

# DISPENSA SCIENZE DELLA TERRA



## INDICE

### Modulo ORIENTARSI SULLA TERRA

<b>Unità Didattica 1: La Terra</b>	<b>pag. 2</b>
<b>Unità Didattica 2: I moti terrestri</b>	<b>pag. 4</b>
<b>Unità Didattica 3: L'orientamento con gli astri</b>	<b>pag. 8</b>
<b>Unità Didattica 4: Latitudine e longitudine</b>	<b>pag. 11</b>

#### *PREREQUISITI IN ENTRATA:*

*Conoscere la struttura del Sistema Solare*

#### *COMPETENZE IN USCITA:*

*Essere in grado di descrivere, rappresentare, spiegare le caratteristiche del pianeta Terra, dei punti di riferimento per orientarsi e delle coordinate geografiche.*

## Unità Didattica 1: La Terra

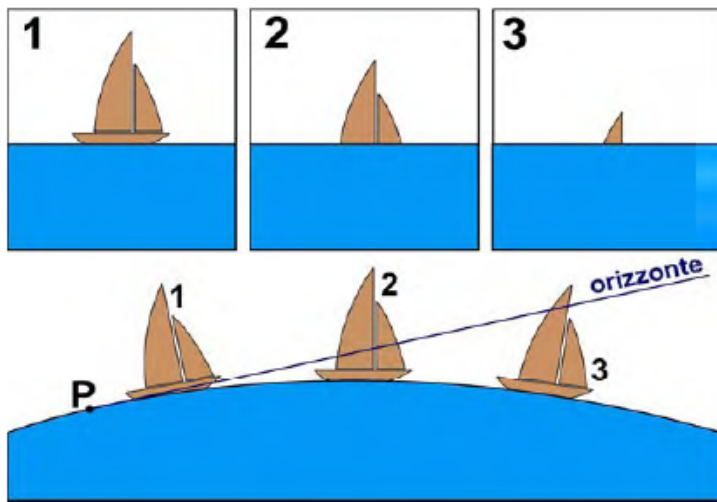
### OBIETTIVI

Conoscere la forma e le dimensioni della Terra

La Terra non è una sfera perfetta e compie due movimenti principali, di **rotazione** e **rivoluzione**, che, insieme all'inclinazione del suo asse, sono responsabili dell'**alternarsi** del **di** e della **notte**, della loro **diversa durata** nei vari periodi dell'anno, del succedersi delle **stagioni** e della **presenza** sul pianeta delle **zone climatiche astronomiche**.

### La forma della Terra

Già alcuni secoli prima di Cristo i pensatori greci erano giunti alla conclusione che la Terra non era piatta, ma aveva forma sferica. Varie sono le **prove** indirette a favore della **sfericità della Terra**; tra queste quella più semplice si ha guardando una nave che prende il largo. Difatti questa sembra affondare, cioè scomparire prima lo scafo e infine le vele; se la Terra fosse piatta, si osserverebbe che la nave, allontanandosi, diventa sempre più piccola, ma comunque la si vedrebbe sempre tutta intera. Purtroppo queste teorie vennero abbandonate nel medioevo e furono riprese solo con i grandi viaggi da Colombo in poi.

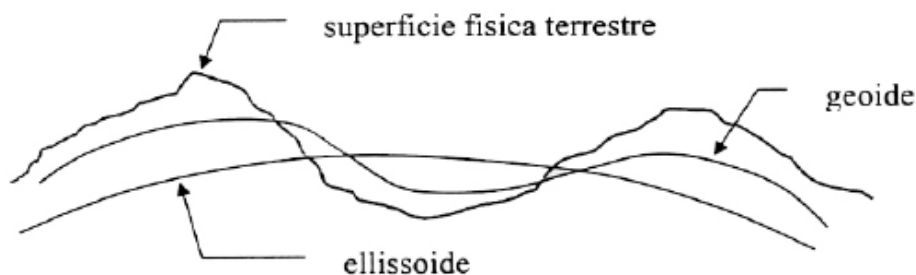


*Una prova a sostegno della curvatura della superficie terrestre è l'osservazione di una imbarcazione che gradualmente scompare all'orizzonte.*

In realtà, la Terra non è perfettamente sferica, ma presenta un sensibile rigonfiamento lungo la fascia equatoriale e uno schiacciamento in corrispondenza delle regioni polari (si tratta comunque di uno schiacciamento minimo: il raggio equatoriale supera quello polare di appena 21 km); possiamo in prima approssimazione paragonare la forma della Terra a quella di un **ellissoide di rotazione**,

solido che si genera facendo ruotare un'ellisse attorno al suo asse minore.

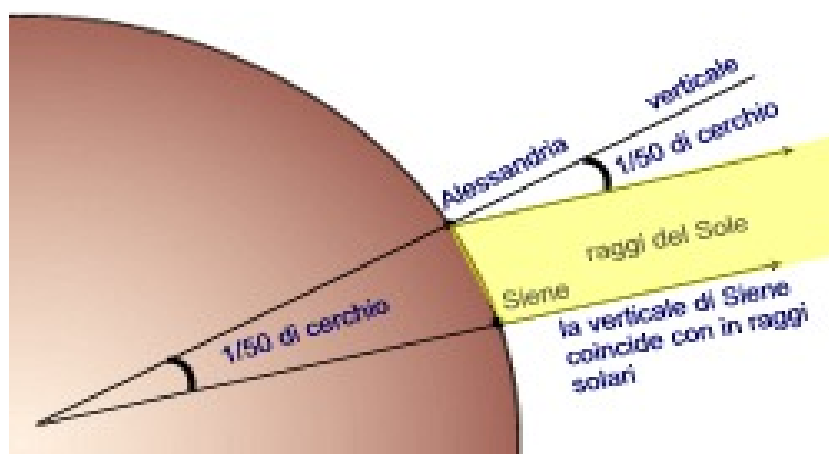
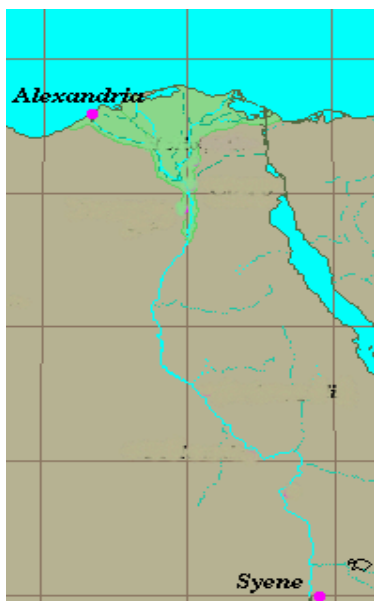
Abbiamo detto in prima approssimazione perché, in effetti, a causa della disomogenea distribuzione del materiale all'interno della Terra e della presenza di montagne e depressioni oceaniche sulla sua superficie, non si può ricondurre con precisione la sua forma a un ellissoide, bensì a un **geoide**, cioè a un solido ideale in cui la superficie è perpendicolare in ogni suo punto alla direzione del filo a piombo;



### Le dimensioni della Terra

Fin dall'antichità si cercarono di determinare le dimensioni del nostro pianeta ricorrendo a metodi semplici, che condussero comunque a risultati molto vicini a quelli ottenuti più recentemente con l'uso di strumenti assai sofisticati. Difatti la misura della circonferenza della Terra venne rilevata abbastanza esattamente nel 240 a.C. dal geografo greco Eratostene di Cirene, utilizzando alcune informazioni e qualche formula di geometria. Eratostene venne a conoscenza del fatto che nella città di Siene (in Egitto, oggi Assuan) esisteva un pozzo, nel fondo del quale una volta all'anno, il 21 giugno, a mezzogiorno si specchiava il Sole (ciò significava che in quel particolare momento il Sole era sulla verticale del luogo). Invece, ad Alessandria, che si trovava a nord di Siene, nello stesso giorno e nella stessa ora il Sole risultava inclinato rispetto alla verticale del luogo. Eratostene misurò ad Alessandria la distanza angolare del Sole dallo zenit (cioè l'angolo  $\alpha$  fra la direzione del sole e la verticale) e trovò che era un cinquantesimo di angolo giro ( $360^\circ$ ), cioè poco più di  $7^\circ$ . Conoscendo la distanza lineare tra le due città, circa 5000 stadi, con una semplice proporzione

( $360^\circ : 7^\circ = \text{circonferenza terrestre} : 50.000 \text{ stadi}$ ), stabilì quindi che la Terra dovesse essere una sfera con una circonferenza di circa 257 mila stadi, corrispondenti a 39 375 km.



Se consideriamo che **il valore reale della circonferenza terrestre lungo un meridiano**, misurato oggi con tecniche estremamente sofisticate e precise, **è pari a 40 009 km**, possiamo ritenere più che accettabile il risultato ottenuto da Eratostene (circa 1,5% di errore).

Grazie a strumenti assai perfezionati, montati a bordo di satelliti artificiali in orbita intorno alla Terra, si sono ottenute misure molto precise delle caratteristiche del nostro pianeta

## Unità Didattica 2: I moti terrestri

### OBIETTIVI

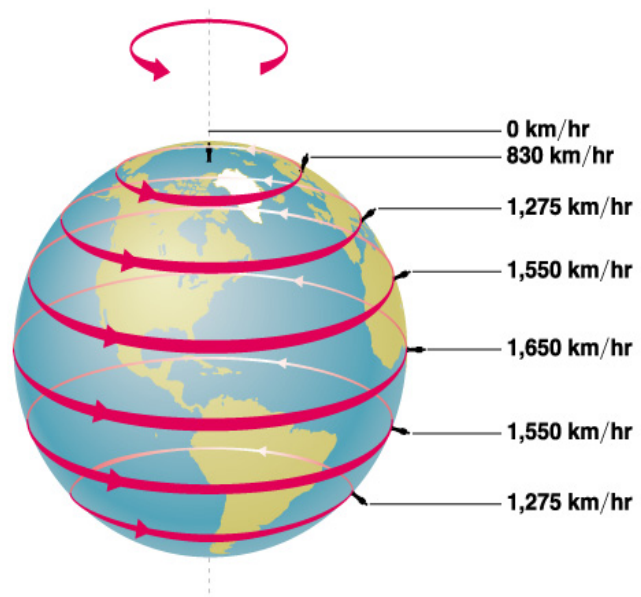
Conoscere i principali moti terrestri

La terra compie due movimenti, uno intorno al sole (movimento di rivoluzione) e l'altro intorno a se stessa (movimento di rotazione) in senso antiorario, attorno ad un asse immaginario che passa per i due poli. L'asse di rotazione è inclinato di  $66^\circ$  e  $33'$  sul piano dell'orbita terrestre.

Oltre ai **moti di rotazione** e **rivoluzione**, di cui possiamo facilmente renderci conto poiché essi sono la causa di fenomeni osservabili da tutti, la Terra compie altri movimenti, detti moti millenari, le cui conseguenze non ci sono altrettanto familiari.

### Il moto di rotazione

La Terra compie un moto di **rotazione intorno al proprio asse, da ovest verso est**, cioè in senso inverso all'apparente moto diurno del Sole e della sfera celeste. Le estremità di questo asse si chiamano poli (nord e sud). La durata del moto di rotazione è detta giorno e il suo valore dipende dal sistema di riferimento utilizzato. Il **giorno sidereo** (tempo che intercorre fra due passaggi successivi di una stella su un dato luogo della superficie terrestre) è di 23h 56m 4s, mentre il **giorno solare** (tempo che intercorre fra due passaggi successivi del Sole alla sua massima altezza sull'orizzonte di un dato luogo) è più lungo di 3m 56s e dura 24 ore. Tutti i punti della Terra compiono una rotazione completa di  $360^\circ$  in un giorno, con velocità angolare costante a tutte le latitudini, a eccezione dei poli, dove la velocità angolare è zero. Al contrario, la velocità lineare, cioè la distanza percorsa da un punto nell'unità di tempo, varia molto con la latitudine, a seconda della lunghezza della circonferenza descritta da un punto durante la rotazione (la velocità lineare è perciò massima all'Equatore e nulla ai poli). Le velocità di rotazione sono: velocità angolare =  $15^\circ$  l'ora, velocità lineare diversa a seconda della distanza del punto a cui ci riferiamo dall'asse di rotazione (circa 1700 km/h all'equatore, 0 km/h ai poli).

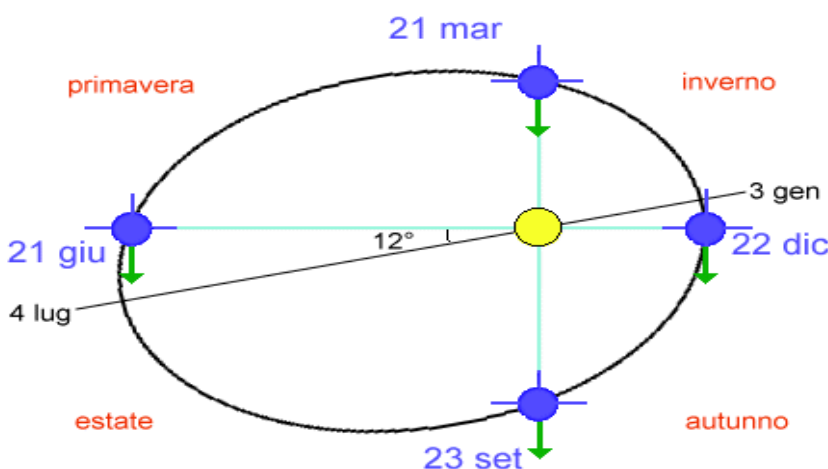


Copyright © Addison Wesley

### Il moto di rivoluzione

La Terra compie un moto di rivoluzione attorno al Sole in senso antiorario (immaginando di osservare il

moto dal polo Nord celeste), secondo un'orbita ellittica poco schiacciata (l'eccentricità dell'orbita, ovvero il rapporto tra la distanza del Sole dal centro dell'ellisse e il semiasse maggiore, è di 0,017; in una circonferenza l'eccentricità è invece uguale a zero). Ricordando la prima legge di Keplero, la **distanza massima della Terra dal Sole (afelio)** è di 152 milioni di km, mentre la **minima (perielio)** è di 147 milioni di km (in media 149,6 milioni di km). Il percorso viene



effettuato con velocità diverse (seconda legge di Keplero): al perielio la velocità è pari a 30,3 km/sec, mentre scende a 29,3 km/sec all'afelio. La durata del moto di rivoluzione è detta anno e assume valori diversi a seconda del riferimento utilizzato. L'**anno solare** (tempo che intercorre fra due successivi passaggi del Sole

allo zenit dello stesso tropico) è di 365g 5h 48m, circa 20 minuti più breve dell'**anno sidereo** (tempo che intercorre fra due successivi ritorni del Sole nella stessa posizione rispetto alle stelle), che è di 365g 6h 9m.

Osserva la tabella seguente. Per quale motivo le stagioni che vanno dall'equinozio di primavera a quello autunnale sono più lunghe delle altre due?

Primavera	92 giorni 21 ore	
Estate	93 giorni 14 ore	
Autunno	89 giorni 18 ore	
Inverno	89 giorni 1 ora	

Conseguenze dei moti della Terra

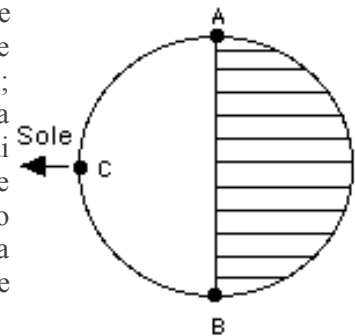
I moti di rotazione e di rivoluzione della Terra sono responsabili di alcuni fenomeni facilmente osservabili da tutti:

- l'alternarsi del dì e della notte;
- la diversa durata del dì e della notte;
- il succedersi delle stagioni.

**L'alternarsi del dì e della notte.** Il moto di rotazione terrestre, che si compie nell'arco di 24 ore, periodo a cui si dà il nome di **giorno solare**, provoca l'alternarsi del **dì** (periodo di luce) e della **notte** (periodo di buio). I raggi del Sole arrivano sulla Terra paralleli fra loro e, a causa della sfericità terrestre, in ogni momento illuminano solo la metà della superficie terrestre rivolta verso il Sole (dì), mentre l'altra metà è al buio (notte). Il circolo massimo che divide la parte rischiarata da quella in ombra è detta **cerchio di illuminazione** e si sposta continuamente durante il moto di rotazione.

**Il passaggio dal dì alla notte avviene gradualmente**, per la presenza intorno alla Terra dell'atmosfera, che diffonde, riflette e rifrange la luce solare: si originano così l'**alba** (periodo durante il quale la luce del Sole comincia a diffondersi prima che esso sia visibile sopra l'orizzonte) e il **crepuscolo** (periodo durante il quale la luce diminuisce d'intensità dopo che il Sole è sceso sotto l'orizzonte).

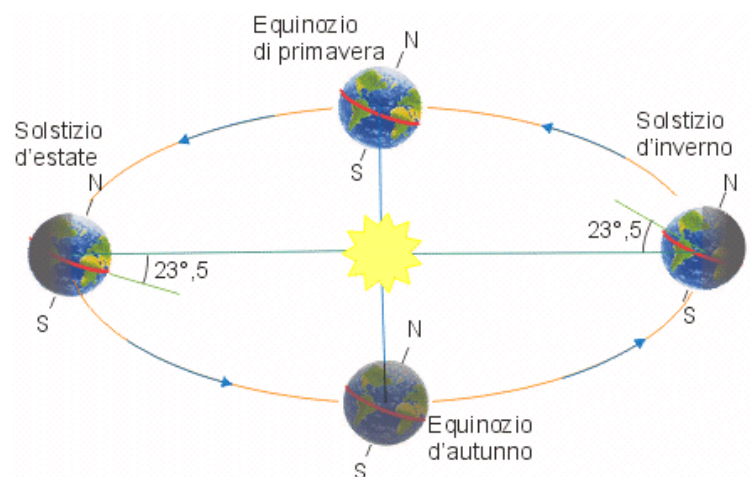
**La diversa durata del dì e della notte.** Se l'asse terrestre fosse perpendicolare al piano dell'orbita, il circolo d'illuminazione passerebbe sempre per i poli e taglierebbe esattamente in due parti uguali tutti i paralleli; quindi, per tutto l'anno e in ogni punto della Terra, il dì e la notte avrebbero la stessa durata, cioè 12 ore ciascuno. Ma, poiché l'asse terrestre è inclinato di  $66^{\circ}33'$  sul piano dell'orbita, e inoltre si mantiene parallelo a se stesso durante il moto di rivoluzione intorno al Sole, nel corso dell'anno il circolo d'illuminazione non passa sempre per i poli e ciò determina la diversa durata del dì e della notte e anche, come si vedrà di seguito, l'alternarsi delle stagioni.



### Le stagioni dell'anno

Se l'asse terrestre fosse perpendicolare all'eclittica, come disegnato qui, la posizione del Sole nel cielo sarebbe a metà strada tra i poli celesti, e il suo percorso giornaliero, visto da ogni punto della Terra, apparirebbe esattamente lo stesso, giorno dopo giorno.

Ogni punto sulla superficie terrestre farebbe un giro intorno all'asse AB una volta al giorno. All'equatore (punto C) il Sole si innalzerebbe sempre nel cielo fino a trovarsi a perpendicolo, quindi scenderebbe di nuovo fino all'orizzonte. Ai poli (A e B) sfiorerebbe sempre l'orizzonte senza alzarsi mai. Eccetto che ai poli, ogni punto della Terra sarebbe in ombra per la metà del tempo, quando si trovasse alla destra della linea AB, e sarebbe notte; l'altra metà del tempo verrebbe illuminato dal Sole, e sarebbe giorno. Poiché il moto è simmetrico rispetto alla linea AB, in ogni punto della Terra, notte e giorno sarebbero sempre uguali tra loro.



In realtà, però, l'asse di rotazione forma un angolo di  $23^{\circ} 66'$  gradi con la direzione perpendicolare all'eclittica. E questo rende la vita molto più interessante.

### Equinozi e Solstizi

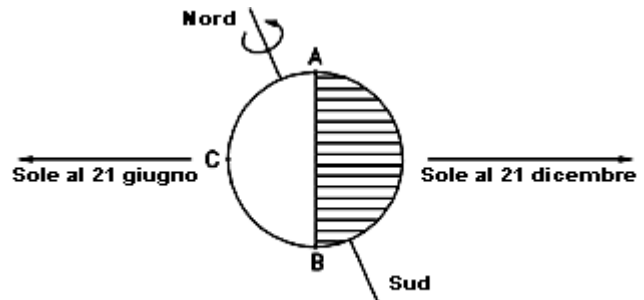
Il limite AB tra la zona illuminata dal Sole e la zona in ombra (cioè tra il giorno e la notte) è sempre perpendicolare alla linea Terra-Sole, come è mostrato nell'esempio all'inizio della pagina.



Però, a causa dell'inclinazione dell'asse, poiché ogni punto della superficie terrestre viaggia nel suo giro giornaliero insieme alla Terra che ruota, la parte del viaggio passata alla luce (la zona non tratteggiata, nel disegno) e quella passata in ombra (la zona tratteggiata) in genere sono diverse. A nord dell'equatore, il giorno è più lungo della notte, e, quando ci avviciniamo abbastanza al polo nord, non esiste più notte del tutto. Il Sole è allora sempre al di sopra dell'orizzonte e fa semplicemente un giro tutto intorno. Per quella parte della Terra è estate.

Una situazione opposta è quella che esiste a sud dell'equatore. Le notti sono più lunghe dei giorni, e più ci si allontana dall'equatore, più questa differenza si esalta, finché si arriva così vicini al polo che il Sole non sorge mai. E' questa la famosa notte polare, con 24 ore di oscurità ogni giorno. In quella metà della Terra è inverno.

Mezzo anno più tardi, la Terra si trova dall'altra parte del Sole, cioè la posizione del Sole nel disegno è sulla destra, e la parte tratteggiata della



Terra deve essere ora quella a sinistra (nella figura, la parte illuminata e quella in ombra si scambiano di posto). L'asse terrestre comunque non si è mosso, ma è sempre puntato verso lo stesso punto nel cielo, vicino alla stella polare. Ora è il polo sud ad essere immerso costantemente nella luce del Sole, mentre il polo nord è nell'oscurità. L'estate e l'inverno si sono scambiati gli emisferi.

La grande differenza tra estate e inverno è quindi nella durata del giorno. Va però notato che all'equatore non c'è differenza tra la durata del giorno e della notte, per cui, in quella zona, primavera, estate, autunno e inverno non esistono. Inoltre, i raggi del Sole colpiscono l'emisfero estivo più verticalmente rispetto all'emisfero invernale. Anche questo influisce sul riscaldamento del suolo,

Agli equinozi, la situazione è come quella del primo disegno, per cui giorno e notte hanno la stessa durata (da questo deriva la parola "equinozio").

Il 21 giugno, giorno del **solstizio d'estate**, il polo Nord è rivolto verso il Sole e il circolo d'illuminazione, tangente ai circoli polari Artico e Antartico, taglia a metà l'equatore; nell'emisfero boreale la superficie illuminata è maggiore di quella in ombra e si hanno il dì più lungo e la notte più corta dell'anno (nell'emisfero australe si hanno, invece la notte più lunga e il dì più corto. Nella zona compresa tra il Circolo Polare Artico e il polo Nord, in questo giorno il sole non tramonta e il dì dura 24 ore.

Il 21 dicembre, giorno del **solstizio d'inverno**, è invece il polo Sud a essere rivolto verso il Sole, perciò nell'emisfero boreale la superficie illuminata è minore di quella in ombra: si hanno il dì più corto e la notte più lunga dell'anno (l'opposto avviene nell'emisfero australe). Nella zona compresa tra il Circolo Polare Artico e il polo Nord, in questo giorno il Sole non sorge e la notte dura 24 ore. Tra il 21 giugno e il 21 dicembre, nell'emisfero boreale progressivamente il dì si accorcia e la notte si allunga, mentre tra il 21 dicembre e il 21 giugno si allunga il dì e si accorcia la notte (l'opposto avviene nell'emisfero australe).

In due soli giorni dell'anno, il 21 marzo, **equinozio di primavera**, e il 23 settembre, **equinozio d'autunno**, **il dì e la notte hanno la stessa durata in tutti i punti della Terra**. Infatti solo all'equatore, dunque, il dì e la notte hanno la stessa durata per tutto l'anno.

### Stagioni astronomiche e climatiche

Se il 21 Giugno è il giorno in cui riceviamo il massimo illuminamento solare, perché è considerato l'inizio dell'estate e non il suo picco? E similmente, perché il 21 Dicembre, il giorno in cui l'illuminamento è minimo, è considerato l'inizio dell'inverno e non il giorno di mezzo inverno?

La causa sta nella presenza degli oceani, che si riscaldano e si raffreddano più lentamente. Il 21 Giugno essi sono ancora freddi dal periodo invernale, e ciò ritarda il momento del massimo riscaldamento di circa un mese e mezzo. Similmente, in Dicembre l'acqua conserva ancora il calore estivo, per cui i giorni più freddi non arriveranno prima di un mese e mezzo (questo in media!).

<b>Rispondi se le affermazioni sono vere o false</b>	<b>V</b>	<b>F</b>
<i>All'equatore la durata del dì e della notte è uguale in ogni giorno dell'anno</i>		
<i>L'alternarsi del dì e della notte è dovuto al fatto che il Sole ruota attorno alla Terra.</i>		
<i>Il moto di rotazione della Terra avviene da Ovest verso Est</i>		
<i>L'alternarsi delle stagioni è dovuto al variare della distanza tra la Terra e il Sole: durante l'inverno la Terra è più distante, durante l'estate è più vicina.</i>		

### Unità Didattica 3: L'orientamento con gli astri

#### OBIETTIVI

Conoscere i sistemi per orientarsi con gli astri

#### I punti cardinali

Se osservassimo il cielo, durante il di e durante la notte per tutto l'anno vedremmo che il Sole sorge sempre approssimativamente dalla stessa direzione, che chiamerete **est**. Tramonta poi nella direzione opposta, e questa sarà l'**ovest**. Tra quei due punti, il Sole descrive un lungo arco, e viene a trovarsi nel punto più lontano dall'orizzonte a metà strada tra la levata e il tramonto, in una direzione che chiamerete **sud**. Infine, la direzione opposta al sud sarà il **nord**.

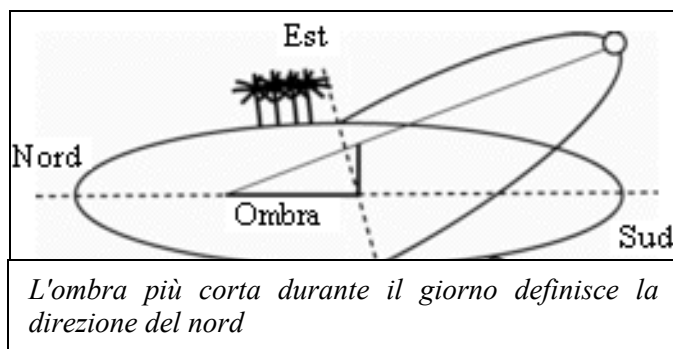
Quando il Sole è vicino all'orizzonte, o subito dopo il suo sorgere, o poco prima del tramonto, un palo o un bastone piantato verticalmente nel terreno proietta una lunga ombra. Nel punto più alto del percorso solare nel cielo, quando il Sole si trova a sud, l'ombra è la più corta. Il momento in cui questo avviene è a metà strada tra la levata e il tramonto, e lo chiamiamo mezzogiorno o meglio "mezzogiorno solare" (poiché il "mezzogiorno dell'orologio" può essere un po' diverso). Dopo mezzogiorno le ombre ricominciano ad allungarsi, e il Sole inizia la sua discesa verso l'orizzonte.

Poiché l'ombra punta sempre verso la parte opposta rispetto al Sole:

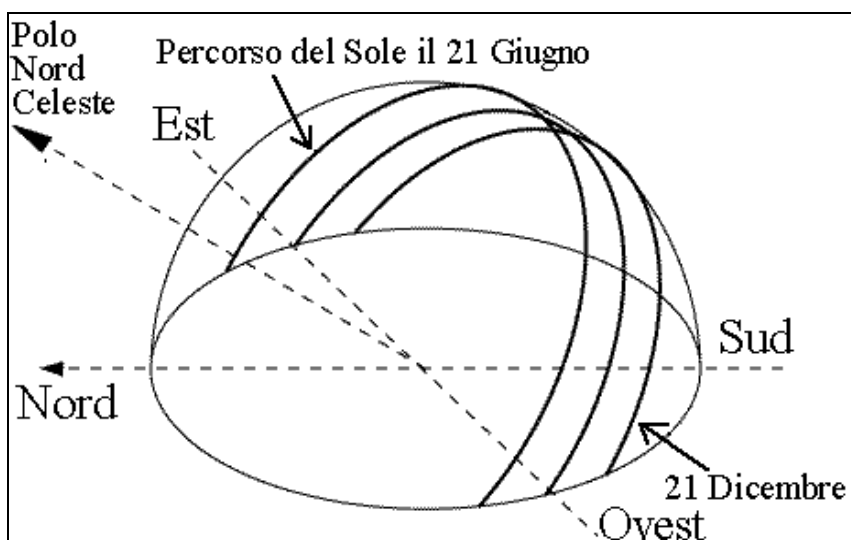
- 1) Alla levata, con il Sole ad est, punta verso ovest.
- 2) A mezzogiorno, con il Sole a sud, punta verso nord.
- 3) Al tramonto, con il Sole ad ovest, punta verso est.

Supponiate di osservare il Sole sorgere e tramontare giorno dopo giorno, vi accorgete presto che i punti dove il Sole sorge e tramonta non sono sempre gli stessi, ma si spostano giorno dopo giorno.

D'altra parte, la direzione del sud, dove il Sole raggiunge il punto "più alto" sull'orizzonte non cambia, e neppure cambia la direzione del nord, quella in cui l'ombra è la più corta della giornata. Poiché queste direzioni sono fisse, è meglio scegliere come "veri" est e ovest quelle direzioni che sono perpendicolari alla direzione nord-sud. Difatti soltanto due volte all'anno il Sole sorge e tramonta esattamente in quelle direzioni: i giorni degli equinozi.



Mentre l'autunno procede verso l'inverno, il punto della levata del Sole si sposta verso sud, come pure il punto dove il Sole tramonta. Intorno al 22 Dicembre - il "solstizio d'inverno" a metà strada tra le date degli equinozi - i punti in cui il Sole sorge e tramonta sono spostati maggiormente verso sud. Come risultato, il Sole descrive nel cielo il percorso più corto dell'anno, il di ha la durata più breve e la notte la durata più lunga: e questa è una ragione per cui il clima è più freddo d'inverno.



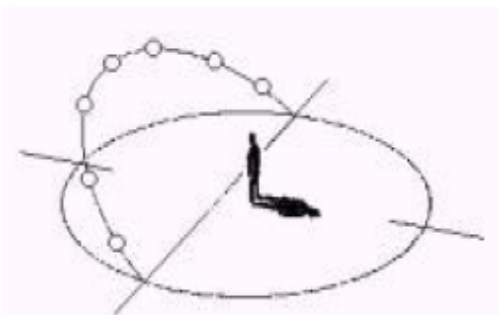
Dopo di allora i punti della levata e del tramonto del Sole riprenderanno a spostarsi verso nord, e i di diventeranno più lunghi. Questo spostamento continua anche dopo l'equinozio e il Sole sorge e tramonta nei punti maggiormente spostati verso nord. Attorno al 21 Giugno, il solstizio d'estate si ha il di più lungo dell'anno e la notte più corta. Passato questo giorno, i di ricominciano ad accorciarsi e i punti della levata e del tramonto riprendono a spostarsi verso sud. I lunghi di estivi, naturalmente, corrispondono ad un clima più

caldo d'estate.

#### Altezza del Sole

La durata del giorno non è l'unica ragione per cui l'estate è calda e l'inverno è freddo. Un'altra ragione è l'altezza del Sole sull'orizzonte. Quando il Sole è vicino all'orizzonte, non sono soltanto le ombre che si estendono su una maggiore lunghezza, ma anche l'illuminazione solare. In tale situazione, i raggi della luce solare si allungano su un'area del terreno più grande, diluendo quindi il calore che colpisce una data area. A mezzogiorno il Sole in inverno è basso nel cielo, e il suo calore è meno intenso, mentre d'estate il Sole può trovarsi quasi sulla verticale, scaldando il terreno in modo molto più efficiente.

A) Completa il disegno indicando: 1) la posizione del Sole nella situazione illustrata (colora il relativo cerchietto). 2) il verso del percorso del Sole nell'arco della giornata. 3) i punti cardinali.



B) qual è l'ora solare più probabile? \_\_\_\_\_

C) Perché? \_\_\_\_\_

### La Sfera Celeste

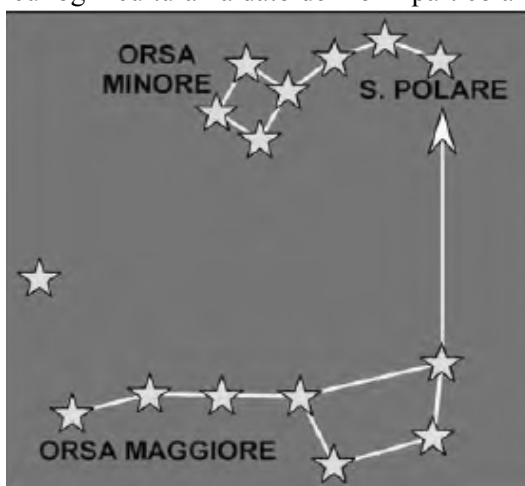
Il Sole domina il cielo diurno, ma di notte, specialmente se non c'è la Luna, sono le stelle a fare spettacolo. Deboli o luminosissime, distribuite casualmente sulla volta celeste, con formazioni strane che attraggono l'occhio, il loro numero appare enorme. Agli astronomi babilonesi sembrava come se la Terra fosse al centro di una gigantesca "sfera celeste", costellata di stelle, e questo ha favorito la credenza, durata per migliaia di anni, che noi fossimo al centro dell'universo.

Osservando le stelle durante tutta la notte, si può anche notare che quasi tutte sorgono ad est e tramontano ad ovest, rispetto all'osservatore, come fanno il Sole e la Luna. In effetti, l'intera sfera celeste sembra ruotare lentamente -un giro ogni 24 ore- e, poiché metà di questa sfera è sempre nascosta sotto l'orizzonte, questa rotazione porta costantemente nuove stelle al di sopra dell'orizzonte orientale, mentre altre scompaiono sotto l'orizzonte occidentale. Naturalmente noi sappiamo che non è l'universo che ruota attorno a noi da est verso ovest, ma è la nostra Terra che ruota, (da ovest verso est). Ma per semplicità continuiamo a parlare di "rotazione della sfera celeste" facendo "girare" il cielo nel modo in cui lo osserviamo.

La maggior parte delle stelle conservano la loro posizione reciproca le une rispetto alle altre, notte dopo notte. L'occhio tende a raggruppare le stelle secondo delle figure, chiamate costellazioni (insieme di stelle), a cui ogni cultura ha dato dei nomi particolari. I nomi che usiamo noi derivano dalle tradizioni greche e latine,

p. es. Orione, il cacciatore, accompagnato dai suoi fedeli cani, lì vicino. Altri nomi evocano animali: Scorpione, Leone, Cigno, Orsa maggiore (nota anche come il "gran carro"), ecc...

Il Sole si sposta lentamente lungo queste figure, facendo un giro completo in un anno, percorrendo sempre lo stesso cammino attraverso le stelle. Gli antichi distinguevano, lungo questo cammino, 12 costellazioni, e, poiché quasi tutte portano il nome di animali, sono anche note come lo zodiaco, il "cerchio degli animali". Il Sole trascorre circa un mese in ciascun "segno dello zodiaco". Anche la Luna si sposta lungo un percorso vicino a quello del Sole, ma impiega soltanto un mese a compiere un giro, e inoltre ci sono degli altri notevoli astri che si muovono lungo quel percorso, i pianeti. Tutti gli altri oggetti celesti sono fermi e non si muovono gli uni rispetto agli altri: essi costituiscono il "firmamento".



*Se si monta una macchina fotografica, in una notte oscura, in modo che il polo nord celeste si trovi al centro del campo di vista, e si lascia aperto l'otturatore per un tempo abbastanza lungo, l'immagine di ogni stella sarà un arco di cerchio, e tutti i cerchi saranno centrati sul polo celeste.*

### Come orientarsi con le stelle

**La Stella polare.** Per pura coincidenza, vicino al polo nord celeste si trova una stella abbastanza luminosa: la Stella Polare. Questa non si trova esattamente nel punto del polo nord celeste, ma il cerchio che descrive giornalmente è talmente piccolo che per molti scopi, si può assumere che si trovi esattamente nel polo e quindi, sia un perno attorno cui ruota l'intero cielo.

Tutto questo appare molto più chiaro se ci si ricorda che è la Terra che ruota, non il cielo. L'asse attorno a cui la Terra ruota punta in una certa direzione del cielo, e quella è anche la direzione della Stella Polare.

Più ci si trova vicini all'equatore, e più la stella polare sarà bassa sull'orizzonte, e all'equatore si troverà



esattamente all'orizzonte, e probabilmente non facilmente visibile. Più a sud, la Polare non sarà più visibile, ma, in tal caso, sarà visibile il polo sud del cielo.

Due costellazioni molto brillanti si trovano ai lati opposti della stella polare: l'Orsa Maggiore e Cassiopea. Durante la "falsa" rotazione della sfera celeste, anche queste costellazioni descrivono un cerchio attorno al polo celeste. A seconda dell'ora della notte e a seconda del giorno dell'anno, l'una o l'altra di queste due costellazioni si troverà bassa all'orizzonte e appena visibile, o addirittura invisibile sotto l'orizzonte. Ma, in questa condizione, l'altra costellazione sicuramente sarà bene alta nel cielo, dove sarà facilmente visibile.

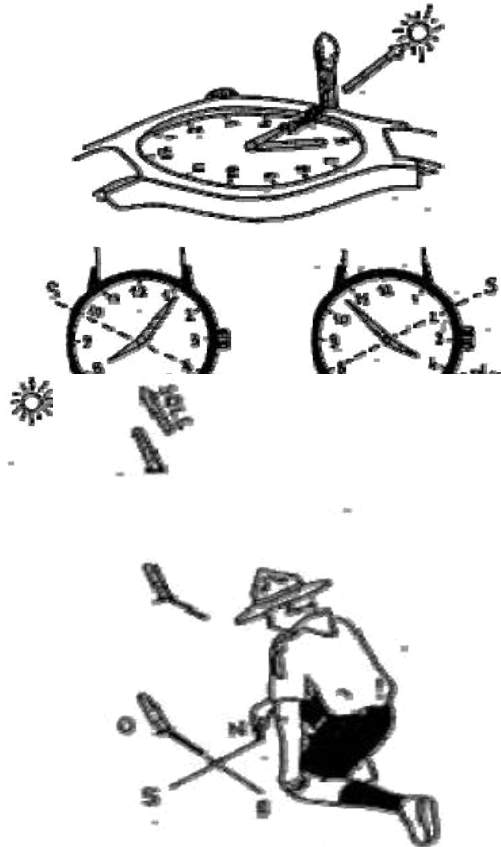
L'Orsa Maggiore (chiamata anche Gran Carro) consiste di 7 stelle molto luminose, che formano la figura di un carro con un timone ricurvo.

Immaginate una linea che congiunge le due stelle anteriori del "carro", prolungatela dalla parte dove si trova il "timone", fino a una distanza di 5 volte la distanza tra le due stelle e vi troverete sulla (o molto vicini alla) stella polare. A causa del ruolo che hanno queste due stelle per localizzare la stella polare, esse sono spesso chiamate "le guide".

**Il sole.** Il sole può essere utilizzato non solo a mezzogiorno di tutti i giorni dell'anno per trovare il sud o alle 6 (est) o alle 18 (ovest), ma in ogni momento del dì. Esistono due metodi: aiutandosi con un orologio con le lancette e/o un bastoncino.

Si mette l'orologio su un piano orizzontale. Si appoggia il bastoncino al bordo del quadrante dell'orologio e si ruota quest'ultimo fino a far coincidere l'ombra del bastoncino con la lancetta dell'ora. La bisettrice dell'angolo formato con le 12 sarà il Sud. Es. Se l'orologio segna le 8, il sud è dato dalla direzione che va dal centro dell'orologio con le 10 e, quindi la direzione opposta (verso le 4) è il Nord.

L'altro metodo, che usa solo un bastoncino è il seguente: Si pianta nel suolo un bastoncino puntandolo verso il sole in modo che non faccia alcuna ombra sul terreno. Dopo 15'- 20' minuti apparirà alla base del bastoncino un'ombra. Quest'ombra punta ad Est e la sua perpendicolare darà la direzione del Nord.



## Unità Didattica 4: Latitudine e longitudine

### OBIETTIVI

Conoscere le definizioni di latitudine e longitudine

Descrivere i metodi astronomiche per la loro determinazione

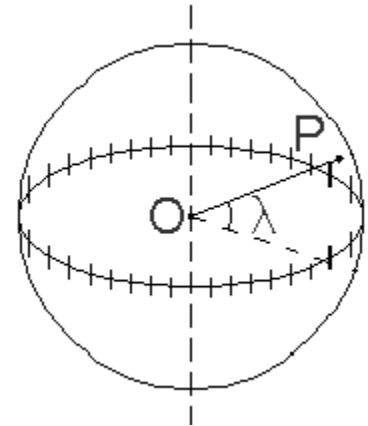
Ogni punto della superficie terrestre è individuato da due numeri: la sua latitudine e la sua longitudine. Se un pilota o il capitano di una nave vuole specificare la sua posizione su una mappa, sono queste le "coordinate" che dovrà usare.

In pratica, si tratta di due angoli, misurati in gradi, "minuti d'arco" e "secondi d'arco". Questi valori sono indicati con i simboli ( $^{\circ}$ ,  $'$ ,  $''$ ), ad esempio  $35^{\circ} 43' 9''$  denota un angolo di 35 gradi, 43 minuti e 9 secondi. Un grado è formato da 60 minuti d'arco, e un minuto è formato da 60 secondi d'arco (si può omettere l'espressione "d'arco" quando dal contesto risulti chiaro che non si tratta di unità di tempo).

### Latitudine

Immaginiamo che la Terra sia una sfera trasparente (in realtà la forma è leggermente ovale: a causa della rotazione terrestre, la zona equatoriale si rigonfia un po'). Attraverso questa Terra trasparente (ved. disegno) possiamo vedere il suo piano equatoriale, e in mezzo ad esso il punto O, il centro della Terra.

Per specificare la latitudine di un certo punto P della superficie, tracciamo il raggio OP fino a tale punto. Allora l'angolo di elevazione di quel punto al di sopra dell'equatore è la sua latitudine  $\lambda$ , latitudine nord se è a nord dell'equatore, latitudine sud se è a sud dell'equatore.



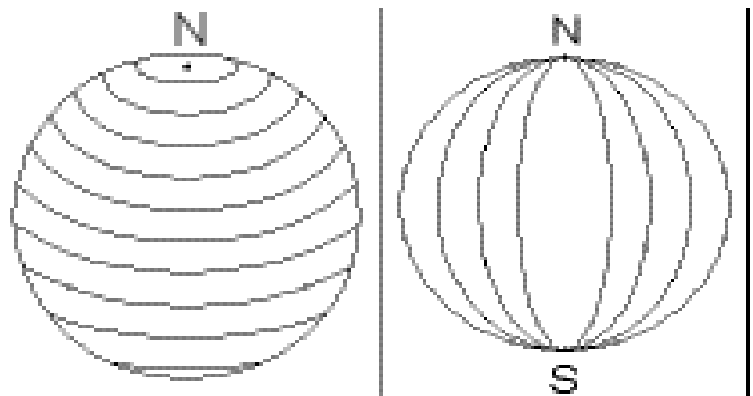
Sul globo terrestre, le linee di latitudine sono circonferenze di differente diametro. La più lunga è l'equatore, la cui latitudine è zero, mentre ai poli, a latitudine  $90^{\circ}$  nord e  $90^{\circ}$  sud, le circonferenze si riducono a un punto.

### Longitudine

Sul globo terrestre, le linee di longitudine costante ("meridiani") vanno da polo a polo, come i bordi degli spicchi di un'arancia sbucciata.

Ogni meridiano interseca l'equatore. Poiché l'equatore è una circonferenza, possiamo dividerlo, come ogni circonferenza, in 360 gradi, e quindi la longitudine  $\phi$  di un punto è individuata dalla posizione in cui il suo meridiano incontra l'equatore.

Quale sia tale valore dipende naturalmente da dove iniziamo a contare i gradi, cioè da quale sia la longitudine zero. Per motivi storici, è stata scelta come longitudine zero quella del meridiano che passa per l'Osservatorio



Astronomico Reale di Greenwich, in Inghilterra. Posizionato poco ad est di Londra, la capitale britannica, l'Osservatorio è ora un museo aperto al pubblico, e una striscia di ottone, che corre lungo il cortile, indica il "Primo Meridiano".

Una linea di longitudine costante è anche chiamata meridiano, dalle parole latine "medius" che significa "mezzo", e diem, che significa "giorno", cioè mezzogiorno. Nel corso della giornata, le ore prima di mezzogiorno sono dette antimeridiane, e quelle dopo mezzogiorno sono dette pomeridiane (gli anglosassoni usano le abbreviazioni a.m. e p.m.). A mezzogiorno, si dice che il Sole "passa al meridiano". Tutti i punti sulla stessa linea di longitudine costante avranno il mezzogiorno (e ugualmente ogni altra ora) nello stesso momento, e quindi si dice che si trovano sullo stesso "linea meridiana", o brevemente sullo stesso "meridiano".

### Fusi Orari e la linea del cambiamento di data

Le longitudini si misurano da zero a  $180^{\circ}$  est e a  $180^{\circ}$  ovest (o  $-180^{\circ}$ ), ed entrambe le longitudini di 180 gradi hanno in comune la stessa linea, in mezzo all'Oceano Pacifico.

Durante la rotazione della Terra attorno al suo asse, in ogni istante una linea di longitudine -- "il meridiano di mezzogiorno" -- è rivolta verso il Sole, e in ogni suo punto sarà mezzogiorno. Dopo 24 ore la Terra avrà

compiuto una rotazione completa rispetto al Sole, e sarà lo stesso meridiano ad essere rivolto di nuovo verso il Sole. Così ogni ora la Terra ruota di  $360/24 = 15$  gradi.

Quando nella vostra località è mezzogiorno,  $15^\circ$  più ad est, sarà l'una del pomeriggio, poiché quello è il meridiano che era rivolto verso il Sole un'ora fa. Analogamente,  $15^\circ$  più ad ovest saranno le 11 di mattina, poiché fra un'ora sarà quel meridiano ad essere rivolto verso il Sole, e per i punti su di esso sarà mezzogiorno.

A metà del XIX secolo, ogni comunità degli Stati Uniti definiva il proprio tempo locale come quello in cui il Sole, in media, raggiungeva il punto più lontano dall'orizzonte alle ore 12. Tuttavia chi viaggiava attraverso la nazione in treno doveva rimettere il proprio orologio in ogni città, e i telegrafisti che trasmettevano su lunghe distanze dovevano coordinare i loro tempi. Questa confusione spinse le compagnie ferroviarie ad adottare dei fusi orari, cioè delle fasce di territorio (larghe circa  $15^\circ$  ciascuna) che adottavano lo stesso tempo locale, che differiva di 1 ora da quello contiguo. Il sistema fu poi adottato dall'insieme di tutte le nazioni.

Tutte le altre nazioni del mondo hanno i loro fusi orari, ad eccezione dell'Arabia Saudita, che usa il tempo locale per motivi religiosi.

Inoltre, gli orologi sono in genere portati un'ora avanti tra Marzo e Ottobre. Questa "ora legale" (ma il termine esatto è ora estiva, perché l'ora civile è sempre un'ora legale, cioè imposta per legge) consente di sfruttare meglio il fatto che in quei mesi il Sole sorge più presto, senza dover modificare gli orari di lavoro e avere un'ora di luce in più la sera.

Ora supponiamo che sia mezzogiorno nella località in cui vi trovate e vi spostiate verso ovest, e supponiamo che possiate viaggiare istantaneamente fin dove vogliate.

Quindici gradi più ad ovest sarebbero le 11, trenta gradi più ad ovest sarebbero le 10, 45 gradi più ad ovest sarebbero le 9 di mattina, e così via. Continuando in questo modo, a 180 gradi di distanza avremmo raggiunto la mezzanotte, e andando ancora più ad ovest, arriveremmo al giorno precedente. Procedendo ancora, dopo aver viaggiato per 360 gradi saremmo tornati al punto di partenza, e sarebbe di nuovo mezzogiorno, ma mezzogiorno del giorno prima.

Ehi, aspettate un momento! Non è possibile andare dall'oggi alla stessa ora del giorno precedente!

Il paradosso è dovuto al fatto che la longitudine determina soltanto l'ora del giorno e non la data, che va determinata separatamente. Per evitare il problema incontrato sopra, è stata stabilita una linea internazionale del cambiamento di data, che corre per lo più lungo il meridiano dei 180 gradi, dove, per comune accordo, quando la si attraversa, si porta la data avanti di un giorno, se si viaggia verso ovest, o indietro di un giorno, se si viaggia verso est.

Questa linea passa per lo Stretto di Bering, tra l'Alaska e la Siberia, che quindi hanno date diverse, ma per il resto del suo percorso corre in mezzo all'oceano e perciò non crea inconvenienti al tempo locale.

### **Trovare le coordinate con il GPS**

Come fa il capitano di una nave a determinare la posizione della sua nave in mezzo all'oceano? Nella nostra era spaziale, è molto facile: basta usare il sistema satellitare GPS (Global Positioning System). Si tratta di una rete di 31 satelliti che costantemente trasmettono la loro posizione, ed esistono piccoli ricevitori, da tenere nel palmo di una mano, che convertono i segnali in una posizione accurata entro 15 metri (50 piedi). Il principio di funzionamento si basa su un metodo di posizionamento sferico, che consiste nel misurare il tempo impiegato da un segnale radio a percorrere la distanza satellite-ricevitore. Intersecando tre circonferenze il cui raggio è la distanza dal satellite (che conosciamo) con la superficie terrestre si può individuare un punto su di essa: questo procedimento è chiamato trilaterazione. Prima dell'era spaziale, tuttavia, non era così facile. Bisognava usare il Sole e le stelle.

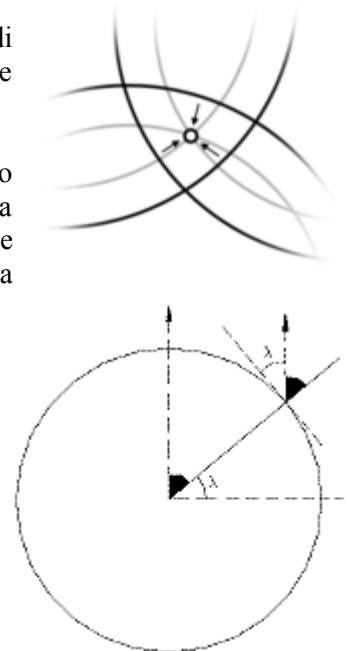
### **Come trovare la latitudine mediante la Stella Polare**

Immaginate di trovarvi di notte in un punto P della superficie terrestre ed osservare la stella polare (o meglio, la posizione del polo nord celeste, vicino alla stella polare), ad un angolo di altezza h sull'orizzonte. Tale angolo corrisponde direttamente alla latitudine.

### **Come trovare la latitudine mediante il Sole a mezzogiorno**

Se state navigando su una nave in mezzo all'oceano, potete ricavare la stessa informazione dal Sole a mezzogiorno, probabilmente anche meglio, poiché di notte l'orizzonte non si vede molto bene.

Mezzogiorno è il momento in cui il Sole raggiunge il punto più alto nel suo percorso attraverso il cielo. In quel momento il Sole si trova ad attraversare la direzione nord-sud nell'emisfero boreale, in un punto a sud dell'osservatore. Poiché l'asse terrestre è inclinato di un angolo di  $23,5^\circ$  rispetto a una linea perpendicolare

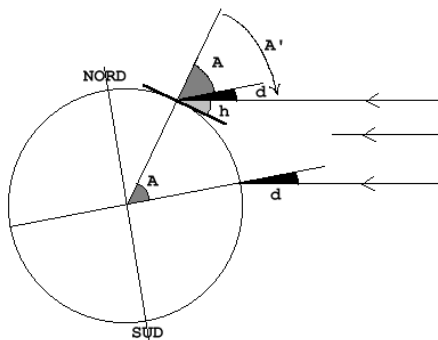
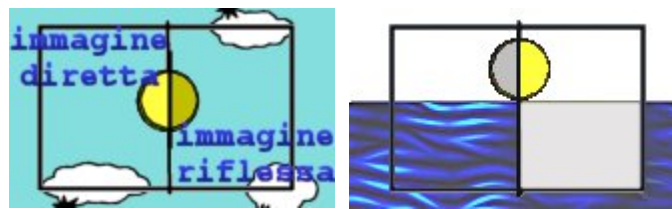
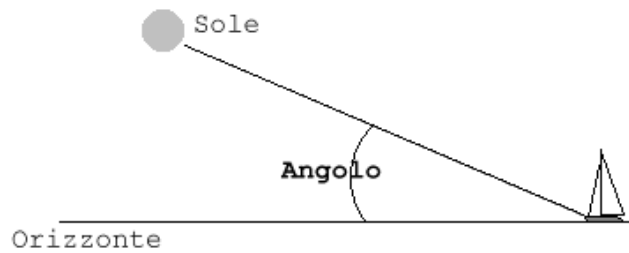


all'eclittica, l'altezza sull'orizzonte di quel punto dipende dalla stagione.

Come per la stella polare, invece di misurare l'angolo  $\alpha$  dallo zenit, si misura l'angolo dall'orizzonte, che sul mare è in genere molto ben netto. Tali osservazioni, note con l'espressione "tirare al Sole", vengono eseguite con uno strumento chiamato sestante.

Il sestante è un goniometro molto preciso che permette di apprezzare i decimi di primo. Ci serve per misurare un angolo, quello formato tra un astro e l'orizzonte. Questo angolo si chiama **altezza dell'astro** e può andare da  $0^\circ$  (sorge o tramonta) a  $90^\circ$  (sopra la nostra testa). La misura si effettua quando vediamo astro e orizzonte contemporaneamente. Si impugna il sestante mettendo la scala su  $0^\circ 00,0'$  in modo che sia possibile vedere la stessa cosa sia come immagine diretta che come immagine riflessa e si punta contro l'astro (attenzione a mettere un adeguato numero di filtri se puntate contro il sole).

Quello che vedrete in realtà non è esattamente il sole o la stella divisa a metà come nel disegno ma una sovrapposizione delle due immagini. Muovendo l'alidada le vedrete sdoppiarsi e, se state usando filtri differenti per i due specchi, queste due immagini avranno un colore diverso. Da questa posizione si deve far ruotare il telaio



del sestante mantenendo ferma l'alidada. Si schiaccia quindi il dente di sblocco e si ruota il telaio finché nello specchio fisso non compare l'orizzonte. Se tutto è stato fatto bene lo specchio mobile è ancora puntato sull'astro quindi ora vediamo contemporaneamente le due immagini.

Ora una volta stabilito l'ora in cui si ha il passaggio al culmine (il mezzogiorno locale) in quel giorno con delle tavole chiamate effemeridi. Si procede a leggere il grado dell'altezza del sole a cui si aggiungerà, sempre seguendo le effemeridi, la declinazione riferita al giorno. Questo dato sarà la latitudine locale.

### **Il problema della determinazione della Longitudine**

All'epoca dei grandi navigatori – da Colombo in poi - trovare la latitudine era la parte più facile. I capitani delle navi sapevano come usare il Sole a mezzogiorno.

La longitudine era invece un affare di gran lunga più serio. In linea di principio, tutto quello che sarebbe stato necessario era un orologio preciso, che segnasse l'ora di Greenwich. Quando il Sole "passa al meridiano", a mezzogiorno, basta guardare l'orologio: se l'ora di Greenwich segna le 3 del pomeriggio, sappiamo che 3 ore fa era mezzogiorno a Greenwich e che quindi ci troviamo a una longitudine di  $15^\circ \times 3 = 45$  gradi ad ovest. Tuttavia un orologio preciso richiede una tecnologia piuttosto sofisticata. Un orologio a pendolo può segnare il tempo in modo abbastanza accurato sulla terraferma, ma il rollio e il beccheggio di una nave non lo rendono assolutamente adatto in mare.

Gli orologi da polso - prima che diventassero elettronici - usano un bilanciante, una piccola ruota che oscilla avanti e indietro di un piccolo angolo. Una molla piatta, di forma spirale, è avvolta attorno al suo asse e riporta sempre la ruota nella sua posizione originaria. Il periodo dell'oscillazione avanti e indietro è quindi determinato soltanto dalla forza della molla e dalla massa del bilanciante, ed è equivalente all'oscillazione del pendolo, per controllare il moto delle lancette dell'orologio. La gravità non gioca nessun ruolo in questo caso, e i movimenti della nave non hanno grande effetto. Per la navigazione un tale orologio deve essere molto preciso, e la cosa non è molto facile da ottenere: l'attrito deve essere minimo, e così pure le variazioni di dimensione del bilanciante e le proprietà della molla al variare della temperatura e di altri fattori.

Dal XVII secolo, quando le marine di Spagna, Francia, Inghilterra e Olanda cercavano il dominio dei mari, il "problema della longitudine" assunse una grande importanza strategica e occupò la mente dei migliori scienziati. Nel 1714 l'Inghilterra offerse un premio di 20'000 sterline - una somma enorme a quei tempi - per una soluzione affidabile del problema, e John Harrison, un orologiaio inglese, dedicò decenni alla ricerca di una soluzione. I suoi primi due "cronometri", del 1735 e 1739, benché accurati, erano apparecchiature ingombranti e delicate. Soltanto il suo quarto strumento, provato nel 1761, risultò soddisfacente, ma occorsero altri anni prima che Harrison potesse ricevere il suo premio.

Per esercitarti con le coordinate geografiche risolvi i seguenti esercizi:

$$41^{\circ} 52' 23'' \text{ N} + \\ 38^{\circ} 07' 32'' =$$

$$175^{\circ} 15' 25'' \text{ E} + \\ 20^{\circ} 34' 35'' =$$

$$36^{\circ} 35' 25'' \text{ S} - \\ 41^{\circ} 35' 20'' =$$

$$5^{\circ} 15' 09'' \text{ O} - \\ 10^{\circ} 15' 09'' =$$

$$71^{\circ} 15' 22'' \text{ N} + \\ 25^{\circ} 21' 51'' =$$

$$90^{\circ} 00' 00'' \text{ N} - \\ 95^{\circ} 15' 26'' =$$

Per trovare le coordinate di un punto sulla carta geografica bisogna misurare la lunghezza (in mm) dello spazio tra due paralleli e meridiani ed impostare una semplice proporzione con la lunghezza tra il meridiano o parallelo più basso ed il punto da determinare.

Ad esempio volendo individuare le coordinate di Roma si misureranno i lati del rettangolo geografico che la circonda (25 mm di spazio tra il meridiano 12° e il 14° e 36 mm tra il parallelo 40° e il 42°). Quindi si misureranno le distanze con i valori più bassi (5 mm dal meridiano 12° e 35 dal parallelo 40°) e si imposterà la proporzione sulla base del fatto che 2° corrispondono a 120':  $\text{Lat. } 36 : 120' = 35 : x'$ , ovvero 117' pari ad 1° e 27' quindi la Latitudine sarà 41° e 57'. Analogamente si farà per la Longitudine:  $25 : 120' = 5 : x'$ , ottenendo 24', per cui la Longitudine sarà 12° e 24'.

