avremo l'est in corrispondenza del braccio destro, l'ovest in corrispondenza del braccio sinistro (**figura 4**).

Il piano dell'orizzonte può essere rappresentato con un cerchio graduato suddiviso in 360 gradi. I raggi corrispondenti alle direzioni nord-sud ed est-ovest si intersecano perpendicolarmente e individuano quattro quadranti. Per convenzione, nord coincide con 0° , est con 90° , sud con 180° e ovest con 270° .

Ogni quadrante, che ha l'ampiezza di 90° , può essere suddiviso ulteriormente utilizzando la bisettrice di angoli sempre più piccoli. Per esempio, il punto intermedio corrispondente alla bisettrice del primo quadrante corrisponde a 45° e indica il punto nord-est, in sigla NE, intermedio tra il nord e l'est. Con questo metodo è possibile individuare molti punti intermedi. Ciascun punto intermedio è indicato con una specifica sigla che precisa il valore nel quadrante corrispondente. Per esempio, NNW, che si legge nord-nord-ovest, corrisponde a $337,5^\circ$. Si ottiene così una figura molto nota, la **rosa dei venti**, che collega i molteplici punti cardinali con la direzione dei venti principali che spirano nel Mare Mediterraneo (**figura 5**).

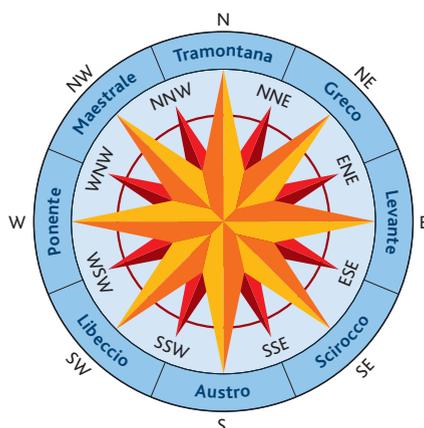


figura 5 La rosa dei venti è una rappresentazione in cui sono riportati i punti cardinali principali e quelli intermedi. I nomi dei venti sono riferiti a una posizione collocata nello Ionio centrale.

3 L'orientamento di notte

Anche per l'orientamento notturno l'uomo si avvale degli astri. Come il Sole, anche le stelle sembrano descrivere una traiettoria circolare nel cielo.

Nel cielo notturno del nostro emisfero c'è una stella, la stella Polare, che mantiene fissa la propria posizione. Poiché il moto apparente delle stelle è causato dalla rotazione della Terra intorno al proprio asse, una stella che rimane immobile nel cielo deve essere situata sul prolungamento dell'asse di rotazione della Terra. La stella Polare ha perciò una posizione coincidente con quella del polo nord nella sfera celeste.

► *Individuare nel cielo la stella Polare significa avere trovato il nord (figura 6).*

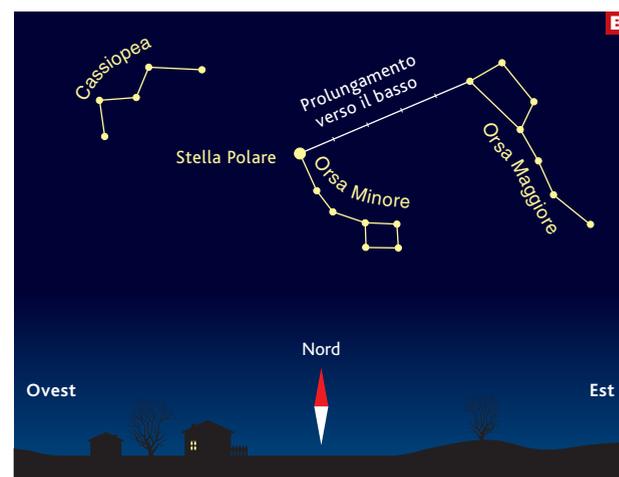
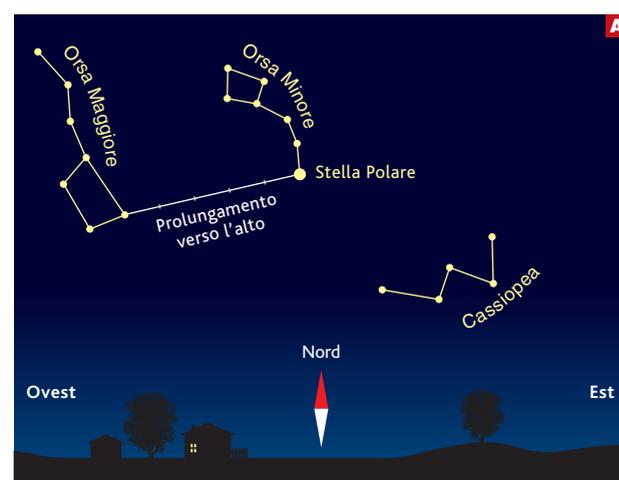


figura 6 La stella Polare si trova in un gruppo di stelle che formano la costellazione del Piccolo Carro o Orsa Minore. La stella Polare è l'ultima stella del timone del carro. Per individuare il Piccolo Carro nel cielo si sfrutta una costellazione vicina di forma simile, detta Grande Carro o Orsa Maggiore. Questa costellazione è più visibile. Prolungando idealmente per cinque volte la distanza delle ultime due stelle del carro dell'Orsa Maggiore, si arriva alla stella Polare. (A), d'estate l'Orsa Maggiore si trova a sinistra dell'Orsa Minore: il prolungamento deve essere fatto verso l'alto a destra. (B), d'inverno l'Orsa Maggiore si trova a destra dell'Orsa Minore: il prolungamento va fatto verso il basso a sinistra.

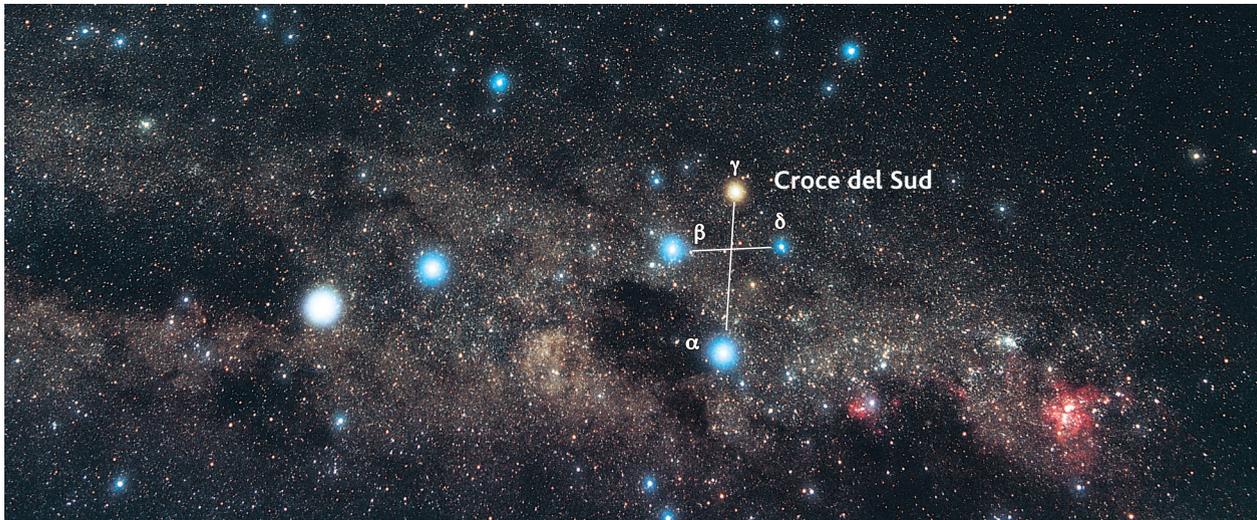


figura 7 La Croce del Sud si trova in mezzo al nastro luminoso della Via Lattea; è la più piccola costellazione visibile dalla Terra. Quattro stelle sono disposte a formare una croce. Queste quattro stelle sono indicate con lettere greche. Prolungando approssimativamente 4,5 volte la linea che è possibile tracciare idealmente dalla stella γ verso la stella α , si arriva a un punto vicino alla direzione del polo sud celeste.

Nell'emisfero sud si hanno alcune differenze per quanto riguarda i punti di riferimento. Per esempio, il punto corrispondente alla culminazione del Sole indica il nord (e non il sud come nel nostro emisfero). Di notte non si può prendere come riferimento la stella Polare per la semplice ragione che non è visibile. Il riferimento è costituito dalla Croce del Sud, una costellazione facilmente individuabile nei cieli australi (**figura 7**). A differenza di quello che accade per la stella Polare nell'emisfero boreale, la Croce del Sud non si trova esattamente nella direzione dell'asse terrestre, ma forma con essa un angolo di circa 30° . Una volta individuata la costellazione, è possibile risalire alla posizione del sud.

Ormai da molti secoli l'operazione di orientamento è facilitata dall'uso della **bussola** (**figura 8**).

La Terra si comporta come una grossa calamita, che genera un **campo magnetico**, cioè una regione in cui si avverte il magnetismo (**figura 9**). Il campo magnetico è orientato lungo la direzione che collega il **polo nord magnetico** con il **polo sud magnetico**. Se avviciniamo a una calamita un ago di ferro magnetizzato, questo si orienta in modo conforme al campo magnetico generato dalla calamita. La proprietà del ferro magnetizzato è sfruttata nella bussola. In una bussola un ago di ferro magnetizzato, libero di ruotare, è contenuto in un abitacolo. L'ago della bussola risente del campo magnetico terrestre e si dispone secondo la direzione nord-sud magnetica. La punta dell'ago della bussola che si orienta verso il polo nord magnetico è normalmente evidenziata con il colore rosso.

I poli magnetici non coincidono con i poli geografici, ma si discostano di un angolo di circa 11° . Si può perciò correggere lo scostamento angolare tra la direzione indicata dalla bussola e il polo geografico. In Italia, dove lo scostamento tra la direzione del polo magnetico e quella del polo geografico è di modesta entità, si può anche trascurare la correzione, se gli orientamenti non richiedono una particolare precisione.

Un altro problema nella bussola è l'inclinazione che l'ago ha verso il centro della Terra. Se appendiamo un ago magnetizzato a un filo osserviamo che ai poli magnetici l'ago è perfettamente verticale, all'equatore ma-

gnético è perfettamente orizzontale, nelle posizioni intermedie l'inclinazione assume angoli intermedi. In ogni bussola è inserito un correttivo che tiene conto del valore di inclinazione presente nell'area in cui la bussola sarà utilizzata. Le bussole vendute in Italia sono tarate in modo da compensare l'inclinazione che si registra nel nostro Paese. Le bussole vendute, per esempio, in Australia hanno una taratura diversa.

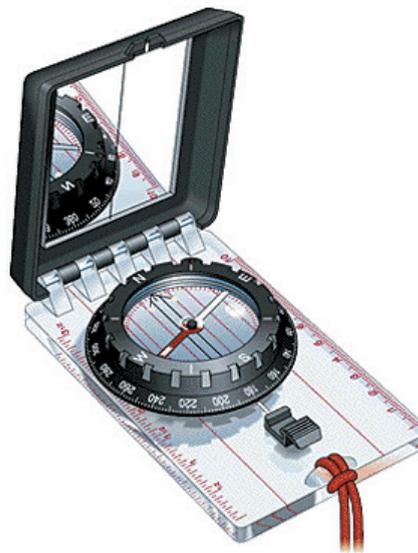


figura 8 La bussola permette di individuare il nord. In realtà l'ago magnetizzato della bussola tende a disporsi in direzione del polo nord magnetico, che non coincide con il polo nord geografico. Esistono tabelle che riportano i valori della distanza angolare tra polo magnetico e polo geografico.

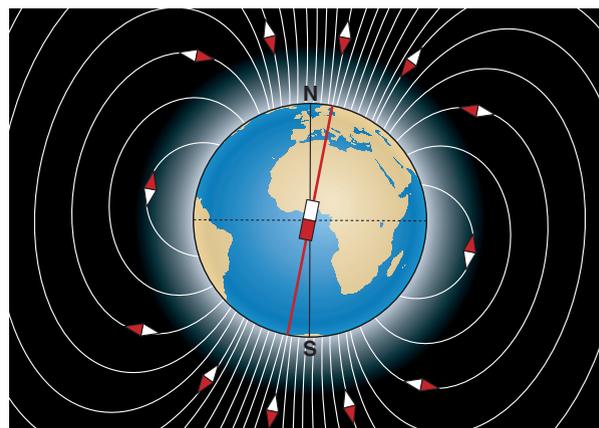


figura 9 Intorno alla Terra c'è un campo magnetico che ha origine all'interno del pianeta. Il campo magnetico terrestre assomiglia al campo magnetico che si avrebbe se al centro della Terra vi fosse una sbarra calamitata inclinata di 11° rispetto all'asse di rotazione.

documento 1

L'invenzione della bussola

La bussola ha avuto una enorme importanza nella storia dell'umanità. Prima dell'invenzione della bussola, per orientarsi si utilizzavano le stelle. La navigazione era perciò limitata ai periodi in cui prevaleva il cielo sereno, che consentiva la visione delle stelle. Nel Mare Mediterraneo la navigazione era sospesa nel periodo invernale, da ottobre ad aprile, quando le condizioni metereologiche erano caratterizzate da nuvolosità diffusa e cattivo tempo. Con l'introduzione della bussola il periodo utile alla navigazione fu esteso all'intero arco dell'anno, con notevole beneficio per i traffici marittimi. La repubblica di Venezia ebbe un grande beneficio dall'uso della bussola, perché poté intensificare i viaggi delle sue navi verso il Mediterraneo orientale. Grazie alla bussola furono possibili i grandi viaggi per nave alla scoperta di nuove terre.

La nascita della bussola è ammantata

di mistero, perché non è possibile attribuire a un inventore o a un popolo il merito della sua invenzione. I cinesi sostengono di essere stati i primi a usare un ago magnetizzato per orientarsi. Sembra, infatti, che già nel terzo millennio a.C., i cinesi avessero sui loro carri figurine in forma umana con un braccio teso orientato verso il sud, il punto cardinale più importante per i cinesi. Tuttavia, sembra che queste figurine sfruttassero principi meccanici e non risentissero del campo magnetico terrestre. È documentato, comunque, che i cinesi usassero la bussola nella navigazione intorno al 1100 d.C., più o meno nello stesso periodo in cui questo strumento era utilizzato anche nel Mare Mediterraneo e poco prima che si diffondesse anche nel Nord Europa. Le documentazioni disponibili sono tutte posteriori all'inizio dell'uso della bussola e si pensa che questo strumento fosse stato in-

ventato in epoca precedente per poi diffondersi in oriente e in occidente.

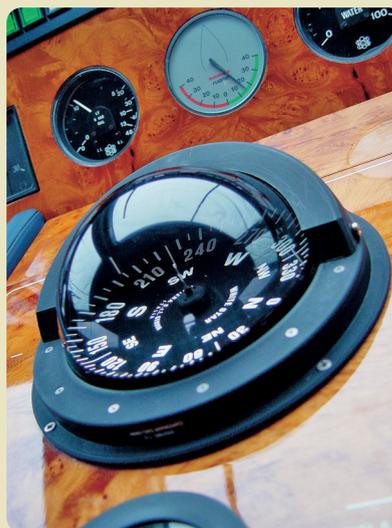
Le prime bussole erano piccole scatole di legno di bosso contenenti un ago magnetizzato legato a una canna che galleggiava sull'acqua. Successivamente fu fissato sul piano su cui l'ago poteva ruotare uno schema riprodotto della rosa dei venti. L'orientamento dell'ago magnetico è influenzato dalla presenza di ferro, cosa che iniziò a rappresentare un problema quando si cominciarono a costruire navi in acciaio. A partire dalla fine del XIX secolo, l'avvento dell'acciaio nelle costruzioni navali rese problematico l'uso delle bussole magnetiche, che sono influenzate dalla presenza di oggetti di ferro. Per dotare anche le navi di acciaio di uno strumento di orientamento, indispensabile alla navigazione, si ricorse a un tipo di bussola diverso, chiamato **bussola giroscopica**.

Le bussole giroscopiche, strumenti costituiti da un disco rotante ad alta velocità, montato all'interno di un contenitore in modo che il suo asse sia libero di orientarsi nello spazio. Sulla superficie della Terra, l'asse del disco tende a disporsi verso il polo, perché in questo modo la sua direzione rimane costante, in una condizione di minima energia potenziale. A differenza della bussola magnetica, la bussola giroscopica non solo non risente della presenza di oggetti di ferro, ma indica anche il nord geografico invece che il nord magnetico.

I nomi bussola in italiano e *boussole* in francese fanno riferimento al contenitore dello strumento. In altre lingue, spagnolo, tedesco, inglese, la bussola prende il nome di compass (dal latino *cum passus*) che indica il cerchio che si disegna con il compasso e si riferisce alla forma circolare della bussola.



In alto, un'antica bussola cinese risalente alla dinastia Han (secondo secolo a.C.). A destra una moderna bussola giroscopica, parte della strumentazione di bordo di una barca.



lezione 1 

Prima di proseguire

1. Perché il piano dell'orizzonte appare circolare, purché non ci siano ostacoli alla vista?
2. Perché il confine dell'orizzonte si amplia, se l'osservatore sale in quota?
3. Una volta che un osservatore sia orientato verso nord, di quanti gradi dovrà ruotare in senso orario per orientarsi in direzione SSO? E se invece ruotasse in senso antiorario?
4. Perché l'orientamento notturno è più agevole nell'emisfero settentrionale che in quello meridionale?
5. Come si può localizzare la stella Polare?
6. Come si possono individuare i punti cardinali, se si dispone di una bussola?
7. Quale direzione indica l'ombra proiettata da un paletto infisso al suolo in una località di media latitudine dell'emisfero sud, quando il Sole è in culminazione?
8. Come si dispone l'ago della bussola ai poli magnetici?
9. È esatto dire che l'ago della bussola indica il polo nord? Spiega brevemente la tua risposta.
10. Di una nave all'orizzonte si vede soltanto la punta dell'albero maestro. Come si potrebbe fare per osservare anche lo scafo?
11. Perché una bussola comprata in Svezia o una comprata in Argentina non sarebbe, in Italia, uno strumento attendibile?

4 Le coordinate geografiche

Per spostarsi con sicurezza in un certo territorio occorre conoscere con precisione la posizione del luogo in cui ci si trova e quella del luogo a cui si vuole giungere. L'individuazione dei punti cardinali non è sufficiente. Occorre individuare in modo preciso la posizione di ciascun luogo. Questo risultato si può ottenere ricorrendo a un sistema di coordinate che assegni a ciascun punto della superficie una coppia di valori in grado di identificarlo senza ambiguità. Si utilizzano le coordinate geografiche oppure, con un altro sistema di riferimento, le coordinate topografiche (vedi § 4.10).

Le **coordinate geografiche** sono *latitudine e longitudine* (cfr. § 3.2). Per comprendere l'uso delle coordinate geografiche facciamo ricorso a una semplice analogia con un popolare gioco da tavolo: la battaglia navale. Il giocatore, per segnalare il quadratino del campo avversario che intende «bombardare», indica due coordinate, una lettera e un numero, alla cui intersezione si trova un quadratino (figura 10).

L										
I										
H										
G										
F										
E										
D										
C										
B										
A										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Le navi disposte nel campo di battaglia sono rappresentate da aree di colore azzurro

figura 10 Il campo di gioco della battaglia navale è contrassegnato da due assi: sull'asse orizzontale sono indicati numeri, sull'asse verticale sono indicate lettere. La combinazione di una lettera e di un numero consente di individuare un solo quadrato del campo.

Nella determinazione delle coordinate geografiche si procede in modo analogo. Ogni punto della superficie terrestre è individuato da una coppia di coordinate. Poiché la superficie terrestre è una superficie sferica, le coordinate geografiche sono indicate per mezzo di angoli e non per mezzo di distanze lineari. In una sfera, infatti, la distanza tra due punti è un arco, a cui corrisponde un ben determinato angolo al centro. *La distanza angolare è la misura dell'angolo al centro che insiste sull'arco considerato.*

Ogni punto sulla superficie terrestre è identificato da una coppia di distanze angolari: la latitudine è riferita al piano dell'equatore e la longitudine al piano del meridiano di Greenwich, scelto come meridiano di riferimento. Note queste due distanze, la posizione di un qualsiasi punto della superficie terrestre è univocamente determinata. *Le coordinate geografiche sono coordinate assolute*, perché la posizione del punto è indipendente dalla posizione dell'osservatore. Infatti, il sistema di riferimento è lo stesso per qualsiasi osservatore.

5 La latitudine

La definizione di latitudine (figura 11) è la seguente:

► *la latitudine è la distanza angolare, espressa in gradi e frazioni di grado, di un punto dall'equatore, misurata dall'angolo che sottende l'arco di meridiano compreso tra il punto e l'equatore.*

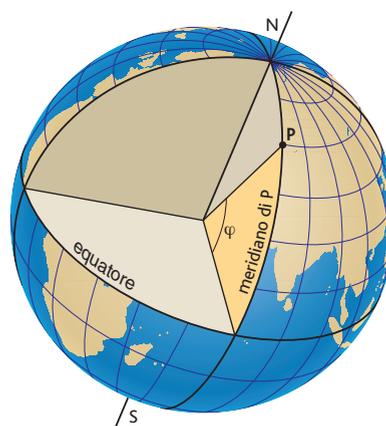


figura 11 La latitudine di un punto P della superficie terrestre corrisponde all'ampiezza dell'angolo φ (si legge fi).

Immaginiamo di trovarci sull'equatore: qual è la nostra latitudine? La risposta è piuttosto semplice: l'arco di meridiano è nullo, perché è nullo l'angolo al centro; se ci troviamo sull'equatore la latitudine è 0° .

E se ci troviamo a un polo? Anche in questo caso la risposta è semplice. Noi sappiamo che i poli si trovano sull'asse di rotazione, che è perpendicolare all'equatore. Ciò significa che tra l'asse e l'equatore c'è un arco di meridiano che insiste su un angolo al centro di 90° . Un osservatore posto a un polo ha la latitudine di 90° .

Nei punti intermedi tra polo ed equatore la latitudine ha un valore compreso tra 0° e 90° . Per precisare se ci troviamo a nord o a sud dell'equatore facciamo seguire il valore della latitudine rispettivamente dalla indicazione N oppure S.

La determinazione della latitudine non può essere effettuata direttamente. Pertanto si ricorre alla misura dell'angolo che una stella, scelta come riferimento, forma con il piano dell'orizzonte dell'osservatore.

Di notte, nell'emisfero nord, si prende in considerazione la stella Polare, di cui si misura l'altezza. *L'angolo che la stella Polare forma con il piano dell'orizzonte corrisponde alla latitudine del punto* (figura 12).

Di giorno si utilizza come riferimento il Sole. *Nei giorni equinoziali, la latitudine di un punto è l'angolo complementare all'altezza del Sole sul piano dell'orizzonte* (figura 13). Per esempio, nei giorni equinoziali il Sole è

metti a fuoco

L'angolo che una stella forma con il piano dell'orizzonte è misurabile per mezzo di uno strumento, molto usato nella navigazione, chiamato *sestante*.

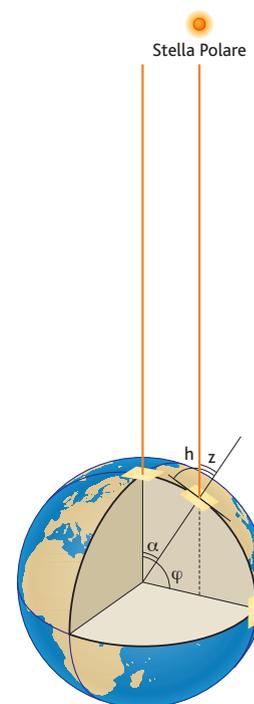


figura 12 I raggi della stella Polare, data la grande distanza, possono essere considerati paralleli tra loro. Gli angoli α e z sono congruenti e lo sono anche gli angoli loro complementari φ (latitudine) e h (altezza della stella Polare).

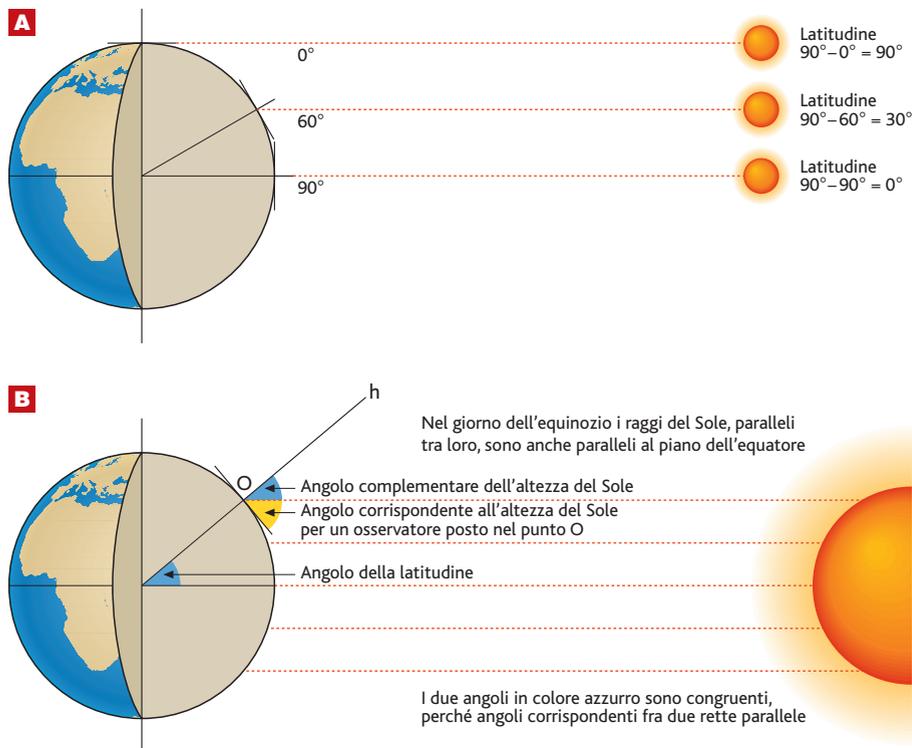
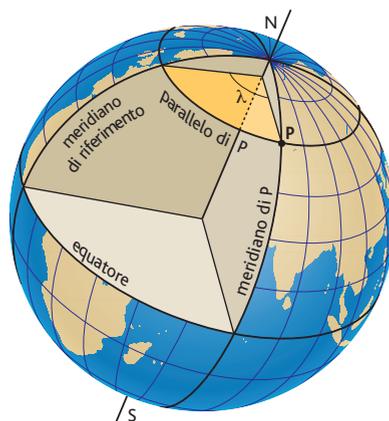


figura 13 (A), situazione agli equinozi. La latitudine è l'angolo complementare all'altezza del Sole sul piano dell'orizzonte. (B), dimostrazione geometrica della determinazione della latitudine in un giorno equinoziale.

figura 14 (a lato) La linea del meridiano di riferimento, tracciata davanti alla facciata dell'osservatorio di Greenwich. (in basso) La longitudine di un punto P della superficie terrestre corrisponde all'angolo λ (si legge lambda).



perpendicolare sul piano dell'orizzonte all'equatore: la latitudine di un punto posto all'equatore si ottiene con la seguente operazione: $90^\circ - 90^\circ = 0^\circ$, che è la latitudine del punto equatoriale. Nei giorni diversi dagli equinozi, i raggi solari non cadono perpendicolarmente all'equatore: il calcolo della latitudine richiede di tener conto dell'angolo che i raggi solari formano con il piano dell'equatore.

6 La longitudine

La latitudine da sola non è sufficiente per determinare la posizione di un punto. Per esempio, tutte le località che si trovano lungo il parallelo 50° N hanno la stessa latitudine. Oltre alla latitudine, occorre perciò conoscere anche la longitudine del punto, che indica la distanza dal meridiano scelto come riferimento, il *meridiano di Greenwich* (figura 14). La definizione di longitudine è la seguente:

► la **longitudine** è la distanza angolare, espressa in gradi e frazioni di grado, di un punto dal meridiano di riferimento, misurata dall'angolo che sottende l'arco di parallelo compreso tra il punto e il meridiano di riferimento.

La longitudine assume valori compresi tra 0° e 180° . La misurazione può essere effettuata verso est o verso ovest, rispetto al meridiano di riferimento, e occorre specificare il verso con il simbolo E oppure W.

La Terra compie una intera rotazione intorno al proprio asse in 24 ore. In questo lasso di tempo la Terra descrive un angolo di 360° . In un'ora la Terra descrive un angolo di 15° e in quattro minuti un angolo di 1° . In qualsiasi punto della superficie terrestre è possibile risalire alla longitudine conoscendo la differenza oraria tra la località e il meridiano fondamentale. Per esempio, se in una località l'ora locale è di 2 ore e 30 minuti avanti rispetto all'ora segnata a Greenwich, il calcolo per risalire alla longitudine è:

$$2^h \cdot 15^\circ/h + 30^{\text{min}} \cdot 1^\circ/4^{\text{min}} = 30^\circ + 7^\circ 30' = \text{Longitudine } 37^\circ 30' \text{ E}$$

In pratica, il calcolo della longitudine richiede un orologio regolato sull'ora di Greenwich. Nel momento in cui il Sole culmina in una località si ha il mezzogiorno locale. La consultazione dell'orologio regolato sull'ora di Greenwich consente di valutare la differenza oraria tra la località e il meridiano di riferimento e, di conseguenza, la longitudine della località.

metti a fuoco

Oggi le operazioni di determinazione delle coordinate geografiche sono affidate al GPS (*Global Positioning System*). Ventiquattro satelliti orbitanti sono coinvolti nell'invio di segnali a uno strumento posto sulla superficie terrestre. Il GPS si basa sul calcolo del tempo che impiega un segnale a percorrere la distanza tra un satellite e lo strumento ricevitore. Sono sufficienti i segnali di quattro satelliti per avere in tempo reale la posizione nello spazio del ricevitore.

Al contrario della latitudine, la determinazione della longitudine rappresentò un grande problema fino alla seconda metà del Settecento. Tutti i più grandi navigatori europei dell'era delle grandi esplorazioni si persero in mare, pur disponendo di carte nautiche ben fatte e della bussola, perché non avevano modo di determinare la longitudine durante la navigazione. Innumerevoli furono anche i naufragi dovuti a calcoli errati della longitudine. Illustri scienziati, tra i quali Galilei e Newton, si cimentarono nella risoluzione del problema della determinazione della longitudine senza ottenere risultati.

Questo problema era così importante da indurre il parlamento inglese nel 1715 a offrire una ricompensa di 20.000 sterline a colui che avesse trovato un modo semplice e praticabile per la determinazione della longitudine di una nave in mezzo all'oceano. Che il problema fosse importante lo testimonia l'entità della cifra stanziata, che corrisponde a circa 20 milioni di euro attuali. Il parlamento inglese nominò una commissione, la Commissione della Longitudine, che doveva esaminare le proposte in base a uno schema molto rigoroso.

In Inghilterra, agli inizi del XVIII secolo, prima che fosse nominata la Commissione della Longitudine, circolavano idee stravaganti per risolvere il proble-

ma della misura della longitudine. Si trattava di suggerimenti strampalati, ma davano la misura di quanto alto fosse l'interesse per la questione.

Il metodo più stravagante si basava sull'esistenza di una polvere che, dispersa sulle bende con cui era stato medicato un cane ferito, sarebbe stata capace di procurare dolore all'animale, anche se si fosse trovato a migliaia di chilometri di distanza. Sarebbe bastato, quindi, che ogni nave, prima di lasciare il porto, avesse imbarcato un cane ferito e avesse lasciato a terra i bendaggi serviti per curarlo. La capitaneria di porto avrebbe provveduto a cospargere le bende con la speciale polvere ogni mezzanotte, in modo che il cane sulla nave con un guaito di dolore avrebbe potuto segnalare che in quel momento era mezzanotte nel porto di partenza.

In teoria era noto come il problema della longitudine avrebbe potuto essere risolto: sarebbe bastato che una nave fosse dotata di un cronometro regolato sull'ora esatta del meridiano di riferimento. Il confronto con l'ora locale, determinata a mezzogiorno, avrebbe consentito di conoscere la differenza oraria e, automaticamente, la longitudine della nave. Purtroppo, a causa dei movimenti ondulatori della nave, delle variazioni di temperatura e di umidità e della differenza di gravità alle varie latitudini, gli

orologi erano poco affidabili e non consentivano un calcolo preciso.

Il primo orologio marino (figura 1) fu costruito nel 1735 da John Harrison, un giovane orologiaio autodidatta inglese. Questo orologio, chiamato H1, era molto ingombrante, ma sembrava una soluzione promettente.

Harrison si prodigò a costruire altri orologi: nel 1737 costruì H2 e nel 1741 H3, ma fu con H4, iniziato nel 1757 e completato due anni dopo, che Harrison ottenne i risultati sperati. L'orologio H4 era eccezionale non solo per la precisione, ma anche per le dimensioni: aveva un diametro di appena 12 cm (figura 2). Delle doti di questa sua «creatura» Harrison era consapevole; infatti così la descrisse:

Penso di poter dire con orgoglio che non c'è oggetto meccanico o matematico al mondo che sia più bello o interessante come costruzione di questo mio orologio o marcatempo per la longitudine.

Dal 1741 Harrison era stato economicamente sostenuto dalla Commissione, che gli aveva sempre concesso anticipi. La stessa Commissione però non riconosceva nell'H4 le caratteristiche per assegnare il premio di 20.000 sterline. Nel 1761 Harrison chiese una prova e H4 venne messo a bordo di una nave col figlio di John Harrison, William. Le condizioni del premio vennero completamente soddisfatte quando la nave raggiunse la Giamaica. H4 aveva perduto solo 5 secondi in tutto il viaggio.

Una seconda prova per H4 fu organizzata su una nave che issò le vele da Portsmouth il 28 marzo 1764. H4 perdettero solo 54 secondi in 5 mesi di viaggio. In seguito l'errore fu ridotto addirittura a 15 secondi.

Harrison, all'età di 78 anni, costruì un altro orologio, H5, per soddisfare ancora meglio le condizioni stabilite dalla Commissione. Ci volle però un intervento diretto del re Giorgio III perché gli fosse riconosciuto il premio per aver risolto il problema della longitudine.

L'orologiaio John Harrison e il problema della longitudine



John Harrison (1693-1776)

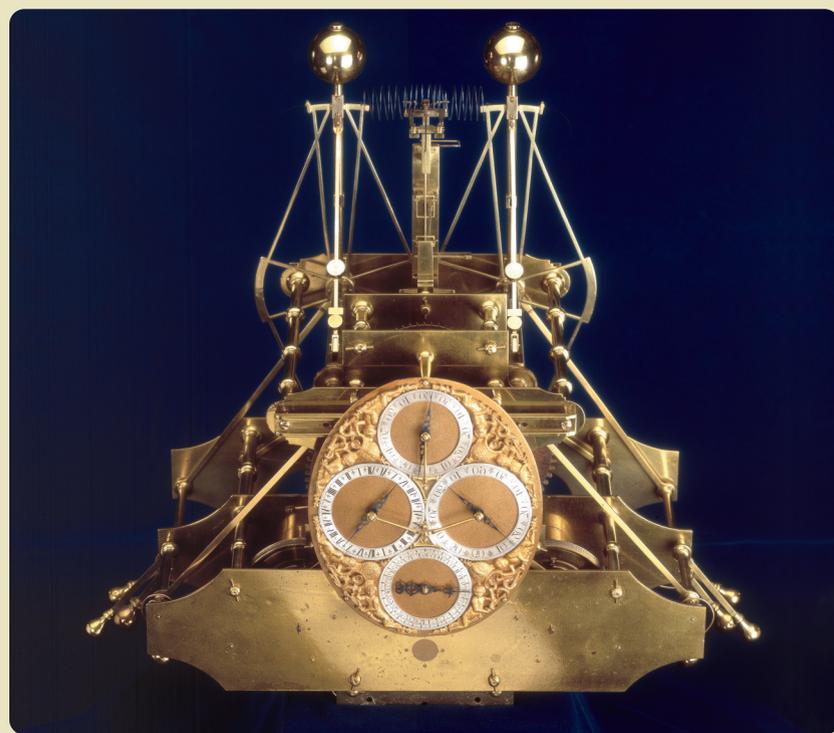


Figura 1. Il primo orologio marino costruito da John Harrison pesava 35 kg.



Figura 2. John Harrison risolse il problema della longitudine col suo cronometro, noto come H4, che misurava solo una dozzina di cm di diametro.

7 I fusi orari

Per tutti gli osservatori situati sullo stesso meridiano, la culminazione del Sole avviene nello stesso istante e il mezzogiorno è contemporaneo. Tutti questi osservatori possono regolare i propri orologi allo stesso modo.

Osservatori posti su meridiani diversi dovrebbero regolare i loro orologi su ore diverse, perché la culminazione del Sole avviene in momenti diversi. Si dovrebbe avere, perciò, un'ora diversa per ciascun meridiano. Questa situazione provocherebbe enormi difficoltà nei riferimenti orari: pensate a quanto complesso dovrebbe essere l'orario ferroviario della linea Venezia-Torino.

Per ovviare a questo inconveniente, alla fine del XIX secolo fu adottata una convenzione ancora usata. Il Sole in un'ora culmina su 15 meridiani successivi. La superficie terrestre può essere suddivisa in 24 spicchi, ciascuno dei quali comprende 15 meridiani. Ogni spicchio è un **fuso orario** (figura 4.15).

Per convenzione in ciascun fuso orario gli orologi sono regolati in modo che l'ora indicata sia ovunque quella del meridiano centrale del fuso. Il fuso orario iniziale (fuso 0) ha per meridiano centrale il meridiano passante per Greenwich. Quando il Sole culmina su questo meridiano è mezzogiorno. Gli orologi di tutto il fuso sono regolati su questo orario di riferimento.

Nelle località poste sul meridiano che si trova a 7° 30' a est di Greenwich gli orologi segnano mezzogiorno, anche se il Sole è culminato mezz'ora prima.

Gli orologi regolati su due fusi orari adiacenti differiscono di un'ora, anche se le località in cui si trovano gli osservatori distano solo pochi chilometri.

metti a fuoco
La misura ufficiale del tempo valida in tutto il mondo è il «tempo universale coordinato» UTC, fornita da decine di orologi estremamente precisi sparsi in tutto il mondo. Il tempo UTC è regolato sul Tempo Medio di Greenwich (GMT).

metti a fuoco

I confini tra fusi orari vicini coincidono per lo più con i confini degli Stati e non con le linee dei meridiani. Questo accorgimento ha lo scopo di evitare che l'ora cambi all'interno di uno stesso Paese. Esistono tuttavia eccezioni. Paesi molto estesi in longitudine, come gli USA, il Canada, la Russia, sono attraversati da più fusi orari. Altri Paesi regolano gli orologi su un fuso diverso da quello di appartenenza. Per esempio, Francia e Spagna si trovano nel primo fuso, quello di Greenwich, ma utilizzano il fuso orario di Germania e Italia a causa degli stretti rapporti che intercorrono tra questi Paesi.

8 La linea del cambiamento di data

Il meridiano 180°, detto *antimeridiano di Greenwich*, divide a metà il dodicesimo fuso e rappresenta la **linea del cambiamento di data** (figura 16). Questo nome deriva dal fatto che il suo attraversamento comporta la modifica della data del giorno, ma non dell'ora. La data deve essere arretrata di un giorno se si va da ovest a est e avanzata di un giorno se si procede in verso opposto. L'ora rimane invariata perché ci si trova sempre nello stesso fuso.

Un esempio può aiutare a chiarire il concetto. Immagina di essere in viaggio e di avvicinarti alla linea del cambiamento di data, spostandoti da ovest verso est, mentre a Greenwich sono le ore 8:00 del 16 luglio. Poiché ti trovi 12 fusi orari a est di Greenwich, il tuo orologio segna le 20:00 del 16 luglio: alle 8:00 di Greenwich hai dovuto aggiungere 12 ore. Un tuo amico nelle stesse ore si è avvicinato alla linea del cambiamento di data spostandosi, invece, da est verso ovest. Poiché egli si trova 12 fusi orari a ovest di Greenwich, il suo orologio segna le 20:00 del 15 luglio: alle 8:00 di Greenwich ha dovuto sottrarre 12 ore e in questo caso è passato alle ore 20 del gior-

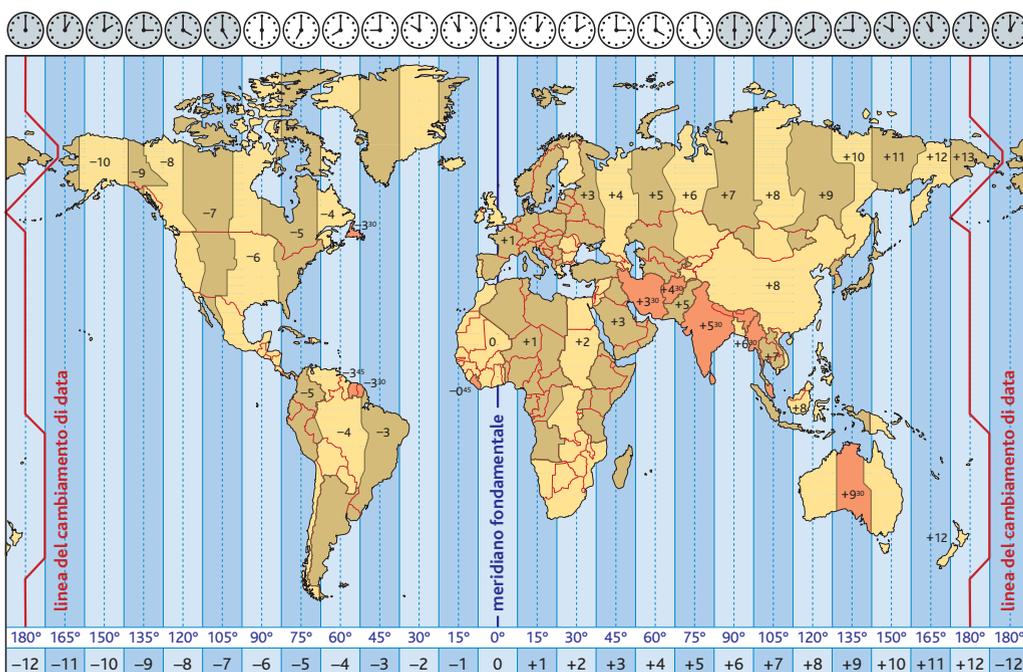


figura 15 Sulla superficie terrestre sono riportati 24 fusi orari. I limiti di alcuni fusi non seguono esattamente i meridiani, ma i confini di Stato, per evitare differenze di ora in località della stessa nazione. I numeri preceduti dai segni + o - indicano la differenza fra l'ora dei fusi e l'ora del meridiano di Greenwich.

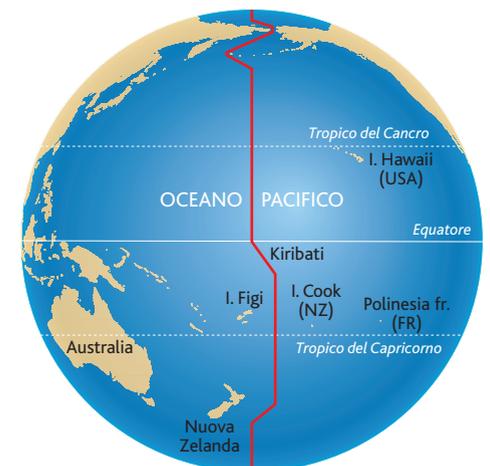


figura 16 La linea del cambiamento di data, opportunamente modificata per evitare che passi attraverso terre emerse abitate, è l'antimeridiano di Greenwich.

no 15, perché convenzionalmente il passaggio da un giorno all'altro è stato stabilito alle ore 24.

Continuando il tuo viaggio verso est, attraversi la linea del cambiamento di data: ti trovi ancora nello stesso fuso orario, per cui l'ora rimane quella segnata dal tuo orologio, ma la data è diversa e devi mettere indietro di un giorno la data del calendario. Il tuo amico, che oltrepassa la linea andando verso ovest, deve invece mandare avanti di un giorno la data del calendario, mantenendo la stessa ora.

9 L'altitudine

La posizione di un punto individuata per mezzo delle coordinate geografiche fa riferimento all'equatore e al meridiano fondamentale. In questo sistema di riferimento la superficie terrestre è considerata come la superficie di una sfera, uniforme e liscia. Nella realtà, ci sono rilievi, come le montagne e gli altipiani, e depressioni. Per avere l'esatta indicazione della posizione di un punto è opportuno conoscerne non solo la latitudine e la longitudine, ma anche l'**altitudine** o **quota**.

Spesso sui cartelli turistici e stradali, soprattutto in montagna, è riportata l'altitudine sul livello del mare.

► *Il livello del mare è la superficie convenzionale di riferimento, rispetto alla quale si misura la quota.*

10 Le coordinate topografiche

Le coordinate geografiche e l'altitudine forniscono la posizione assoluta di un punto, riferita a un sistema identico per ogni osservatore. Per conoscere invece la posizione di un punto in riferimento a uno specifico osservatore, facciamo ricorso alle **coordinate topografiche**, dette anche **polari**.

Il calcolo delle coordinate topografiche non richiede strumenti particolari: basta individuare la direzione del nord e misurare una distanza lineare e un angolo. Per trovare le coordinate topografiche di un punto è neces-

sario che il punto sia visibile. Le coordinate topografiche sono la distanza e l'azimut.

► *La **distanza** è la lunghezza del segmento che unisce l'osservatore e il punto considerato.*

L'osservatore è posto al centro dell'orizzonte e la distanza corrisponde al raggio della circonferenza, con centro nell'osservatore, che passa per il punto.

► *L'**azimut** è l'angolo compreso tra la direzione del nord la direzione del punto.*

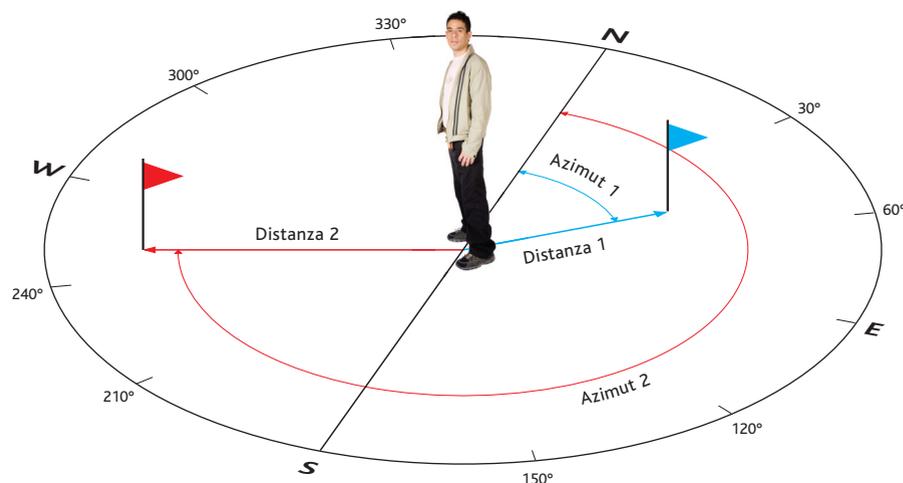
La circonferenza dell'orizzonte dell'osservatore è suddivisa in 360° . Dall'osservatore partono due raggi: un raggio coincide con la direzione del nord geografico, l'altro raggio corrisponde alla distanza; l'angolo compreso tra questi due raggi è l'azimut (figura 17). L'angolo, espresso in gradi e frazioni di grado, si misura a partire dal nord in senso orario.

Le coordinate topografiche sono coordinate relative, perché forniscono i dati della posizione di un punto in relazione all'osservatore. Se cambia la posizione dell'osservatore, cambiano anche i valori di queste coordinate. Con le coordinate topografiche un osservatore non può determinare la posizione del punto in cui si trova, ma la posizione dei punti che osserva.

figura 17 Rispetto all'osservatore, le coordinate topografiche delle due bandierine sono:

bandierina azzurra:
DISTANZA 1 = 10 m,
AZIMUT 1 = 50° ;

bandierina rossa:
DISTANZA 2 = 20 m,
AZIMUT 2 = 250° .



12. Perché le coordinate geografiche sono definite coordinate assolute?

13. Un osservatore determina l'altezza della stella Polare, che vale 39° . Qual è la latitudine dell'osservatore?

14. Perché il calcolo della longitudine richiede una lunga discussione per la scelta di un meridiano convenzionale di riferimento, mentre per il riferimento impiegato per la latitudine non ci fu alcun problema?

15. Perché la costruzione di orologi af-

fidabili fu così importante per il calcolo della longitudine?

16. Perché il calcolo strumentale della latitudine si effettua con minore difficoltà di quello della longitudine?

17. Per quale motivo l'ampiezza dei fusi orari è stata scelta convenzionalmente in 15° ?

18. Perché le coordinate topografiche sono dette coordinate relative?

19. Quali sono i punti di riferimento

usati per determinare le coordinate geografiche?

20. Quale delle coordinate geografiche indica la distanza angolare di un punto dal piano dell'equatore?

21. Qual è il punto della superficie terrestre dal quale, in qualsiasi direzione ci si muova, si va sempre comunque verso nord?

22. Per misurare l'altezza di un punto della superficie terrestre a cosa si fa riferimento?

lezione 2

Prima di proseguire

11 L'approssimazione delle carte geografiche

figura 18 In questa carta l'equidistanza è rispettata solo lungo il meridiano di Greenwich, che è l'unico rettilineo.

Fin dai tempi più antichi l'uomo ha avuto la necessità di rappresentare il territorio in cui viveva. Questa esigenza, che si è concretizzata nella costruzione delle carte geografiche, ha accompagnato lo sviluppo delle società umane e continua anche ai giorni nostri.

La definizione di carta geografica è la seguente:

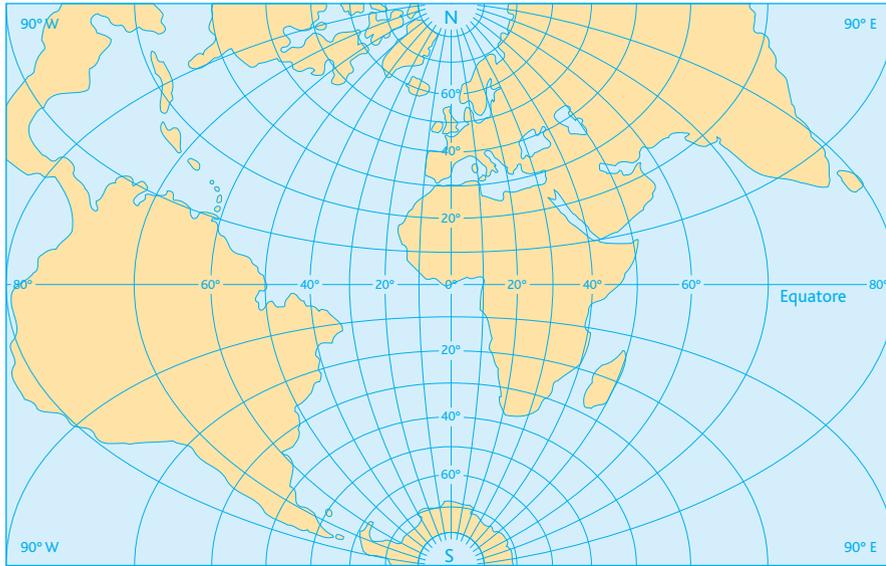


figura 19 La carta è equivalente. La distanza tra i paralleli diminuisce andando verso i poli, rappresentati non da un punto, ma da un segmento parallelo all'equatore.



figura 20 La carta è isogona. I meridiani sono rettilinei ed equidistanti. I paralleli sono rettilinei, ma non equidistanti. Le maglie che si formano sono di ampiezza diversa.

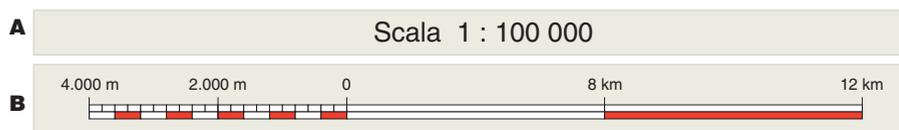


figura 21 (A), scala numerica. Il rapporto di riduzione è 1: 100.000 (si pronuncia uno al centomila). (B), scala grafica.

► **una carta geografica** è una rappresentazione approssimata, ridotta e convenzionale della superficie terrestre o di una sua porzione.

Nella definizione sono presenti tre aggettivi su cui è bene soffermarsi.

L'aggettivo *approssimata* indica che non c'è perfetta coincidenza tra la superficie reale della Terra e quella rappresentata sulla carta geografica. L'approssimazione è inevitabile perché la Terra ha una superficie curva ed è tridimensionale, mentre la carta ha una superficie piana ed è bidimensionale. È impossibile trasferire una superficie curva su un piano senza che si abbiano deformazioni. Possiamo rendercene conto facilmente se cerchiamo di fare aderire perfettamente a un piano la superficie di una palla di gomma aperta. Solo su aree molto limitate, comprese entro un cerchio di raggio inferiore a 15 km, la superficie terrestre può essere considerata piana, perché gli effetti della curvatura non sono sensibili ai fini della rappresentazione cartografica.

Esistono molti modi per costruire una carta geografica. Certe carte sono costruite in modo da mantenere costante, almeno in alcune parti, il rapporto tra le lunghezze sulla carta e quelle reali. Queste carte sono definite **equidistanti** (figura 18).

Altre modalità di costruzione delle carte consentono di mantenere la proporzionalità tra le aree della carta e le corrispondenti aree della superficie terrestre. Queste carte sono definite **equivalenti** (figura 19).

In altri casi la carta è costruita in modo che vi sia corrispondenza tra gli angoli. Queste carte sono dette **isogone** (figura 20). Sulla superficie della Terra tra meridiani e paralleli si forma sempre un angolo di 90°. In una carta isogona meridiani e paralleli si intersecano formando un angolo uguale a quello reale.

Una carta geografica soddisfa, e non sempre completamente, solo una delle condizioni precedentemente ricordate. *Non esistono carte che siano contemporaneamente equidistanti, equivalenti e isogone.* Le carte geografiche moderne sono il risultato della integrazione tra i tradizionali sistemi di costruzione delle carte con quelli che sfruttano la possibilità di fotografare da grandi altezze il territorio.

Una rappresentazione non deformata è il **globo**, che ha la medesima forma della Terra. Un globo non ha grande utilità pratica, perché è poco maneggevole e le sue dimensioni sono necessariamente molto piccole rispetto all'oggetto che rappresenta. Ciò implica che le superfici rappresentate sono così ridotte da potere fornire solo pochissime informazioni.

12 La riduzione delle carte geografiche

L'aggettivo *ridotta* indica che una carta geografica è sempre più piccola della superficie che rappresenta. L'entità della riduzione è indicata in due modi: la **scala numerica** e la **scala grafica** (figura 21).

L'**aerofotogrammetria** è una tecnica spesso impiegata per ottenere rappresentazioni molto accurate della superficie terrestre. Una macchina fotografica speciale è posta su un aereo che sorvola il territorio da rappresentare. La macchina scatta fotografie del territorio, i fotogrammi, in successione. Ogni fotogramma riprende una porzione di territorio compresa anche nel fotogramma successivo. I fotogrammi sono parzialmente sovrapponibili e, se osservati con uno strumento opportuno, forniscono una visione tridimensionale dell'area ripresa.

Dalla aerofotogrammetria si può passare alla costruzione di una carta geografica attraverso il processo di **restituzione**. Le informazioni ricavate dalla fotografia sono riportate su carta con i simboli cartografici opportuni per rappresentare convenientemente il territorio (figura 1). La carta ottenuta in questo modo è completata dalle informazioni che si ricavano da una ricognizione diretta sul terreno.

Altre tecniche fanno ricorso a strumenti più sofisticati di una macchina fotografica. Questi strumenti, chiamati **sensori**, sono montati su aerei o su satelliti artificiali. I sensori riconoscono i differenti valori di emissioni di energia provenienti dalla superficie terrestre, come ad esempio i raggi infrarossi.

Per rappresentare territori molto vasti si ricorre al **telerilevamento**. Si utilizzano in questo caso sensori montati su satelliti artificiali, che consentono di raccogliere informazioni e segnali da ampie superfici, come interi continenti. I segnali captati dai sensori dei satelliti sono inviati a centrali di raccolta, dove sono decodificati e trasformati in immagini molto spettacolari.

Benché sia stata introdotta a scopo militare, la tecnica del telerilevamento (figura 2) ha oggi applicazioni importantissime nel campo della ricerca civile. Grazie al telerilevamento si possono catalogare le risorse terrestri, prevedere i raccolti agricoli, effettuare l'analisi delle riserve idriche, individuare i giacimenti minerali ed effettuare l'inventario delle aree forestali.

Figura 2. (a sinistra) Satellite Quick Bird per il telerilevamento. Nel satellite sono montati sensori per rilevare radiazioni elettromagnetiche provenienti dalla Terra e strumenti per fotografare la superficie terrestre. (a destra). Il sito archeologico di Giza nei pressi del Cairo; si può notare l'elevata definizione della fotografia effettuata dal satellite.



L'**aerofotogrammetria** e il telerilevamento della superficie terrestre

Figura 1. La fotografia aerea è utilizzata per la costruzione di carte a grande scala. Particolari tecniche consentono la visione tridimensionale del territorio e la puntualizzazione dei dettagli. La traduzione della fotografia permette una selezione degli oggetti da rappresentare e garantisce una più immediata comprensione del territorio. Nella foto il centro storico di Trani e il porto (da Atlante Enciclopedico, Touring Club Italiano, Milano 1986).



figura 22 La scala della carta a sinistra (1:6.000.000) è la metà della scala della carta riportata a destra (1:3.000.000). L'area rappresentata in questa seconda carta è ridotta a 1/4 rispetto all'area della prima carta.



► La scala numerica indica il rapporto, espresso in numeri, tra la distanza rappresentata e quella reale.

La scala numerica è data da una frazione che ha al numeratore il numero 1 e al denominatore un numero che indica quante volte la distanza reale è stata ridotta. Ad esempio, la scala 1:100.000 di una carta geografica fornisce l'indicazione che 1 cm sulla carta corrisponde a 100.000 cm (1 km) sulla superficie terrestre.

Poiché nella scala numerica il numeratore è sempre 1, un denominatore via via più grande significa un valore sempre più piccolo. Il risultato della divisione 1:5.000 è maggiore di quello della divisione 1:10.000, che è a sua volta maggiore di quello della divisione 1:100.000. Quanto più piccolo è il denominatore, tanto più grande è la scala della rappresentazione cartografica.

► La scala grafica è costituita da un segmento, suddiviso in parti uguali, in cui sono indicate le corrispondenze con le distanze reali.

Si misura la distanza che separa due punti della carta e si riporta il segmento ottenuto sul segmento della scala grafica. Si ricava così direttamente il valore, in genere espresso in km, della distanza reale fra i due punti.

figura 23 I segni convenzionali cambiano in relazione al tipo di carta e alla scala di riduzione. (A), in una mappa di zona rurale i simboli riportano le specie di alberi e di coltivazioni presenti. (B), in una carta stradale il simbolismo dà le informazioni utili per un automobilista. Nelle carte il simbolismo usato è spesso descritto in un riquadro detto legenda.

A	
	Abeti
	Pini
	Cipressi
	Alberi da frutto
	Cedui
	Mandorli
	Olivi
	Agrumi
	Viti

B			
	Autostrade		Strada europea
	Strade di grande comunicazione		Altre strade
	Altre strade importanti		Distanze grandi e piccole (in chilometri)
	Strade di interesse regionale		Aeroporti internazionali
	Ferrovie		Monumenti antichi
	Funivie, ski-lift		Grotte
	Strade a pedaggio		Parchi nazionali
	Pendenze		Stazioni balneari
	Passi, valichi		Stazioni sciistiche
	Confini di Stato		

13 La riduzione delle aree

La scala numerica di una carta indica la riduzione delle lunghezze, ma non delle aree. La scala 1:5.000 è doppia rispetto alla scala 1:10.000 ed è quadrupla rispetto alla scala 1:20.000. Nella prima carta 1 cm corrisponde a 50 m, nella seconda corrisponde a 100 m e nella terza a 200 m. Le aree, a differenza delle lunghezze, non raddoppiano da una carta all'altra, ma quadruplicano.

Consideriamo sulle tre carte un quadrato di 1 cm di lato, la cui area è 1 cm². Nella carta 1:5.000 a 1 cm² corrispondono 2,5·10⁷ cm² (2.500 m²). Lo stesso quadrato nella seconda carta rappresenta un'area di 1·10⁸ cm² (10.000 m²) e nella terza carta un'area di 4·10⁸ cm² (40.000 m²). Il rapporto tra le aree rappresentate nelle tre carte è 1:4:16. La scala delle aree è uguale al quadrato della scala lineare. Passando da una carta con una scala a una carta con una scala doppia, l'area rappresentata diventa la quarta parte (figura 22).

14 Le convenzioni nelle carte geografiche

Analizziamo ora il terzo aggettivo usato nella definizione di carta geografica. Il termine *convenzionale* indica che sulla carta le caratteristiche della superficie terrestre non sono riportate come sono nella realtà. Se si vuole rappresentare un bosco sulla carta, non è possibile disegnare i singoli alberi che lo compongono, così come nella pianta di una città è impensabile riportare fedelmente i disegni dei singoli palazzi. In tutti i casi si ricorre al **simbolismo cartografico** (figura 23).

Una convenzione ben nota, riportata in molte carte, è il reticolato geografico dei meridiani e dei paralleli. Le maglie del reticolato geografico permettono di ricavare agevolmente le coordinate assolute di un qualsiasi punto della carta.

Quando si consulta una carta geografica è importante rendersi conto dei dislivelli presenti nel territorio. Nelle carte a piccola scala il sistema più usato fa ricorso alle **tinte altimetriche**: verde per le pianure, marrone per i rilievi, blu per i bacini acquei e bianco per i ghiacciai. Questo sistema è di lettura facile e intuitiva, ma dà indicazioni accurate solo per alcune caratteristiche.

Classificazione delle carte in base alla scala



Figura 1. (A), la pianta di una città è un esempio di carta a grandissima scala. Si possono facilmente individuare le vie e le piazze. La città rappresentata è Ancona e la scala è 1:7.000. (B), le carte topografiche sono carte a grande scala, che permettono di riportare un grande numero di dettagli. La carta rappresenta la città di Ancona alla scala di 1:25.000. (C), le carte corografiche sono carte a media scala. Il territorio rappresentato, una parte delle Marche in cui si trova Ancona, è ampio, ma si perdono i dettagli. La scala è 1:1.000.000. (D), le carte geografiche sono carte a piccola scala. Le aree rappresentate sono molto vaste. La carta riporta la parte centrale dell'Italia e la scala è 1:4.500.000.

Le carte sono classificabili in base alla scala di riduzione. Le carte a grandissima scala hanno una scala maggiore di 1:10.000. Queste carte riportano molti dettagli del territorio rappresentato. Ne fanno parte le **piante** delle città e le **mappe** delle aree extraurbane (figura 1A).

Le carte a grande scala hanno una scala di riduzione compresa tra 1:10.000 e 1:150.000. A questa categoria appartengono le **carte topografiche**, che sono

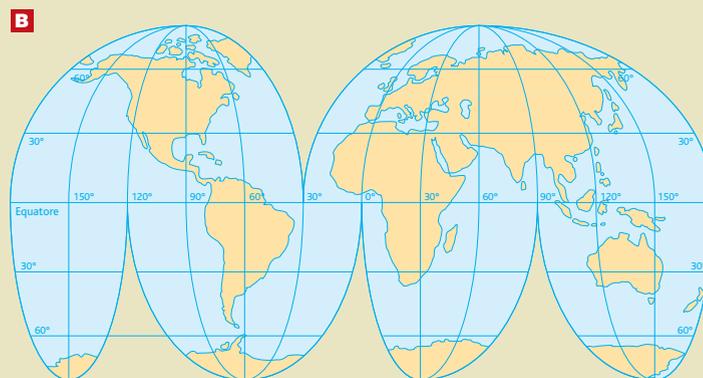
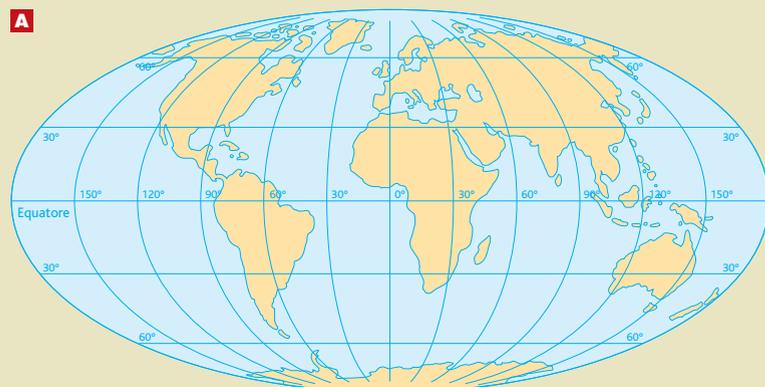
ancora abbastanza ricche di dettagli (figura 1B). Le carte a media scala hanno una scala di riduzione compresa tra 1:150.000 e 1:1.000.000. Sono dette **carte corografiche** e, generalmente, rappresentano una intera regione della Terra. Le carte stradali appartengono a questa categoria (figura 1C).

Le carte con una scala di riduzione inferiore a 1:1.000.000 sono a piccola scala e prendono il nome di **carte geo-**

grafiche. Queste carte riproducono generalmente la superficie di uno Stato o di un continente (figura 1D).

Le carte a piccolissima scala hanno come denominatore del rapporto di riduzione decine o centinaia di milioni. Fanno parte di questa categoria i **planisferi** (figura 2A), che rappresentano l'intera superficie terrestre, e i **mappamondi**, che riportano la superficie terrestre suddivisa in due emisferi (figura 2B).

Figura 2. (A), il planisfero è una carta a piccolissima scala e rappresenta l'intera superficie terrestre. (B), nei mappamondi l'intera superficie terrestre è divisa da un qualunque meridiano che separi l'emisfero occidentale dall'emisfero orientale.



Nelle carte topografiche l'andamento del dislivello è rappresentato mediante le isoipse o *curve di livello*.

► **Le isoipse** sono linee che uniscono punti aventi la stessa altitudine sul livello del mare (figura 24).

In una carta il dislivello tra le isoipse è costante ed è indicato espressamente. Se in una carta le isoipse sono molto ravvicinate, significa che il terreno ha forte pendenza: siamo in presenza di una zona accidentata. Al contrario, se le isoipse sono molto distanziate, il territorio degrada dolcemente (figura 25).

A partire dalle isoipse è possibile ricavare il **profilo altimetrico** del terreno, cioè l'andamento del dislivello. La conoscenza del profilo altimetrico è importante nella programmazione di un'escursione in montagna, perché permette di valutare le difficoltà da affrontare e di prevedere il tempo di percorrenza.

figura 24 Le isoipse si ottengono immaginando di intersecare il terreno con piani orizzontali ed equidistanti. La proiezione sullo stesso piano delle linee curve di intersezione rappresenta la variazione del dislivello.

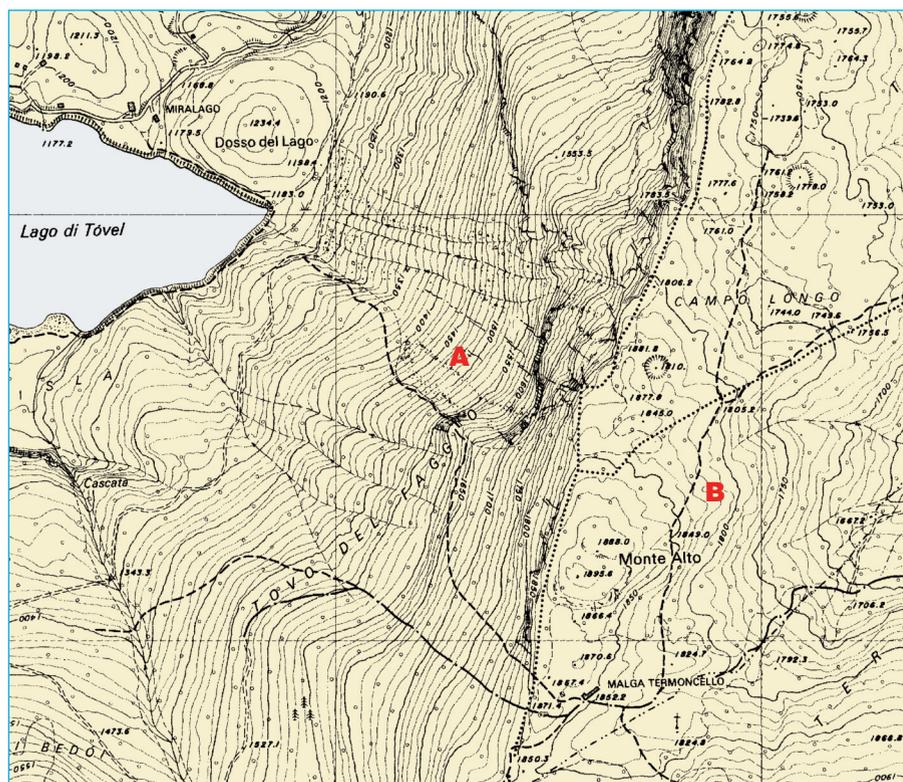
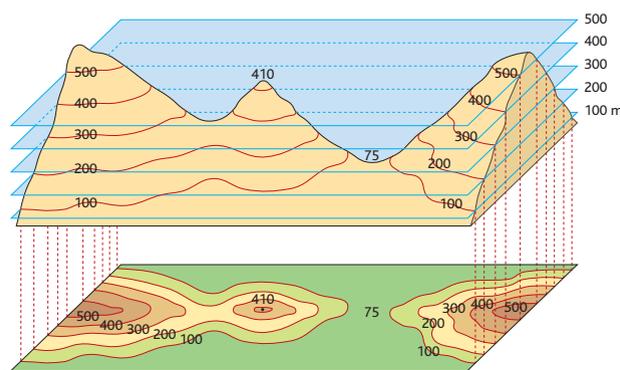


figura 25 Le isoipse della carta sono poste a 10 metri l'una dall'altra. Nel settore A il versante del Monte Alto che scende verso il Lago di Tovel è abbastanza ripido e le isoipse sono piuttosto ravvicinate. Nel settore B il pendio è più dolce e le isoipse sono distanziate. (Carta Topografica della Provincia Autonoma di Trento 1:10.000).

► **Le isobate** sono linee che uniscono punti aventi la stessa profondità sotto il livello del mare (figura 26).

Le isobate sono analoghe alle isoipse e permettono di stimare le profondità marine. La loro conoscenza rende più sicura la navigazione, perché riduce il rischio di fare incagliare le imbarcazioni in bassi fondali.

15 Le carte tematiche

Le carte geografiche non sono tutte uguali. Non cambia solamente la scala di riduzione, ma il *tema* che la carta affronta. Se vogliamo conoscere le caratteristiche politiche e amministrative di una nazione, consultiamo una carta politica, in cui sono riportate le città e i paesi, i confini della nazione, le regioni amministrative in cui è suddivisa. Non ci sarebbe di molto aiuto consultare una carta fisica, che rappresenta le caratteristiche fisiche di un territorio: i monti, i fiumi, i laghi, ecc.

Le carte che illustrano una particolare caratteristica sono dette **carte tematiche**. Le carte tematiche sono di moltissimi tipi, tanti quanti sono gli aspetti fisici, geografici, politici, sociali, economici e amministrativi che possono essere rappresentati.

Nel corso dello studio delle scienze della Terra incontreremo spesso carte tematiche, per esempio la carta dei climi, la carta delle precipitazioni e la carta geologica. Le carte tematiche sono di frequente impiegate anche per rappresentare fenomeni legati alle popolazioni umane.

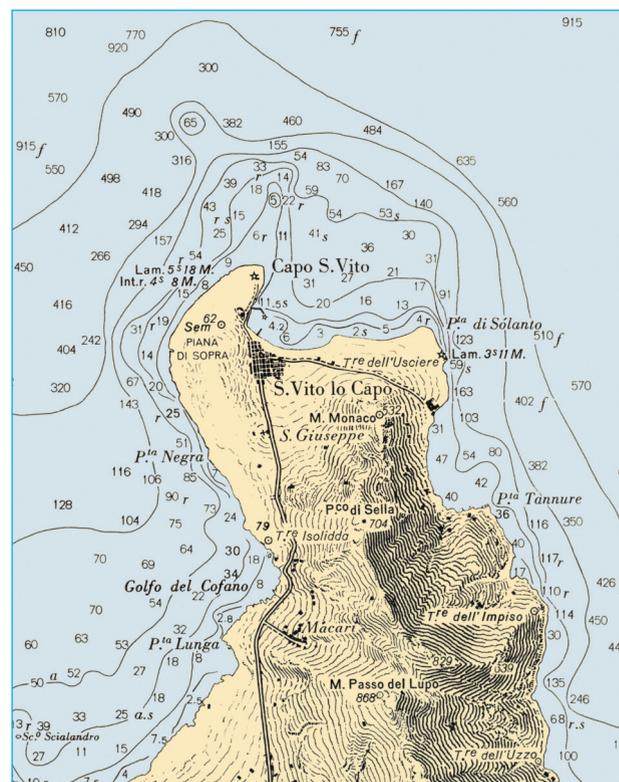


figura 26 Le isobate sono analoghe alle isoipse e individuano la profondità delle acque di mari e laghi. Isobate vicine tra loro indicano un fondale che scende molto velocemente; isobate distanziate sono tipiche di fondali che degradano dolcemente.

16 Utilizzazione delle carte geografiche

La pianta di una città ci è molto utile per sapere dove ci troviamo oppure per scegliere la strada da seguire per arrivare a un certo indirizzo. Quando viaggiamo in automobile ricorriamo spesso alla carta stradale per trovare il percorso che ci porta a destinazione.

Da una carta possiamo ricavare tutte le informazioni che ci servono, ma prima di ogni altra cosa dobbiamo orientarla correttamente.

► *Nelle carte geografiche generalmente il nord è posto in alto, cioè perpendicolarmente al lato superiore, l'est è posto a destra, il sud in basso e l'ovest a sinistra.*

Occorre perciò determinare la direzione di un punto cardinale. Ci può essere di aiuto la bussola. Individuato, per esempio, il nord, disponiamo la carta in modo che il suo nord coincida con la direzione determinata. In questo modo la carta è orientata.

Non sempre si ha a disposizione una bussola. Un altro modo di orientare la carta si basa sull'osservazione diretta. Si prende come riferimento un particolare del paesaggio che ci circonda. In una città potrebbe essere un campanile o una fontana monumentale. Si trova sulla carta lo stesso particolare e si dispone la carta in modo da avere il riferimento nella medesima direzione che rispetto a noi esso occupa nella realtà.

Una carta geografica può essere utilizzata anche per ricavare informazioni sulle distanze che separano le diverse località. Nelle carte stradali il simbolismo facilita l'operazione, perché il kilometraccio è espressamente indicato (figura 27). In altri tipi di carte non ci sono indicazioni esplicite sulle distanze, che dobbiamo ricavare attraverso il calcolo.

Sappiamo già che in ogni carta è riportata la scala di riduzione. Con un righello si individua la distanza tra due punti e la si confronta con la scala grafica della carta. La traduzione nella distanza reale è immediata. Se vogliamo utilizzare la scala numerica è sufficiente misurare la distanza in centimetri tra i due punti. Una semplice proporzione consente di tradurre la distanza della carta nella distanza sul terreno.

Immaginiamo che la scala della nostra carta sia 1:5.000. Tra due edifici la distanza sulla carta misura 7 cm. Per trovare la distanza (d) sul terreno impostiamo



la proporzione:

$$1 : 5.000 = 7 : d$$

da cui ricaviamo che:

$$d = 5.000 \cdot 7 / 1$$

Otteniamo il risultato di 35.000 cm = 350 m, che rappresenta la distanza ricercata.

Non sempre il valore della distanza ricavato dalla carta è corretto. In questo modo, infatti, otteniamo la **distanza planimetrica**, ma non la effettiva distanza reale. Se per esempio ci interessa conoscere la distanza tra Bologna e Milano, il metodo sopra descritto dà ottimi risultati, perché le due città sono alla stessa quota e il territorio che le separa è per lo più pianeggiante. Se invece le due località di cui vogliamo conoscere la distanza sono separate da un territorio con notevoli dislivelli, il problema si complica. Le differenze tra distanze planimetriche e distanze reali sono comunque poco rilevanti. È bene ricordare che nei territori montani la distanza reale è leggermente maggiore di quella planimetrica. Si tratta di una informazione utile quando si programma una escursione.

figura 27 Le carte stradali riportano la distanza, espressa in chilometri, tra le diverse località. La distanza che separa le città più importanti è compresa tra cerchietti rossi.

23. Qual è l'unica rappresentazione non deformata della superficie terrestre?

24. Che cosa indica il denominatore della scala numerica di una carta?

25. Grande scala corrisponde a maggiore o minore precisione delle misure che si possono effettuare su una carta?

26. L'Italia è rappresentata in una carta la cui scala numerica è 1 : 5.000.000.

Quanto volte la superficie reale dell'Italia è più grande di quella della carta?

27. Qual è il nome del simbolismo cartografico che fa apparire marroni i rilievi, verdi le pianure e bianchi i ghiacciai?

28. Come si chiamano le linee che uniscono i punti aventi la stessa altitudine sul livello del mare?

29. Come si chiamano le linee che uniscono i punti aventi la stessa profon-

dità sotto il livello del mare?

30. A quale tipo di carte appartengono le carte geografiche in cui sono indicate le produzioni di petrolio dei diversi Paesi produttori?

31. Dove è posto generalmente il nord nelle carte geografiche?

32. Come si chiama l'operazione che fa seguito all'aerofotogrammetria e precede la costruzione della carta?

lezione 3

Prima di proseguire

Riassunto del capitolo in forma di esercizio di riempimento. Inserisci nel brano seguente i termini mancanti in corrispondenza degli spazi vuoti. I termini mancanti sono compresi nell'elenco riportato a lato del brano. Ciascun termine che compare nell'elenco può essere usato una volta, più volte o mai.

L'..... di un osservatore è la linea immaginaria dove il cielo sembra toccare la Terra. Sul piano dell'..... si individuano i punti cardinali: nord, est, sud e ovest. La culminazione del Sole, che avviene quando il Sole interseca il meridiano....., consente di individuare uno dei punti cardinali: nel caso dell'Europa, questo punto è regolarmente il..... . Nelle ore notturne l'orientamento può essere effettuato con l'individuazione della stella Polare, che indica il..... nell'emisfero settentrionale, oppure della....., dalla cui posizione può essere individuato il sud nell'emisfero meridionale.

La posizione di un punto sulla superficie terrestre è individuata per mezzo delle coordinate geografiche o delle coordinate topografiche. Le coordinate geografiche sono coordinate....., perché il loro valore non dipende dalla posizione dell'osservatore. La..... indica la distanza angolare di un punto dall'equatore, mentre la longitudine ne indica la distanza angolare dal meridiano..... . La..... si misura determinando l'angolo che il Sole o la stella Polare formano con il piano dell'orizzonte. Per calcolare la longitudine, occorre conoscere la differenza..... tra la località e il meridiano..... .

La superficie terrestre è convenzionalmente suddivisa in 24 spicchi di ampiezza..... ciascuno, denominati fusi orari. Gli orologi di uno stesso fuso orario sono regolati sull'ora del meridiano..... del fuso. Il passaggio da un fuso orario a un altro comporta il cambiamento..... . L'attraversamento della linea del cambiamento di data comporta la modifica..... . La completa indicazione della posizione di un punto sulla superficie terrestre richiede anche la conoscenza della sua..... .

Le coordinate topografiche definiscono la posizione di un punto in relazione alla posizione dell'osservatore. La distanza è la..... del segmento che unisce..... e punto considerato. L'..... è l'angolo misurato fra la direzione del..... e quella del punto considerato.

Una carta geografica è una rappresentazione....., ridotta e..... della superficie terrestre. Tutte le carte geografiche forniscono una rappresentazione in qualche modo..... della superficie sferica del pianeta. In base alle modalità di costruzione, le carte si distinguono in equidistanti,.....,..... . La..... di una carta indica il rapporto di riduzione tra le distanze sulla carta e quelle reali. Quanto più piccola è la....., tanto maggiore è il..... del rapporto di riduzione.

Nelle carte le caratteristiche della superficie terrestre sono rappresentate mediante..... . L'altitudine è resa attraverso le tinte altimetriche e le..... . Le..... sono linee che rappresentano l'andamento dei fondali marini. Le carte..... focalizzano l'attenzione su una particolare caratteristica della superficie che si vuole rappresentare.

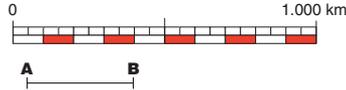
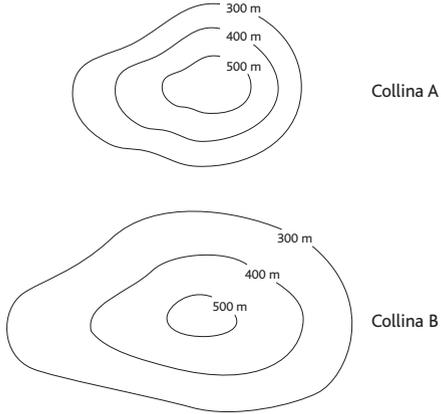
Una carta geografica fornisce molte informazioni, ma deve essere impiegata correttamente. Per prima cosa, la carta deve essere correttamente..... . La distanza tra due punti che si ricava dalla carta utilizzando la scala si definisce..... . Questa distanza non coincide con la distanza più breve tra i due punti, se tra essi ci sono sensibili..... .

Elenco dei termini:

15°, 24°, 30°, altezza, altitudine, ampiezza, angolare, approssimata, assoluta, azimut, centrale, centro, convenzionale, convenzioni, costellazione della Lira, Croce del Sud, deformata, dell'ora, della data, denominatore, dislivelli, distanza planimetrica, distanze equivalenti, est, fondamentale, ingrandita, isobate, isogone, isoipse, latitudine, locale, lunghezza, nord, oraria, orientata, orizzonte, osservatore, ovest, scala, scala numerica, simboli, sud, suolo, tematiche, temporale, tinte, zone.

 Verifica delle conoscenze e delle abilità

Domande aperte

- 1.** In quale momento del giorno le ombre sono più corte? In quale momento sono più lunghe? Perché le due risposte non possono essere ugualmente precise?
- 2.** Con quale velocità angolare la Terra effettua il moto di rotazione? Perché questa velocità può essere sfruttata per calcolare la longitudine di una località?
- 3.** Perché, quando si dispone di un orologio regolato sull'ora di Greenwich, occorre attendere il mezzogiorno locale per effettuare la determinazione della longitudine?
- 4.** L'ombra proiettata da un paletto è più lunga alle 14:00 o alle 16:00? Spiega brevemente la tua risposta.
- 5.** Per indicare la latitudine di New York è sufficiente indicare che è 42°?
- 6.** Descrivi una situazione in cui due osservatori hanno stessa latitudine e stessa longitudine, ma non si trovano nello stesso posto.
- 7.** Alle 13:00 del 22 ottobre passo nel fuso orario immediatamente più a est. Come devo modificare il mio orologio? Successivamente nello stesso fuso orario oltrepasso anche la linea del cambiamento di data. Come devo modificare il mio calendario?
- 8.** Perché i fusi orari sono 24?
- 9.** Perché la superficie laterale di un cilindro o di un prisma si può rappresentare senza approssimazioni, mentre per la superficie di una sfera ciò è impossibile?
- 10.** Cita tre diversi esempi di carte tematiche.
- 11.** Se un abitante di una cittadina in riva al mare volesse calcolare esattamente la distanza tra la sua abitazione e la spiaggia con l'uso di una carta, quale tipo di carta dovrebbe usare?
- 12.** La distanza lineare è uguale alla distanza planimetrica? Spiega brevemente la tua risposta.
- 13.** Perché nell'equipaggiamento di un escursionista, assieme alle carte dei luoghi da visitare, è sempre presente una bussola?
- 14.** Indica perché le scritture seguenti sono errate:
– latitudine 95° W;
– latitudine 180° S;
– longitudine 80° N;
– longitudine 190° E.
- 15.** Lo scostamento angolare tra la direzione del nord geografico e la direzione indicata dall'ago della bussola varia con la posizione dell'osservatore. Ritieni che questo scostamento sia maggiore in Italia oppure in Inghilterra oppure in Somalia? Giustifica la tua risposta.
- 16.** Nella foto in basso, ripresa nei pressi dell'Osservatorio Astronomico Europeo costruito sulle Ande in Cile, sono state indicate con puntini gialli le stelle della costellazione della Croce del Sud. Un metodo usato per facilitare l'individuazione del sud nei cieli meridionali consiste nel prolungare il segmento che unisce le due stelle più distanti della Croce del Sud fino a intersecare un secondo segmento, tracciato perpendicolare alla congiungente le due stelle della costellazione del Centauro indicate con puntini verdi. Individua la posizione del sud nella foto. Sei in grado, dopo avere determinato la posizione del sud, di stimare a quale latitudine si trova l'Osservatorio?
- 
- 17.** Uno dei motivi che portarono alla scelta del meridiano di Greenwich come meridiano fondamentale fu che l'antimeridiano, corrispondente alla linea del cambiamento di data, passa in pieno oceano, lontano da terre emerse. Sai spiegare perché questa caratteristica è così importante?
- 18.** Come potrebbe orientarsi un viaggiatore perso nel deserto in pieno giorno, senza alcun oggetto di cui osservare l'ombra?
- 19.** In quale posizione del cielo vedrebbe la stella Polare un osservatore posto esattamente al polo nord? In quale posizione la vedrebbe un osservatore posto esattamente all'equatore?
- 20.** Dove si trova il punto le cui coordinate geografiche sono: latitudine 0°; longitudine 0°?
- 21.** Un campo di pallavolo è lungo 18 m e largo 9 m. La lunghezza è l'asse x del piano di riferimento e la larghezza l'asse y. L'origine degli assi coincide con uno dei vertici del campo. Quali sono le coordinate lineari del centro del campo?
- 22.** Due città hanno entrambe longitudine 30° E. Posso affermare che si trovano alla stessa distanza lineare dal meridiano di Greenwich?
- 23.** Al telegiornale di mezzogiorno ho sentito due notizie in diretta:
- gli abitanti di New York si sono appena svegliati sotto la neve;
 - la borsa di Tokyo ha chiuso in ribasso.
- Posso concludere che gli abitanti di New York dormono fino a tardi e che i giapponesi hanno una giornata lavorativa molto breve? Spiega brevemente la tua risposta.
- 24.** Un giapponese decide di passare le vacanze in California. Parte il 3 agosto con l'aereo e, quando arriva in California dopo avere attraversato l'Oceano Pacifico (e la linea del cambiamento di data), si accorge che lì è il 2 agosto. Ha guadagnato un giorno in più di vacanze? Spiega brevemente la tua risposta.
- 25.** La distanza tra due città in una carta la cui scala numerica è 1 : 1.000.000 è 10 cm. Quanto distano nella realtà le due città?
- 26.** Sulla carta la cui scala grafica è riportata in basso, qual è la lunghezza effettiva della distanza che nella carta è rappresentata dal segmento AB?
- 
- 27.** Il pendio degrada più dolcemente nella collina A o nella collina B? Spiega brevemente la tua risposta. Le due rappresentazioni sono alla stessa scala.
- 

 Verifica delle conoscenze e delle abilità

Domande a scelta multipla

28. Nella giornata del 21 marzo, in quale delle seguenti località il Sole sorge prima?

- A Roma;
- B Brindisi;
- C Torino
- D Parigi.

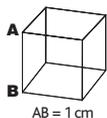
29. Mentre incrocia il meridiano fondamentale, un osservatore posto su una nave misura l'altezza della stella Polare in 60° . Quali sono le coordinate geografiche della nave?

- A latitudine 60° S; longitudine 0° ;
- B latitudine 60° N; longitudine 0° ;
- C latitudine 0° ; longitudine 60° E;
- D latitudine 0° ; longitudine 60° W.

30. Dei quattro luoghi di cui di seguito sono fornite le coordinate, uno solo può essere in Italia. Quale? Spiega brevemente la tua risposta.

- A latitudine 42° S / longitudine 15° E;
- B latitudine 42° N / longitudine 15° E;
- C latitudine 42° S / longitudine 15° W;
- D latitudine 42° N / longitudine 15° W.

31. La figura rappresenta un cubo in scala 1 : 8.

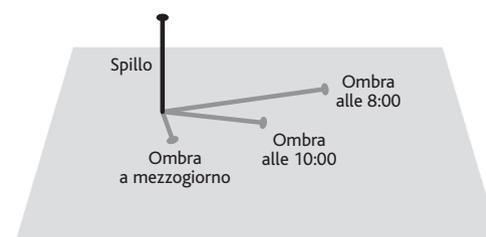
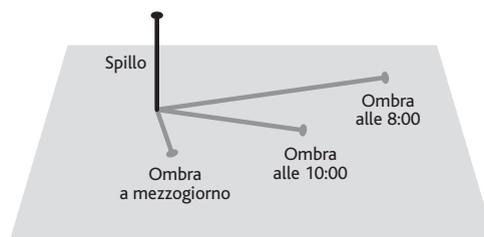


Calcola la lunghezza dello spigolo (L), l'area della superficie totale (S) e il volume (V) del cubo, di cui la figura è una rappresentazione. Successivamente, sapendo che nella rappresentazione lo spigolo è lungo 1 cm, calcola la superficie totale (s) e il volume (v) del cubo come se fosse rappresentato in scala 1 : 1. Quale delle seguenti serie di rapporti è quella esatta?

- A $L/l = 8$; $S/s = 8$; $V/v = 8$;
- B $L/l = 8$; $S/s = 8^2$; $V/v = 8^3$;
- C $L/l = 8$; $S/s = 80$; $V/v = 800$;
- D $L/l = 8$; $S/s = 16^2$; $V/v = 24^3$.

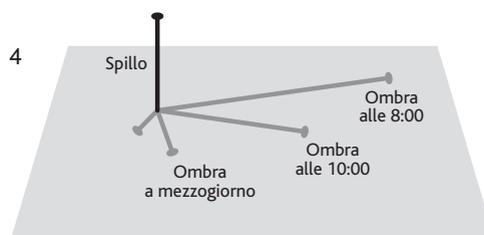
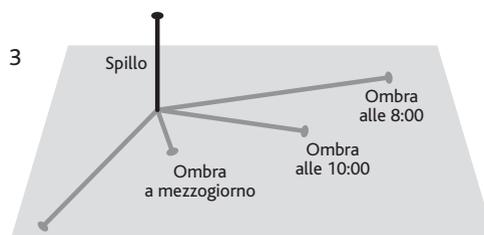
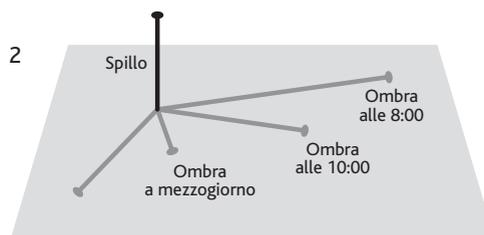
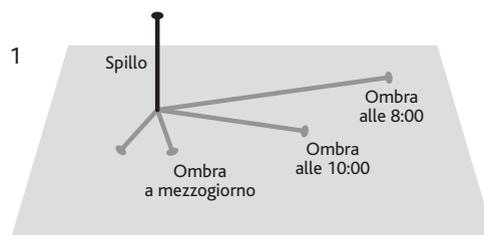
32. Le scale di tre carte sono: 1 : 5.000.000; 1 : 7.000; 1 : 20.000. Esse sono nell'ordine:

- A una carta geografica, una carta topografica e una pianta;
- B una carta topografica, una carta geografica e una pianta;
- C una carta geografica, una pianta e una carta topografica;
- D una pianta, una carta topografica e una carta geografica.



33. Lo schema in alto rappresenta uno spillo appuntato verticalmente su una superficie di cartoncino rigido. Il cartoncino è posto all'aperto in posizione esposta al Sole. L'esperimento è stato effettuato in una località italiana il giorno del 21 marzo. Quale dei diagrammi seguenti meglio rappresenta l'ombra gettata dallo spillo alle 14:00?

- A 1;
- B 2;
- C 3;
- D 4.



34. Lo schema in alto rappresenta un esperimento identico al precedente, condotto nella stessa località, ma effettuato nella giornata del 21 giugno. Le differenze rispetto ai risultati ottenuti il 21 marzo sono imputabili al fatto che:

- A l'orbita apparente percorsa dal Sole cambia da una stagione all'altra;
- B la distanza del Sole dalla Terra varia con le stagioni;
- C il 21 giugno è in vigore l'ora legale, che invece non è in vigore il 21 marzo;
- D l'intensità dell'insolazione è maggiore il 21 giugno rispetto al 21 marzo.

35. Due carte hanno le stesse dimensioni. La scala numerica della prima è 1 : 250.000, quella della seconda è 1 : 1.000.000. L'area geografica rappresentata dalla prima carta rispetto a quella rappresentata dalla seconda è:

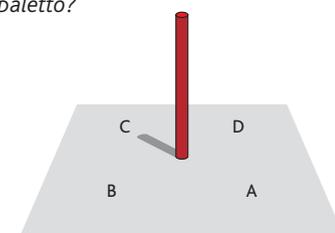
- A 4 volte più piccola, ma con più particolari;
- B 16 volte più piccola, ma con più particolari;
- C 4 volte più grande, ma con meno particolari;
- D 16 volte più grande, ma con meno particolari.

36. Un aereo parte dalla località A che si trova nel fuso orario +2 rispetto a Greenwich e impiega 7 ore per giungere in una località che si trova nel fuso orario -5. Se l'aereo parte da A alle ore 18:00, qual è l'ora locale quando arriva nella località B?

- A 15:00;
- B 18:00;
- C 20:00;
- D 17:00.

37. Il diagramma in basso mostra l'ombra gettata a mezzogiorno da un paletto infisso verticalmente nel terreno in una località italiana. Quale numero indica la direzione dell'ovest rispetto al paletto?

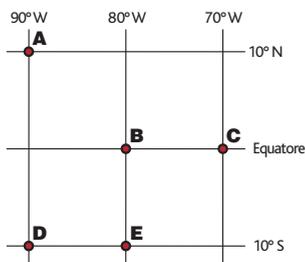
- A 1;
- B 2;
- C 3;
- D 4.



Verifica delle conoscenze e delle abilità

38. Lo schema in basso mostra latitudine e longitudine di cinque osservatori sulla superficie della Terra. Qual è l'altezza della stella Polare sull'orizzonte per l'osservatore indicato con la lettera A?

- A 0°;
- B 10°;
- C 80°;
- D 90°.

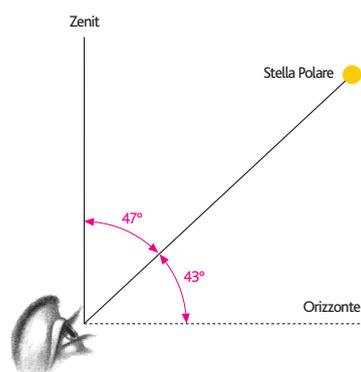


39. Sempre in riferimento allo schema precedente, quale coppia di osservatori vede il Sole in culminazione nello stesso istante?

- A A e C;
- B B e C;
- C B e E;
- D D e E.

40. Il diagramma in basso mostra un osservatore sulla Terra mentre misura l'altezza della stella Polare. Qual è la latitudine di questo osservatore?

- A 43° N;
- B 43° S;
- C 47° N;
- D 47° S.

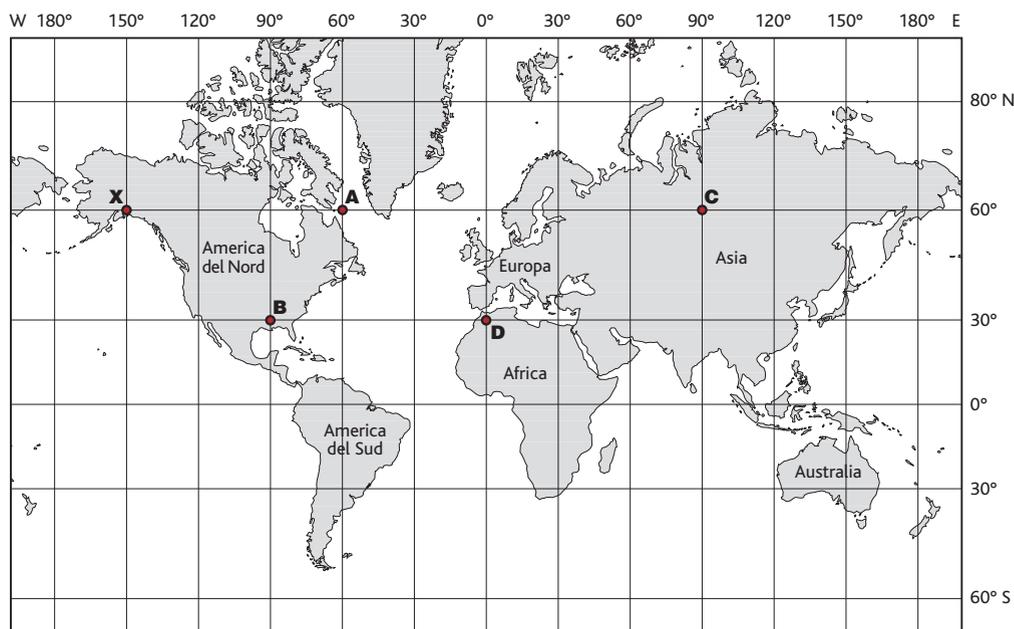


41. A quale direzione della rosa dei venti corrisponde l'angolo di 180°?

- A E;
- B SE;
- C S;
- D SW.

42. Il planisfero disegnato in basso ha in evidenza cinque località, contrassegnate con le lettere A, B, C, D, X. L'ora solare è basata sulla posizione del Sole. Se nella località X l'ora solare corrisponde alle 13:00, in quale località l'ora solare corrisponde alle 17:00?

- A A;
- B B;
- C C;
- D D.



43. I piloti degli aerei spesso indicano la direzione dell'orizzonte facendo riferimento al quadrante dell'orologio, con il mezzogiorno («ore 12») che coincide con il nord. In quale direzione guarderà un pilota a cui sia stato segnalato un ostacolo in direzione «ore 10»?

- A SSW;
- B SW;
- C W;
- D NNW.

44. Osserva la figura 4.15. Quando a Roma sono le 20:00, che ore sono a Lima, la città capitale del Perù?

- A le 17:00;
- B le 16:00;
- C le 15:00;
- D le 14:00.

45. Mosca si trova nel fuso orario + 4. Che ore sono a Mosca, quando a Roma sono le 16:40?

- A 13:40;
- B 12:40;
- C 19:40;
- D 20:40.

46. Un esploratore dotato di bussola deve raggiungere una località il cui azimut è 90°. Quale angolo si deve formare tra la direzione indicata dall'ago della bussola e la direzione del percorso seguito dall'esploratore?

- A 0°;
- B 45°;
- C 90°;
- D 180°.

47. Perché la carta topografica dell'intero territorio italiano, in scala 1 : 25.000, è costituita da molti fogli invece che da un unico foglio?

- A in un unico foglio non sarebbe possibile indicare tutti i dettagli necessari per classificare la carta come topografica;
- B in un unico foglio la superficie totale della carta sarebbe troppo grande per renderne possibile l'utilizzazione pratica;
- C la superficie rappresentata avrebbe un raggio maggiore di 15 km, limite oltre il quale la superficie curva della Terra non è più assimilabile a un piano;
- D non esistono rilevamenti aerofotogrammetrici che abbraccino contemporaneamente l'intero territorio italiano.