

Modulo A ORIENTARSI SULLA TERRA

PREREQUISITI IN ENTRATA:

Conoscere la struttura del Sistema Solare

Unità Didattica 1: La Terra

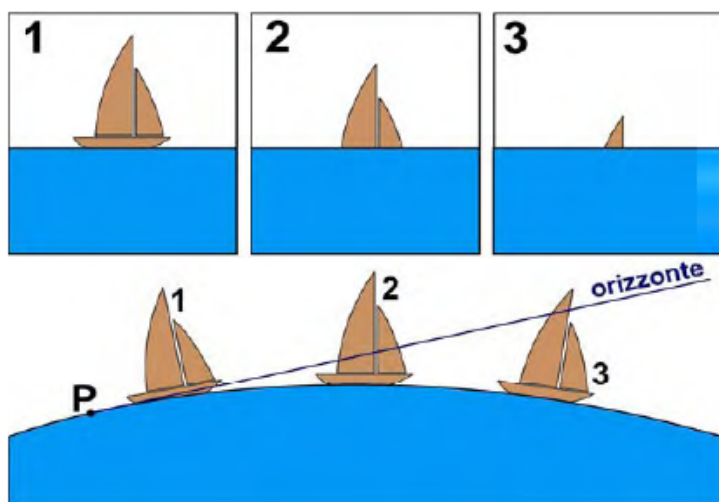
OBIETTIVI

- 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.

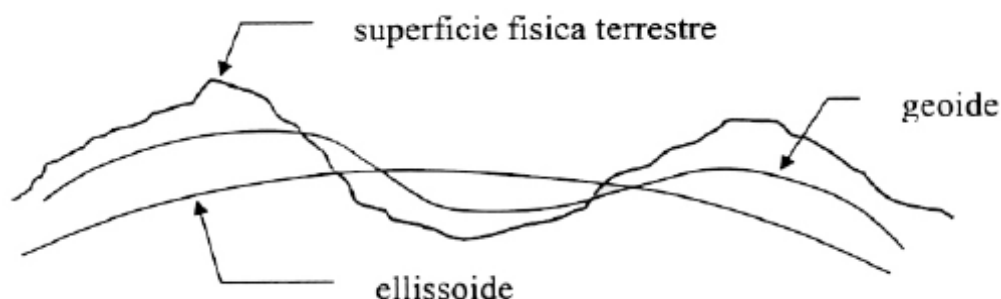


Una prova a sostegno della curvatura della superficie terrestre è l'osservazione di una imbarcazione che gradualmente scompare all'orizzonte.

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**,

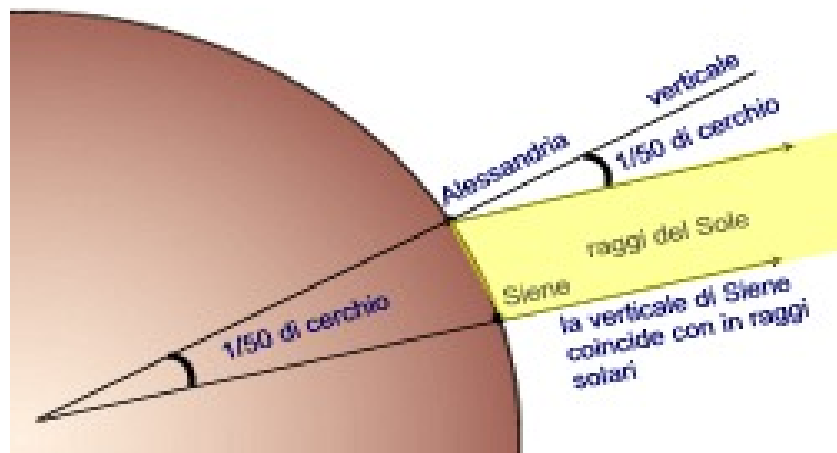
solido che si genera facendo ruotare un'ellisse attorno al suo asse minore.

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 (se la Terra fosse costituita da materiali omogenei, l'ellissoide e il geoide dovrebbero coincidere); rispetto all'ellissoide di riferimento, il geoide non si discosta, comunque, in nessun punto per una distanza maggiore di 200 m



Le dimensioni della Terra

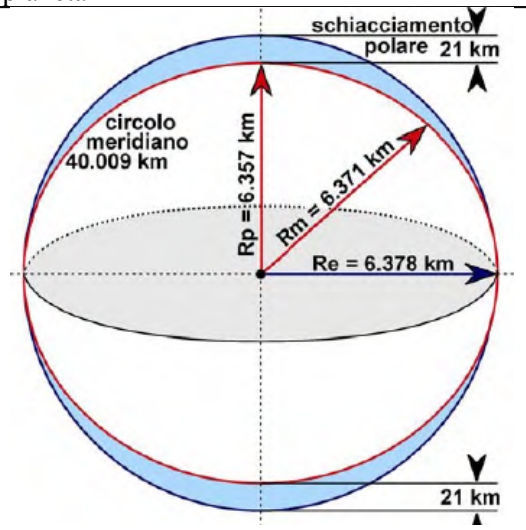
Fin dall'antichità si cercarono di determinare le dimensioni del nostro pianeta ricorrendo a metodi semplici, che condussero comunque a risultati molto vicini a quelli ottenuti più recentemente con l'uso di strumenti assai sofisticati. Difatti la misura della circonferenza della Terra venne rilevata 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 (cioè 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 α fra la direzione del sole e la verticale) e trovò che era un cinquantesimo di angolo giro (360°), cioè poco più di 7° , valore che corrisponde anche alla distanza angolare, α' , tra Alessandria e Siene (fig. 5.2). Conoscendo la distanza lineare tra le due città, circa 5000 stadi, con una semplice proporzione ($360^\circ : \alpha = \text{circonferenza terrestre} : \text{distanza Alessandria-Siene}$), 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

La Terra in cifre	
raggio equatoriale (R_e)	6378 km
raggio polare (R_p)	6357 km
massa	6×10^{27} g
volume	$1,083 \times 10^{27}$ cm ³
densità	5,52 g/cm ³
gravità superficiale	9,8 m/s ²
velocità di fuga	11,2 km/s
superficie totale	$5,1 \times 10^8$ km ²
superficie terre emerse	$1,49 \times 10^8$ km ²
superficie oceani	$3,61 \times 10^8$ km ²
altitudine media terre emerse	840 m
profondità media oceani	3900 m



Unità Didattica 2: I moti terrestri

OBIETTIVI

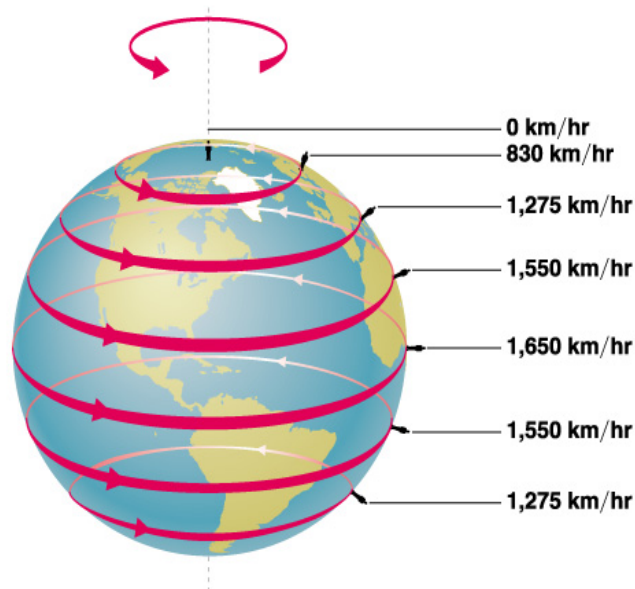
- *Conoscere i principali moti terrestri*

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 $66^\circ 33'$ 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.

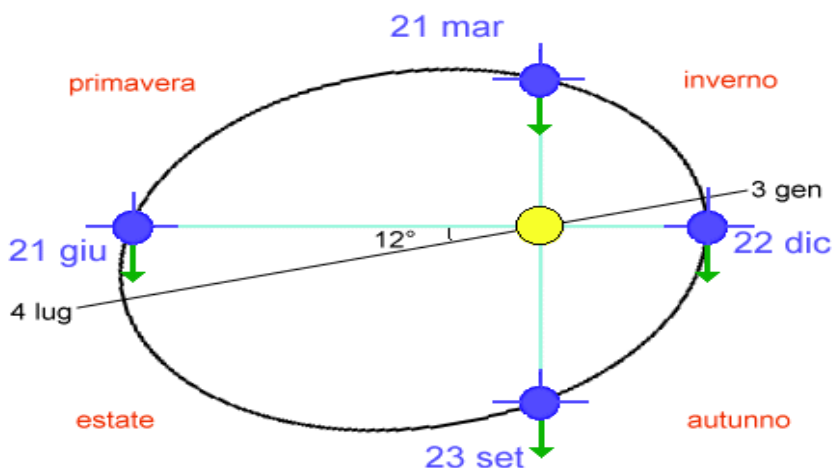
Il moto di rotazione

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° 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° 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).



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

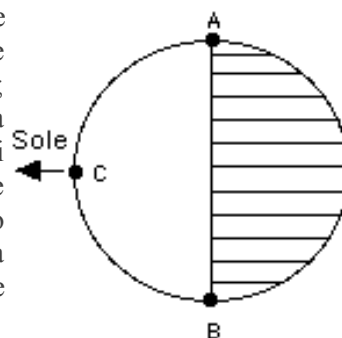
I moti di rotazione e di rivoluzione della Terra sono responsabili di alcuni fenomeni facilmente osservabili da tutti:

- 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 **circolo 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).

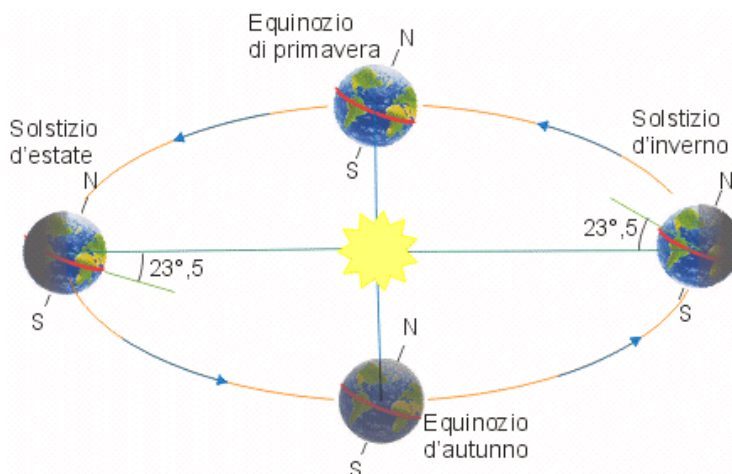
La diversa durata del dì e della notte. Se l'asse terrestre fosse perpendicolare al piano dell'orbita, il circolo d'illuminazione passerebbe sempre per i poli e taglierebbe esattamente in due parti uguali tutti i paralleli; quindi, per tutto l'anno e in ogni punto della Terra, il dì e la notte avrebbero 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

In particolare, l'angolo tra l'asse terrestre e la linea Terra-Sole cambia durante l'anno. Due volte all'anno, agli equinozi di primavera e di autunno (attorno al 21 Marzo e al 22 Settembre - la data esatta può cambiare leggermente), le due direzioni sono esattamente perpendicolari tra loro.

Due volte all'anno l'angolo raggiunge il suo massimo, ai solstizi di estate e di inverno, con un valore di 23° gradi e mezzo. Al solstizio di estate (attorno al 21 Giugno) il polo nord è inclinato verso il Sole, mentre al solstizio di inverno (attorno al 21 Dicembre) è inclinato dalla parte opposta.

Estate e inverno

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 speculare 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

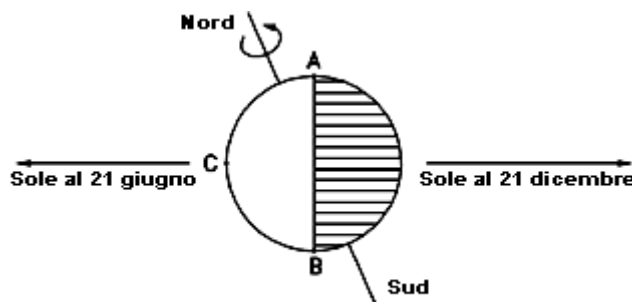
Terra deve essere ora quella a sinistra (nella figura, la parte illuminata e quella in ombra si scambiano di posto). L'asse terrestre comunque non si è mosso, ma è sempre puntato verso lo stesso punto nel cielo, vicino alla stella polare. Ora è il polo sud ad essere immerso costantemente nella luce del 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 **di e la notte hanno la stessa durata in tutti i punti della Terra**. Ciò accade perché nessuno dei due poli è inclinato verso il Sole: il circolo d'illuminazione passa per i poli, taglia a metà tutti i paralleli e le condizioni di illuminazione sono uguali in entrambi gli emisferi. **Solo all'equatore, dunque, il di e la notte hanno la stessa durata per tutto l'anno.**

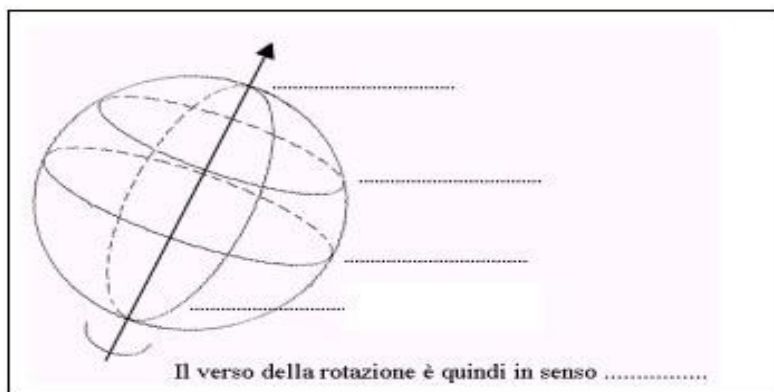
Stagioni astronomiche e climatiche

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!).

Inoltre, a causa della variazione dell'angolo che i raggi solari formano con la superficie terrestre, con il succedersi delle stagioni varia l'altezza degli archi che il Sole sembra descrivere nel cielo durante il suo moto apparente, dall'alba al tramonto. Sulla base dell'inclinazione dei raggi solari nelle diverse stagioni astronomiche, si possono individuare sulla superficie terrestre differenti **zone astronomiche**, caratterizzate da specifiche condizioni climatiche.

Per ripetere



Indica sulla sfera qui riprodotta, che rappresenta la Terra, i nomi dei punti e delle linee segnate e con una freccia il verso della rotazione terrestre.

Rispondi se le affermazioni sono vere o false	V	F
<i>All'equatore la durata del di e della notte è uguale in ogni giorno dell'anno</i>		
<i>L'alternarsi del di 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 tornassimo indietro nel tempo di 3.000 anni e ci trovassimo a Babilonia, saremmo i primi osservatori del cielo! Qui, infatti, i sacerdoti fecero costruire delle piramidi a gradoni per alzarsi sulla pianura ed osservare il cielo, durante il dì e durante la notte per tutto l'anno.

Osservando giorno dopo giorno, notereste 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:

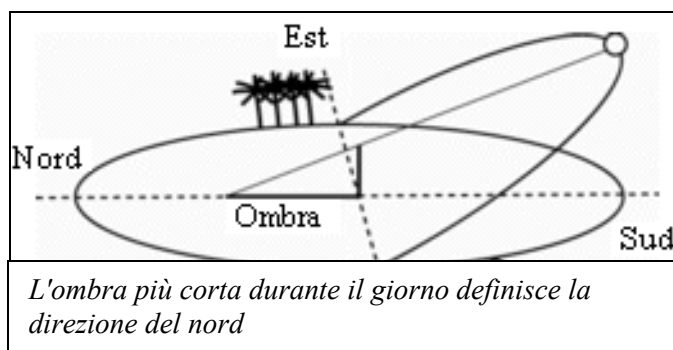
- Alla levata, con il Sole ad est, punta verso ovest.
- A mezzogiorno, con il Sole a sud, punta verso nord.
- Al tramonto, con il Sole ad ovest, punta verso est.

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. Soltanto due volte all'anno il Sole sorge e tramonta esattamente in quelle direzioni.

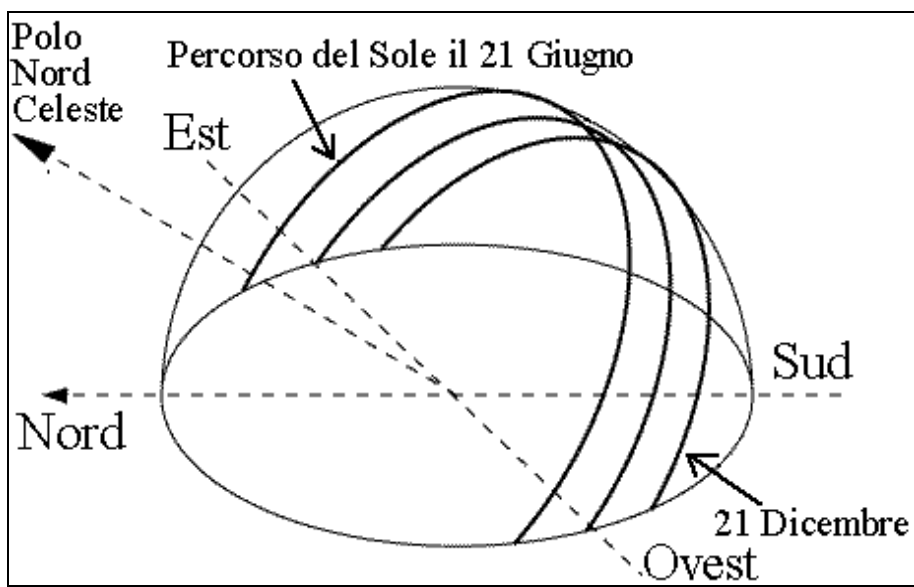
Noi ora sappiamo che nei giorni in cui questo avviene, il giorno e la notte hanno quasi esattamente la stessa durata, e quel periodo dell'anno è quindi chiamato "equinozio". Un equinozio avviene in autunno ("equinozio autunnale") e un altro in primavera ("equinozio primaverile").

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 mezza strada tra le date degli equinozi (tipicamente il 23 Settembre e il 21 Marzo) - 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 dì ha la



durata più breve e la notte la durata più lunga. In questa stagione, anche gli altri giorni sono corti, ed è questa 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 dì 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 dì più lungo dell'anno e la notte più corta. Passato questo giorno, i dì ricominciano ad accorciarsi e i punti della levata e del tramonto riprendono a spostarsi verso sud. I lunghi dì 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.

I sacerdoti babilonesi, che annotavano questi spostamenti regolari dei punti del sorgere e del tramontare del Sole, si resero presto conto che essi fornivano un modo accurato per misurare il passaggio delle stagioni. Essi contarono il numero di giorni tra i solstizi e gli equinozi, e così nacque il primo calendario. Questo era di grande aiuto per gli agricoltori, dicendo loro quando era il momento di preparare il terreno per la semina, quando aspettarsi le piogge stagionali e, in Egitto, quando aspettarsi l'inondazione annuale delle acque del

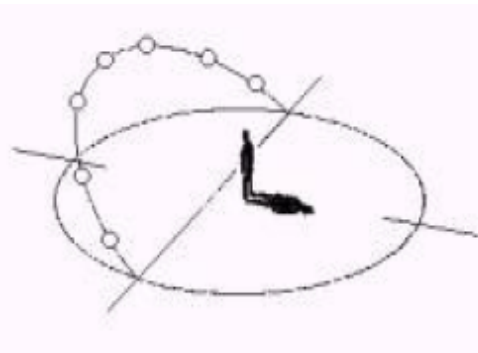
Nilo, che ricoprivano il terreno.

Il percorso apparente del Sole nel cielo. In estate il percorso del Sole è più lungo, e così lo sono i dì. In inverno il percorso del Sole è più corto, e così lo sono i dì.

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.

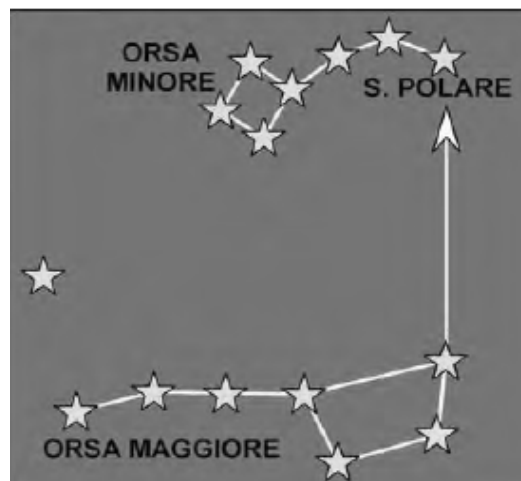
Osservando le stelle durante tutta la notte, si può anche notare che quasi tutte sorgono ad est e tramontano ad ovest, rispetto all'osservatore, come fanno il Sole e la Luna. In effetti, l'intera sfera celeste sembra ruotare lentamente -un giro ogni 24 ore- e, poiché metà di questa sfera è sempre nascosta sotto l'orizzonte, questa rotazione porta costantemente nuove stelle al di sopra dell'orizzonte orientale, mentre altre stelle 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, per i quali è usato il nome latino - Scorpione lo scorpione, Leo il leone, Cygnus il cigno, Ursa Major l'Orsa Maggiore (nota anche come il "gran carro"), e così via.

Il Sole si sposta lentamente lungo queste figure, facendo un giro completo in un anno, percorrendo sempre lo stesso cammino attraverso le stelle ("l'eclittica"). 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".

Come il globo del disegno, la sfera nel cielo ha due punti attorno ai quali ruota, e questi punti marcano il suo asse di rotazione --i poli celesti. Le stelle vicine a questi poli percorrono un cerchio attorno ad essi in un giorno, e più sono vicine ai poli, più piccoli sono i cerchi (esse quindi non sorgono né tramontano). In ogni momento, soltanto una metà della sfera celeste è visibile: è come se il terreno piatto su cui ci troviamo tagliasse la sfera celeste in due parti--la parte superiore è quella che vediamo, quella inferiore è quella invisibile. Per tale motivo, soltanto un polo è visibile in un dato momento, e, per la maggior parte di noi, che viviamo a nord dell'equatore, questo è il polo nord celeste.



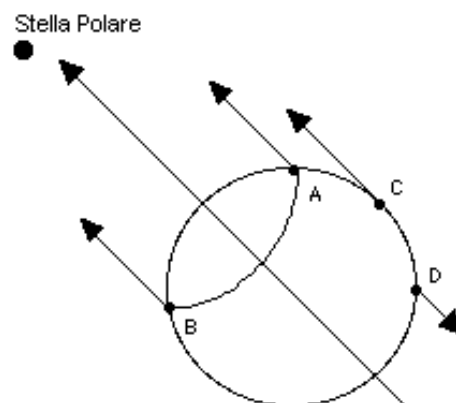
Se si monta una macchina fotografica, in una notte oscura, in modo che il polo nord celeste si trovi al centro del campo di vista, e si lascia aperto l'otturatore per un tempo abbastanza lungo, l'immagine di ogni stella sarà un arco di cerchio, e tutti i cerchi saranno centrati sul polo celeste.

Così come il globo terrestre ha un equatore lungo la sua zona mediana, a metà strada tra i poli, anche la sfera celeste è circondata dall'equatore celeste, a metà strada tra i poli celesti. Quando il cielo ruota, le stelle vicine all'equatore celeste descriveranno un cerchio più lungo di tutte le altre.

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. La Polare non si trova esattamente nel punto del polo nord celeste, ma il cerchio che descrive giornalmente è molto piccolo e, per molti scopi, si può assumere che si trovi esattamente nel polo, 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 (o, più precisamente, la direzione del polo nord celeste). Durante la rotazione terrestre, anche se un osservatore si muove sulla Terra (per esempio, dal punto B al punto A nel disegno), quella direzione forma sempre lo stesso angolo con l'orizzonte e punta sempre verso il nord. Quindi la Stella Polare si trova sempre nello stesso punto - a nord dell'osservatore, e alla stessa altezza sull'orizzonte.



Più ci si trova vicini all'equatore, e più la stella polare sarà bassa sull'orizzonte, e all'equatore (punto C) si troverà esattamente all'orizzonte, e probabilmente non facilmente visibile. Più a sud, in punti come D, la Polare non sarà più visibile, ma, in tal caso, sarà visibile il polo sud del cielo. Purtroppo, non c'è una stella luminosa come la Polare ad indicare quel punto 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. Gli schiavi fuggitivi, durante la Guerra Civile americana, la chiamavano "the drinking gourd" (la zucca per bere), un punto di riferimento nel cielo che indicava la via verso la salvezza a Nord, verso il Canada dove la schiavitù era fuori legge. Gli astronomi la chiamano "Ursa Major", che è il nome latino di Orsa Maggiore.

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". La penultima stella del timone, chiamata Mizar, è una stella doppia, le cui componenti sono facilmente separate usando un binocolo, o, come alcuni sostengono, da persone con una vista molto acuta, in buone condizioni di visibilità.

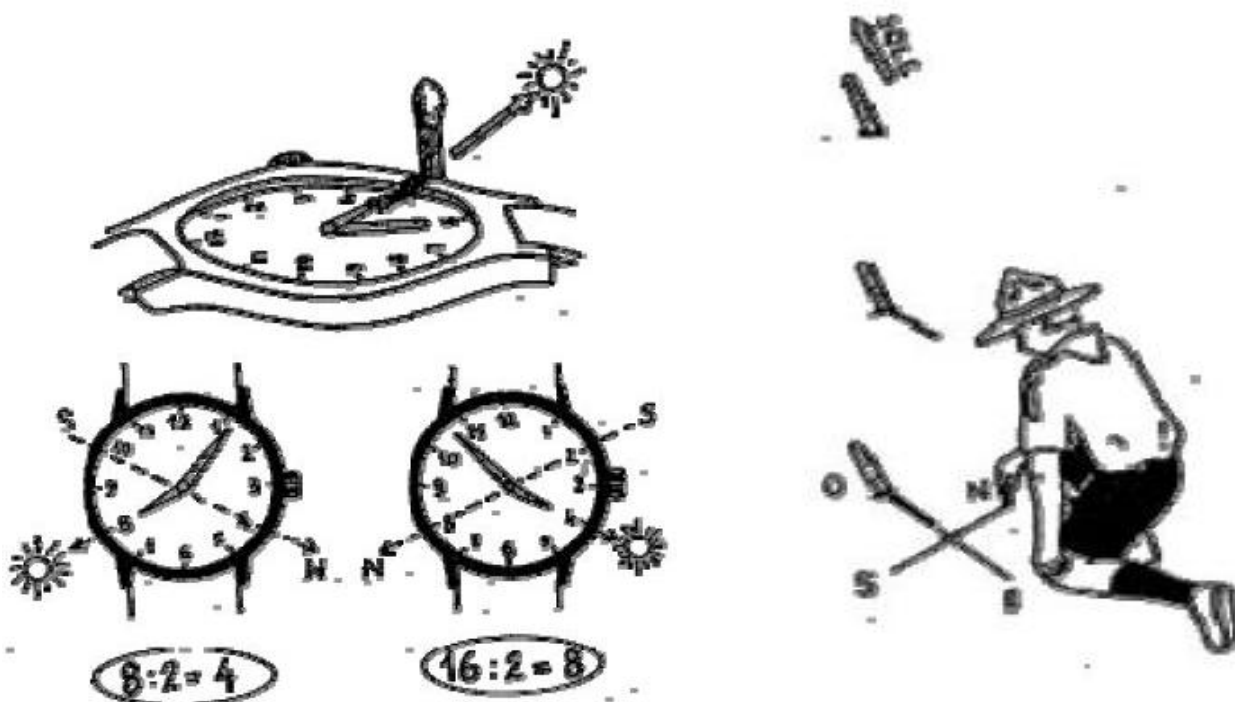
Cassiopea era una regina nella mitologia greca, e le stelle della sua costellazione formano una W (doppia V). La stella polare si trova sopra la prima "V" di questa lettera. Se si traccia una linea che divide a metà l'angolo di quella "V" e si prosegue lungo di essa, si arriva nelle vicinanze della Polare.

Ursa Minor, "Orsa Minore" o "Piccolo Carro" è una costellazione che assomiglia un po' all'Orsa Maggiore, e la Polare è l'ultima stella del timone. Il carro è rivolto verso il timone del Gran Carro, cosicché i due "timoni" (o le "code" delle Orse) sono rivolte in direzioni opposte. Le due stelle anteriori del "piccolo carro" (più piccolo e più squadrato di quello grande) sono abbastanza luminose, ma le altre stelle sono piuttosto deboli e richiedono buona vista e cielo molto scuro.

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*

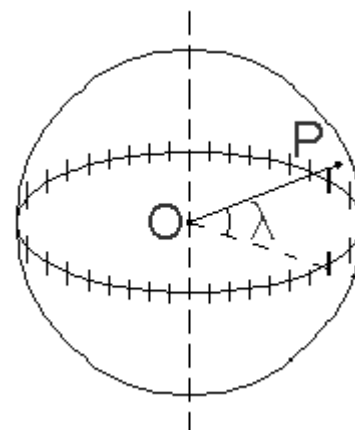
Ogni punto della superficie terrestre è individuato da due numeri: la sua latitudine e la sua longitudine. Se un pilota o il capitano di una nave vuole specificare la sua posizione su una mappa, sono queste le "coordinate" che dovrà usare.

In pratica, si tratta di due angoli, misurati in gradi, "minuti d'arco" e "secondi d'arco". Questi valori sono indicati con i simboli (° , ' , "), ad esempio 35° 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 λ , 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° nord e 90° sud, le circonferenze si riducono a un punto.

Longitudine

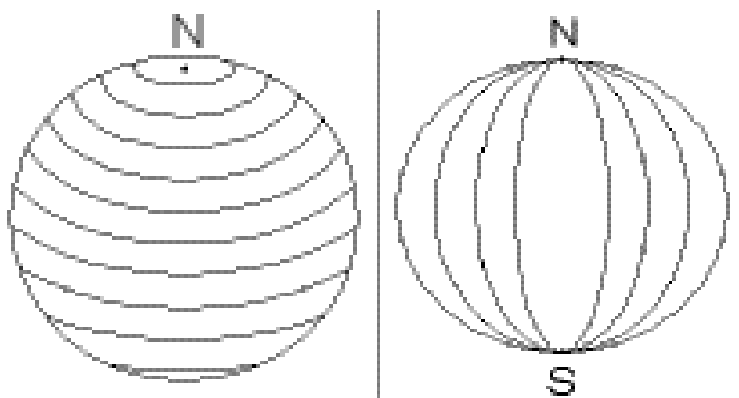
Sul globo terrestre, le linee di longitudine costante ("meridiani") vanno da polo a polo, come i bordi degli spicchi di un'arancia sbucciata.

Ogni meridiano interseca l'equatore. Poiché l'equatore è una circonferenza, possiamo dividerlo, come ogni circonferenza, in 360 gradi, e quindi la longitudine ϕ 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 stessa "linea meridiana", o brevemente sullo stesso "meridiano".



Fusi Orari e la linea del cambiamento di data

Le longitudini si misurano da zero a 180° est e a 180° ovest (o -180°), 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° più ad est, sarà l'una del pomeriggio, poiché quello è il meridiano che era rivolto verso il Sole un'ora fa. Analogamente, 15° 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 (ogni giorno) 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° 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.

La zona continentale degli Stati Uniti è suddivisa in quattro fusi orari principali (Eastern, Central, Mountain e Western), più alcuni altri per l'Alaska, le Isole Aleutine e le Hawaii. Le province canadesi ad est del Maine adottano il tempo atlantico. In genere le aree corrispondenti a questi fusi orari sono riportate negli elenchi telefonici, nella mappa che indica i codici postali. 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 Aprile 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. Alzandosi più presto la mattina e andando a dormire più presto la sera, si può sfruttare meglio la luce del giorno di primo mattino, e avere un'ora di luce in più la sera.

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.

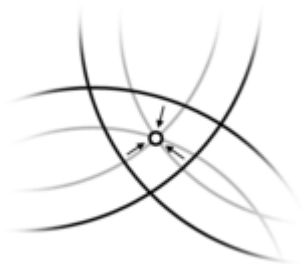
Ehi -- aspettate un momento! Non è possibile andare dall'oggi alla stessa ora del giorno precedente!

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



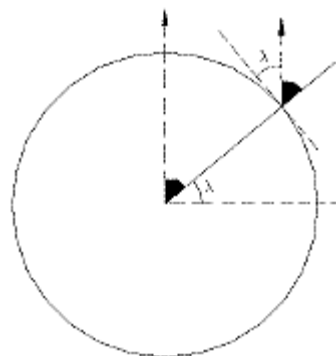
cui raggio è la distanza dal satellite (che conosciamo) con la superficie terrestre si può individuare un punto su di essa: questo procedimento è chiamato trilaterazione.

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.

L'angolo tra la direzione del polo celeste e lo zenit è allora $(90^\circ - h)$ gradi. Prolungando verso il basso la linea che parte dallo zenit (ved. disegno), si arriva al centro della Terra, e l'angolo tra questa linea e l'asse terrestre è ancora $(90^\circ - h)$. Quindi (come si vede dal disegno), l'angolo h è anche la vostra latitudine.



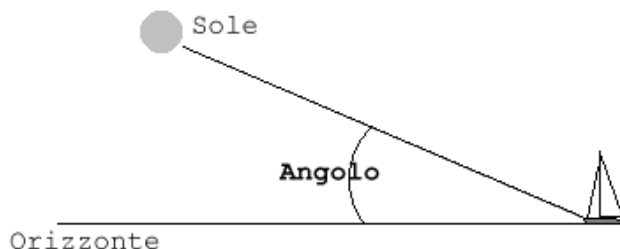
Come trovare la latitudine mediante il Sole a mezzogiorno

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.

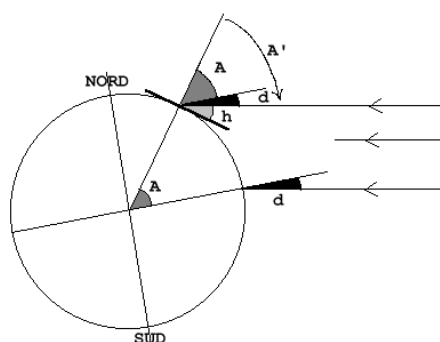
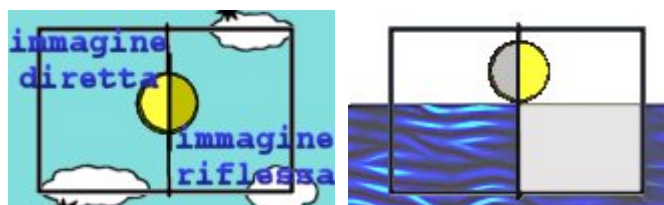
Mezzogiorno è il momento in cui il Sole raggiunge il punto più alto nel suo percorso attraverso il cielo. In quel momento il Sole si trova ad attraversare la direzione nord-sud nell'emisfero boreale, in un punto a sud dell'osservatore. Poiché l'asse terrestre è inclinato di un angolo di $23,5^\circ$ 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 α dallo zenit - che non è segnato nel cielo! - è più semplice misurare l'angolo $(90^\circ - \alpha)$ 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° (sorge o tramonta) a 90° (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 bilanciere, 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 bilanciere, 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 bilanciere 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 (oggi sono esposti al pubblico, perfettamente funzionanti, presso l'Osservatorio Astronomico Reale di Greenwich). 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:

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

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

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

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

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

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

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.

Ade 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'.

Ora basandoti sulla seguente carta geografica trova le coordinate di Torino, Perugia e Bari.

