



Guida didattica / Didactic guide
Guía didáctica

Ver. 2.0.0

Cod. HS151



OPTIKA S.R.L.

VIA RIGLA, 30 – 24010 PONTERANICA (BERGAMO) – Italia
Tel. +39 035 571392 Fax +39 035 571435

www.optikascience.com

info@optikascience.com



GLI ORBITER

INTRODUZIONE

Gli *Orbiter* sono modelli scientifici che rappresentano il sole, la terra, la luna e i rapporti che esistono tra di loro. Sono stati studiati per dare la dimostrazione dei movimenti fondamentali della terra e della luna e per spiegare le cause dell'alternarsi del giorno e della notte, delle stagioni e delle fasi lunari. Il sole illustra la fonte di luce della terra e indica le zone del giorno e della notte nelle diverse stagioni. Nelle pagine che seguono sono elencati molti dei principali rapporti che si possono dimostrare utilizzando gli *Orbiter*.

Neli *Orbiter* è praticamente impossibile rispettare la scala vera e propria con modelli di queste dimensioni. La scala delle distanze degli *Orbiter* è puramente relativa, infatti, mostra che la distanza tra il sole e la terra è superiore alla distanza tra la terra e la luna.

Le dimensioni e distanze reali e i periodi di rotazione e di rivoluzione della terra e della luna sono indicate nella Figura 1.

Ricerche fondamentali con l'*Orbiter*:

1. Come la rotazione terrestre causa il giorno e la notte.
2. Come la rivoluzione terrestre intorno al sole e l'inclinazione dell'asse terrestre danno origine alle stagioni.
3. Perché il sole sorge ad est e tramonta ad ovest.
4. Come le rivoluzioni della terra intorno al sole e l'inclinazione dell'asse terrestre cambiano la durata del giorno e della notte.
5. Perché la durata del crepuscolo varia a seconda delle stagioni e delle latitudini.
6. Perché c'è il sole di mezzanotte.
7. Perché ci sono le fasi lunari.
8. Perché vediamo solamente una faccia della luna.
9. Perché ci sono le eclissi di sole e di luna.
10. Perché ci sono le maree.



Orbiter luminoso

L'*Orbiter* comprende tre parti principali: il sole, la terra e la luna. Il sole è rappresentato da una sfera gialla di 15 cm, la terra da un globo di 10 cm e la luna da una sfera più piccola.

Il sole può essere acceso e l'*Orbiter* permette di mostrare contemporaneamente i movimenti della terra e della luna durante la rivoluzione della terra attorno al sole. Il sole può essere acceso per dimostrare che il sole è la fonte di luce della terra e della luna. Quando si utilizza l'*Orbiter luminoso* in una stanza buia, le parti in luce e in ombra della terra e della luna appaiono ben definite. Per far funzionare l'*Orbiter*, il braccio di sostegno deve essere spostato mese dopo mese sul datario.

Necessarie 2 batterie AA.

GIORNO E NOTTE

Una delle dimostrazioni più importanti e fondamentali è la spiegazione del giorno e della notte. I raggi del sole illuminano sempre quella metà della terra che è rivolta verso il sole. Questo è il lato del giorno. L'altra metà della terra che non guarda il sole resta sempre al buio. Questo è il lato della notte. Se si utilizza l'*Orbiter luminoso*, si deve accendere il sole e oscurare la classe per mettere in evidenza il lato chiaro e il lato buio della terra. Per dimostrare il giorno e la notte, fate fare alla terra una rotazione completa e noterete che il punto dove vi trovate, durante la rotazione, passa una volta nel giorno e una volta nella notte.

Alba e tramonto

Mentre la terra ruota da ovest ad est, noterete che quando il punto dove vi trovate entra nella notte, il sole appare a ovest. Questo spiega perché il sole tramonta ad ovest. Mentre la terra continua a ruotare, vedrete che quando il punto dove vi trovate entra nel lato del giorno, il sole appare a est rispetto alla vostra posizione. Questo spiega perché il sole sorge sempre a est. Osservate che il sole non si muove. E' la rotazione della terra che causa il moto apparente del sole da est ad ovest.

Durata del giorno

Con l'*Orbiter* si può facilmente dimostrare come la durata delle ore di luce e delle ore di buio in varie parti del mondo cambia man mano che la terra gira attorno al sole. In generale, i giorni sono più lunghi in estate e più corti in inverno, anche se all'equatore il giorno e la notte durano sempre 12 ore. Ad esempio, per dimostrare la durata del giorno a New York il solstizio d'estate, regolate la terra sul solstizio d'estate e fatela ruotare in modo che New York sia nel lato del giorno. Contate i meridiani nella luce del giorno che passano lungo il parallelo di New York, come illustrato nella Figura 3. Su questo globo la distanza tra i meridiani è di 15° , cioè la distanza che la terra compie in un'ora di rotazione. Per definire le zone del giorno e della notte, accendete il sole dell'*Orbiter luminoso*. Vedrete che nel solstizio d'estate a New York ci sono circa 15 ore di luce e 9 ore di buio. Spostatevi ora in pieno inverno e contate le ore di luce per New York. Vedrete che ci sono circa 10 ore di luce e 14 ore di buio.

Il sole di mezzanotte

Con gli *Orbiter* è possibile dimostrare il sole di mezzanotte. Spostate la terra sulla posizione del solstizio d'estate. Osservate che la regione a nord del Circolo Polare Artico non passa mai nella parte buia. Questa zona ha 24 ore di luce ed è nota come la terra del sole di mezzanotte. Osservate che la regione del Polo Sud nel giorno del 21 giugno non passa mai nella parte di luce. Fate girare la terra per metà rivoluzione attorno al sole fino a raggiungere la posizione del solstizio d'inverno e notate che la regione del Polo Sud ha 24 ore di luce e quella del Polo Nord 24 ore di buio.

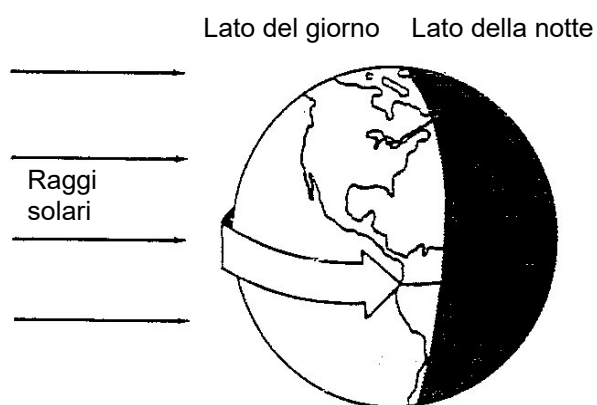


Fig. 2

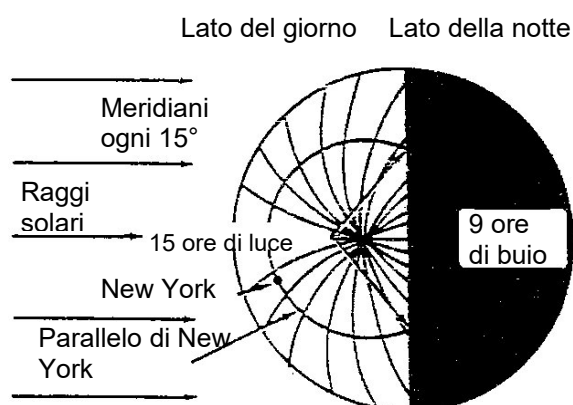
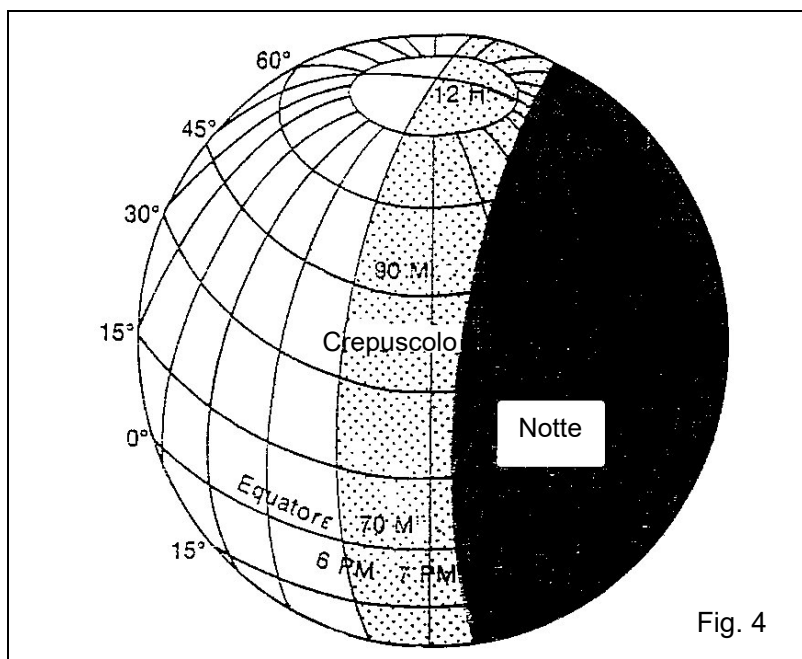


Fig. 3

Crepuscolo e alba

Man mano che il punto in cui vi trovate passa dal giorno alla notte, oppure dalla notte al giorno, c'è un periodo di crepuscolo o alba tra il momento in cui il sole è all'orizzonte e il momento del buio totale. Diventa buio quando il punto centrale del sole si trova 18° sotto l'orizzonte. Studiate la Figura 4. Il disegno illustra la zona di crepuscolo del giorno 21 marzo o del giorno 23 settembre. Si può vedere che la durata del crepuscolo è diversa a seconda della latitudine. Alla latitudine di 75° nord e 75° sud, ci sono 12 ore di crepuscolo; a 45° nord e a 45° sud di latitudine ci sono 90 minuti di crepuscolo, mentre all'equatore ci sono 70 minuti di crepuscolo.

Regolate l'*Orbiter* su diverse date e visualizzando una zona a 18° di crepuscolo, osservate come il periodo di crepuscolo varia non solo con la latitudine ma anche a seconda delle stagioni. Si vedrà che il crepuscolo dura più a lungo a latitudini alte e durante i mesi estivi.



LE STAGIONI

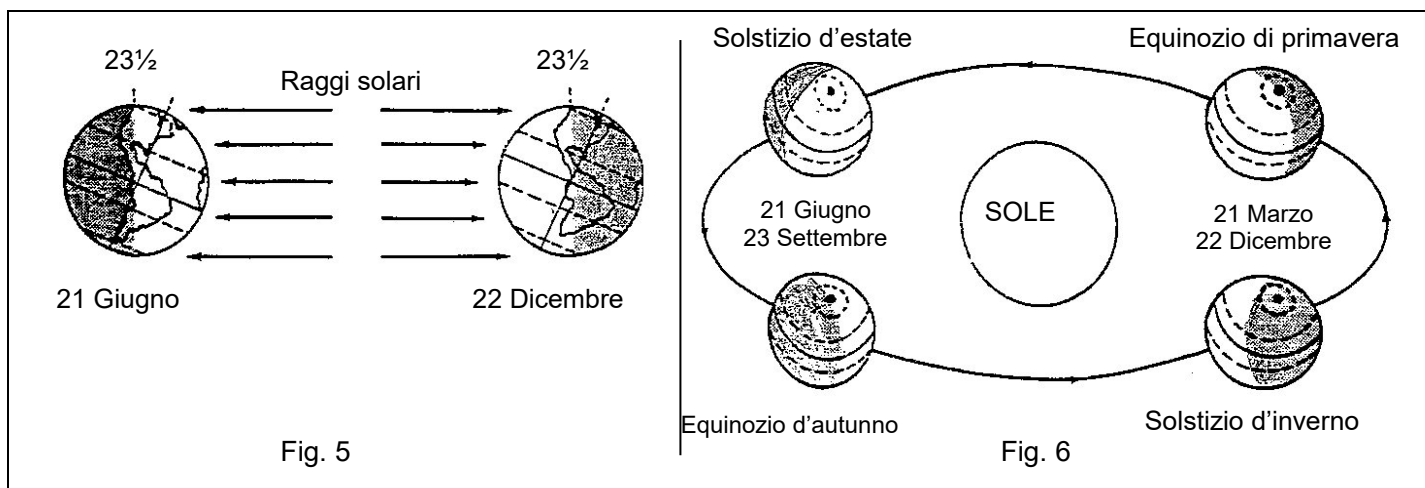
Mentre la terra gira attorno al suo asse, ruota anche attorno al sole. L'asse della terra mantiene sempre un'inclinazione di $23,5^\circ$ rispetto al piano di rivoluzione attorno al sole. L'asse terrestre è rivolto sempre nella stessa direzione, quella segnata dalla Stella Polare. Questa combinazione di inclinazione e rivoluzione causa il cambiamento delle stagioni.

Per dimostrare la ragione per cui ci sono stagioni diverse, spostate il braccio che sostiene la terra in modo che sia allineato al solstizio d'estate. L'emisfero nord viene quindi inclinato verso il sole e si vede che i raggi del sole sono concentrati sull'emisfero nord. E' quindi estate nell'emisfero nord e inverno nell'emisfero sud.

Fate ruotare la terra in senso antiorario attorno al sole finché si è in corrispondenza dell'equinozio d'autunno. Il sole di mezzogiorno è in quel momento direttamente sopra l'equatore ed è autunno nell'emisfero nord e primavera nell'emisfero sud.

Continuate a far girare la terra in senso antiorario fino a raggiungere il solstizio d'inverno. Il Polo Nord è inclinato nella direzione opposta al sole e i raggi del sole sono concentrati sull'emisfero sud. È ora inverno nell'emisfero nord ed estate nell'emisfero sud.

Continuate a ruotare la terra fino a raggiungere l'equinozio di primavera. Il sole è di nuovo direttamente sopra l'equatore. È autunno nell'emisfero sud e primavera nell'emisfero nord.



LA LUNA

Ad una distanza media di 380.000 km, la luna è il corpo celeste a noi più vicino. Praticamente privo di atmosfera, la temperatura del giorno raggiunge circa 100°C, mentre la temperatura della notte scende a -120°C. La caratteristica più tipica della luna sono i numerosi crateri, presenti su quasi tutta la sua superficie, mentre le vaste pianure, chiamate mari lunari, che sono più scure di colore rispetto al resto della superficie lunare e che coprono circa la metà del territorio, sono le caratteristiche più visibili ad occhio nudo. Ci sono delle catene di montagne lunari che si elevano oltre 6.000 metri. La luna è generalmente considerata priva di vita, un deserto più inospitale e arido di qualsiasi deserto della terra.

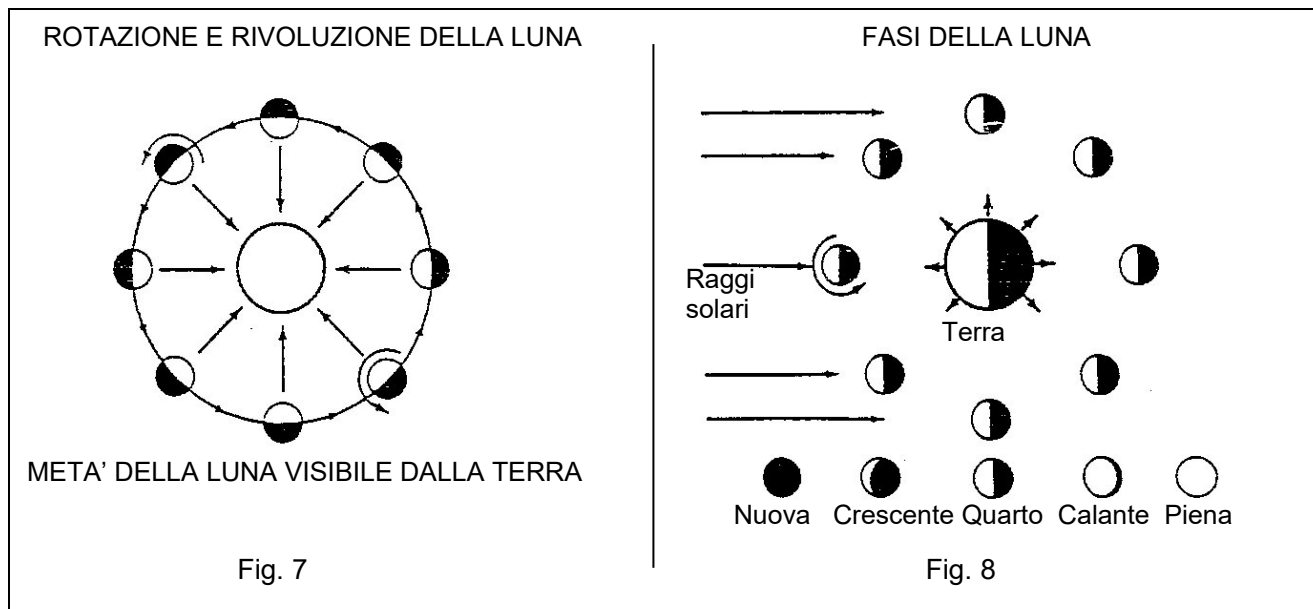
Con i Planetarium possono essere dimostrati i movimenti principali, le fasi, e le eclissi della luna. Mentre la terra si muove di mese in mese, la luna gira attorno alla terra in senso antiorario se vista dall'alto. Per girare attorno alla terra la luna impiega esattamente 29 giorni e mezzo. In questo periodo, effettua anche una rotazione sul suo asse, sempre in senso antiorario. Questi movimenti sono illustrati nella Figura 7. Il mese di 29 giorni e mezzo da una luna piena all'altra è chiamato mese sinodico. Il periodo effettivo della rivoluzione è 27 giorni e 8 ore. La differenza di tempo per raggiungere un'altra luna piena risulta dal fatto che nel frattempo anche la terra si è spostata di circa 1/13 della sua distanza nella sua orbita attorno al sole.

Vediamo solo una faccia della luna

Poiché la luna effettua solo una rotazione completa sul suo asse ogni volta che gira intorno alla terra, riusciamo a vederne solo una faccia. Se la luna non ruotasse o se ruotasse più di una volta per rivoluzione, riusciremmo a vedere tutte le sue facce. In effetti, noi vediamo il 59% della superficie lunare in un determinato periodo di tempo per via della sua orbita inclinata e poiché la luna, durante la rivoluzione attorno alla terra, oscilla leggermente.

Le fasi lunari

La faccia della luna rivolta verso il sole è sempre illuminata eccetto durante un'eclissi. Vista dalla terra, la parte illuminata cambia forma man mano che la luna gira attorno alla terra. Per dimostrare le fasi lunari con l'*Orbiter luminoso*, accendete il sole, oscurate la stanza e spostate lentamente la luna nelle diverse posizioni. Man mano che la luna viene spostata nelle diverse posizioni, immaginate di guardare la luna come se foste sul modello della terra. Osservate che la parte illuminata cambia dalla forma crescente a luna piena come illustrato nella Figura 8.



Eclissi

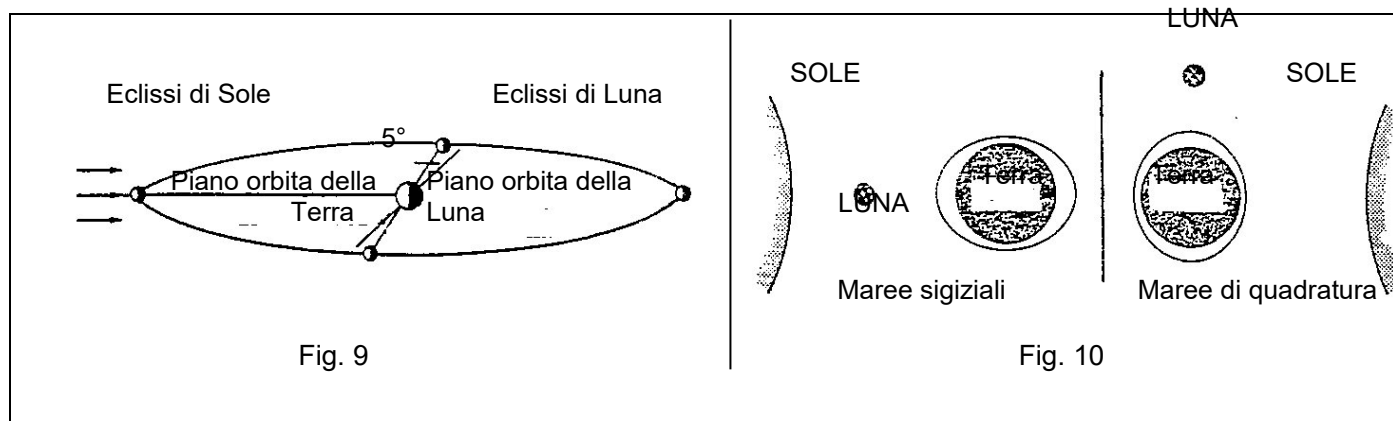
Quando si utilizza l'*Orbiter*, potrebbe sembrare che l'ombra della luna debba raggiungere la terra ad ogni luna nuova e che l'ombra della terra debba raggiungere la luna ad ogni luna piena. Tuttavia, nella realtà, questo avviene raramente nell'universo perché la terra e la luna non ruotano sullo stesso piano. L'orbita della luna è inclinata di circa 5° rispetto all'orbita della terra. Vedere la Figura 9. Di conseguenza, le ombre solitamente cadono nello spazio perché la luna si trova generalmente sopra o sotto le ombre, quando la terra, il sole e la luna sono sulla stessa retta. L'orbita della luna sposta immancabilmente la sua posizione a seconda della terra, man mano che la terra e la luna girano attorno al sole. Quindi la luna nuova o la luna piena entrano o si avvicinano al piano dell'orbita della terra ogni sei mesi circa. È solo in questi casi che l'ombra della luna può cadere sulla terra oppure che l'ombra della terra può cadere sulla luna producendo un'eclissi.

Un'eclissi può essere lunare, quando la terra si trova tra il sole e la luna, oppure solare, quando la luna passa tra il sole e la terra. Studiare la Figura 9 per vedere come il sistema terra-luna gira attorno al sole e come ci sono due momenti in cui il sole, la terra e la luna sono sulla stessa retta. Questi momenti avvengono a distanza di 6 mesi uno dall'altro. Ci sono almeno due eclissi di sole nel corso di un anno, ma se ne possono verificare fino ad un massimo di cinque. Le eclissi di luna variano da zero a tre per anno.

Maree

In un qualsiasi punto la superficie del mare sale e scende due volte al giorno per la forza di gravità esercitata sulla terra dalla luna e dal sole. L'alzarsi e l'abbassarsi del livello del mare produce le maree. Ci sono due alte maree e due basse maree al giorno, e il livello dell'acqua si alza e si abbassa ogni 6 ore circa. L'attrazione gravitazionale della luna è circa il doppio di quella del sole per il fatto che la luna è molto più vicina alla terra. Quando il sole, la terra e la luna sono sulla stessa retta si raggiunge il massimo della forza di attrazione e quindi il massimo delle maree. Questo avviene due volte al mese al plenilunio e al novilunio. In questi momenti le maree vengono chiamate maree sigiziali. Al primo quarto e all'ultimo quarto la luna e il sole si trovano ad angolo retto così che la loro forza di attrazione non si somma e l'altezza della maree è al minimo. Le maree di questo periodo vengono chiamate maree di quadratura. La Figura 10 illustra le maree sigiziali e di quadratura.

Gli *Orbiter* non possono essere utilizzati per dimostrare le maree, possono però mostrare la posizione del sole, della luna e della terra durante i vari tipi di marea.



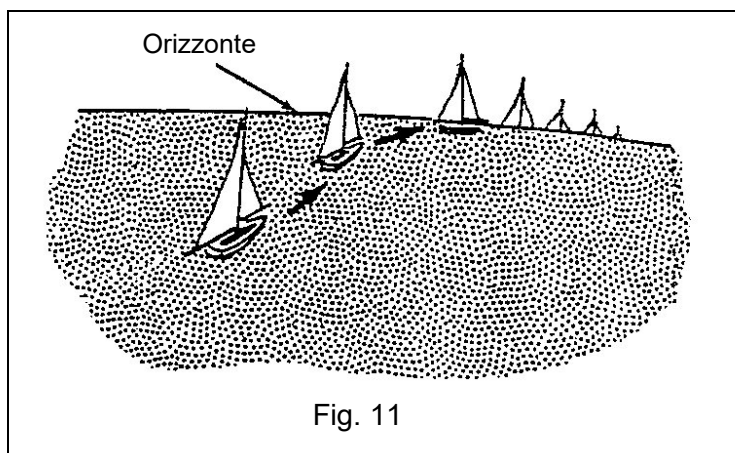
OSSERVAZIONI E ATTIVITA'

La terra è rotonda

Probabilmente una delle prove più convincenti che la terra è rotonda è il modo in cui una nave sembra progressivamente affondare man mano che si avvicina alla linea dell'orizzonte marino. Se montate un telescopio su un punto alto della costa e osservate una nave che sta navigando al largo, vedrete che lo scafo sarà la prima parte a scomparire mentre l'albero maestro sarà l'ultima (Figura 11). Prendete un mappamondo e spostate una nave tutto intorno per capire cosa succede. Poi confrontate questo guardando una nave su una superficie piana e notate la differenza man mano che la nave si sposta. In quali altri modi possiamo dimostrare che la terra è rotonda?

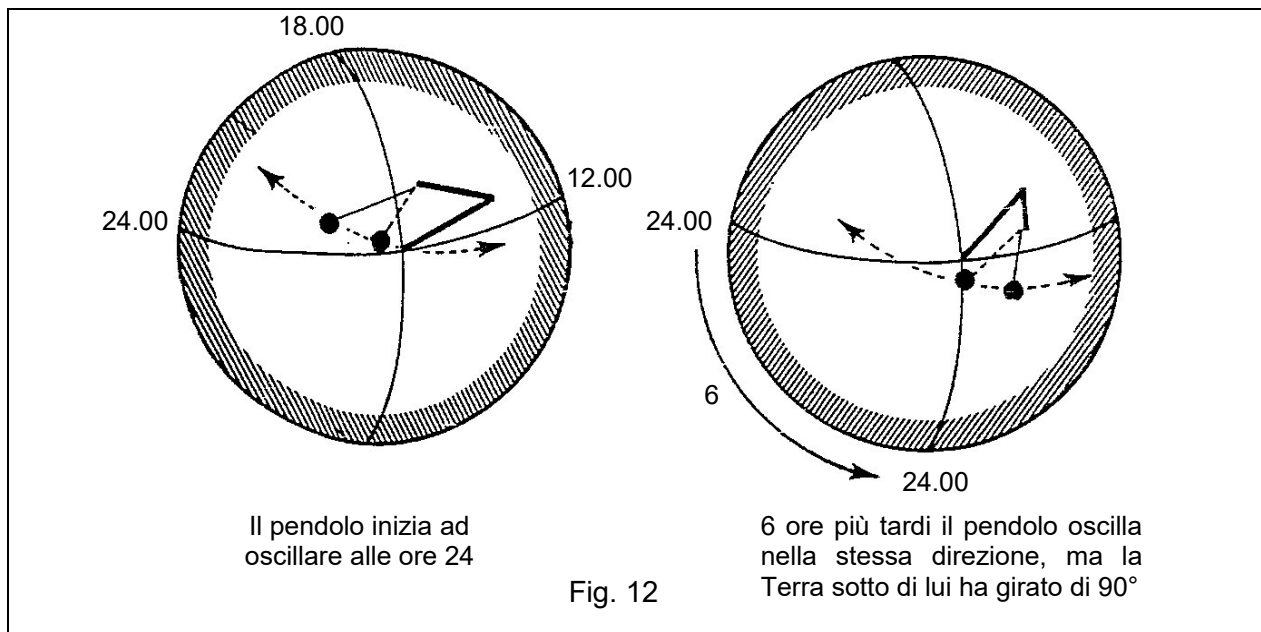
La terra gira sul suo asse

Per dimostrare che la terra gira sul suo asse, J.B.L. Foucault sviluppò un esperimento con un pendolo. Ad ogni oscillazione il pendolo sembra leggermente spostare il suo piano in senso orario. Poiché Foucault sapeva che il piano di oscillazione di un pendolo non si sposta, dedusse che stesse girando il pavimento sotto il pendolo o, più esattamente, che stava ruotando la terra. Potete costruire un pendolo con una corda o un filo metallico lungo 3 metri o più e un peso di almeno 2,5 kg. Disponetelo lontano da correnti d'aria in una spaziosa tromba delle scale. Iniziate a far oscillare il pendolo in linea retta. Segnate con un gesso la linea della direzione in cui il peso inizia ad oscillare.



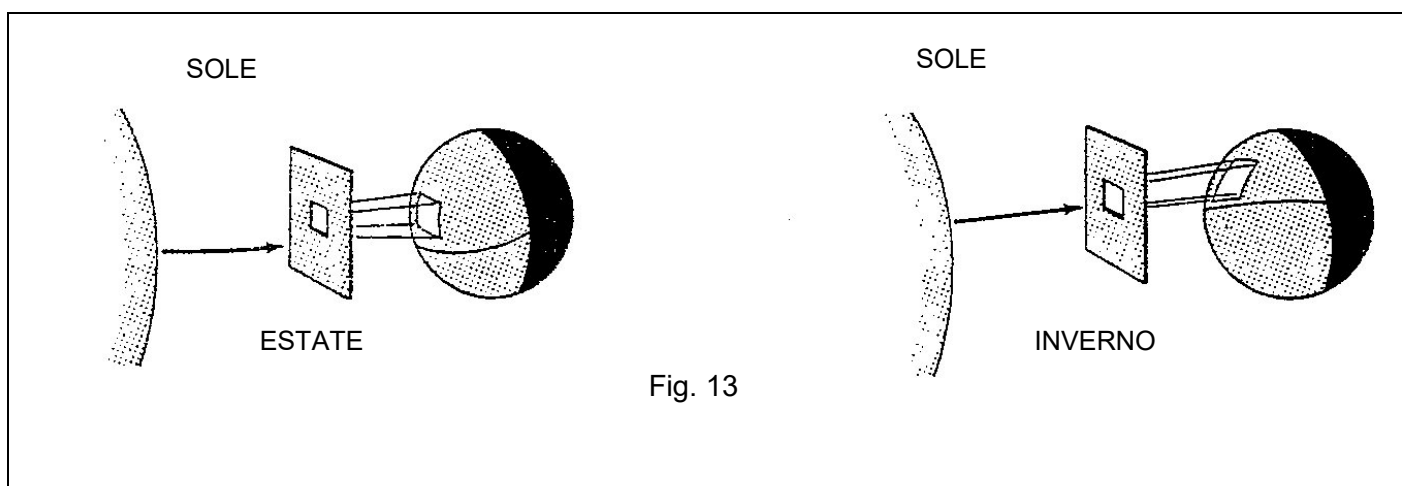
Dopo 15-20 minuti, noterete che il pendolo non segue più lo stesso percorso dell'inizio ma si è mosso leggermente rispetto alle prime oscillazioni. In effetti, il piano di oscillazione è uguale a prima, ma è il pavimento ad essersi mosso.

Ai poli, la terra farà una rotazione completa al giorno sotto il pendolo, mentre all'equatore non ci sarà nessuno spostamento dell'oscillazione del pendolo. La Figura 12 illustra il percorso del pendolo in relazione alla rotazione della terra.



L'inclinazione dell'asse della terra causa le stagioni

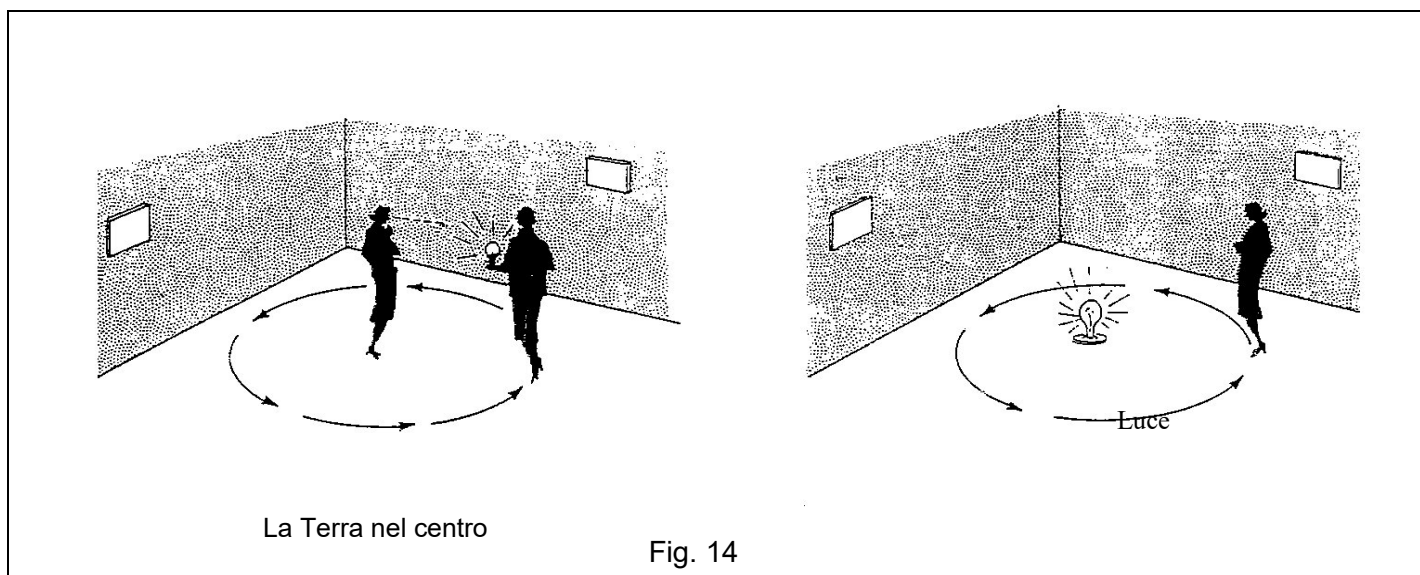
Il cambiamento delle stagioni è interamente dovuto all'inclinazione dell'asse terrestre e alla sua rivoluzione attorno al sole. Questo si può osservare ritagliando un quadrato di circa 2 cm. su un cartoncino. Spostare l'*Orbiter* sul solstizio d'estate. In questa posizione l'emisfero nord è inclinato verso il sole ed è estate. Se si fa passare un fascio di luce attraverso il quadrato ritagliato, lo si vedrà concentrato su un punto di forma quasi quadrata. Il calore è quindi intenso quando i raggi del sole cadono perpendicolarmente sulla superficie dell'emisfero nord. Invertire il braccio dell'*Orbiter* sul solstizio d'inverno e ripetere l'esperimento. Spostare leggermente il cartoncino in modo che la luce cada sull'emisfero nord. Ora la luce si spande su un'area maggiore perché i raggi solari sono inclinati e il calore è conseguentemente minore. L'emisfero nord si trova ora in inverno. Figura 13.



La terra gira intorno al sole

Il moto apparente del sole verso est lungo l'ellittica celeste durante l'intero anno è dovuto alla rivoluzione della terra attorno al sole, ma non è necessariamente la prova del movimento della terra. L'antico astronomo Tolomeo teorizzò che il sole girava attorno alla terra e questa fu la teoria riconosciuta per secoli. Nel XVI secolo Copernico sostenne che il sole era il centro del sistema solare e che la terra girava attorno al sole. Solo più tardi questa teoria si dimostrò quella esatta. È possibile dimostrare il moto apparente del sole su uno sfondo di stelle e le diverse teorie di Tolomeo e di Copernico. Potete ricreare questa situazione mettendovi al centro di una stanza per rappresentare una persona sulla terra mentre un'altra persona con in mano una lampada gira in cerchio attorno a voi in senso antiorario per rappresentare il sole. Vedrete illuminare di volta in volta i quadri appesi alle pareti che stanno a indicare le costellazioni celesti.

Questa attività esemplifica la teoria di Tolomeo. Per mostrare il sistema di Copernico, mettete la lampada al centro della stanza e camminate attorno in senso antiorario. La luce illumina nello stesso modo sui quadri alle pareti. La Figura 14 inette a confronto questa dimostrazione rispetto alla terra, al sole e alle stelle.



La misurazione della dimensione della terra

Poiché è impossibile misurare direttamente la dimensione della terra, si deve ricorrere alla misurazione indiretta. Un astronomo greco, Eratostene, misurò il diametro della terra nell'anno 250 a.C. basandosi su dei semplici principi geometrici. Egli sapeva che, durante il solstizio d'estate, nella città di Aswan (A) il sole era direttamente perpendicolare al terreno (non c'erano ombre). Nello stesso giorno e alla stessa ora in un'altra città, Alessandria (B), il sole produceva un'ombra, ciò significava che non era perpendicolare. L'ombra mostrava che il sole era a $7,20^\circ$ dalla posizione perpendicolare. Assumendo che i raggi di luce sulla terra da una fonte tanto distante sono essenzialmente raggi paralleli e sapendo che la distanza tra le due città era di 768 km, Eratostene fu in grado di calcolare la dimensione della terra come segue:

$7,2^\circ$ sono circa $1/50$ dei 360° della circonferenza della terra. La circonferenza della terra deve perciò essere 50×768 km (distanza tra Aswan e Alessandria), cioè 38.400 km. Poiché il diametro di una sfera è circa un terzo della sua circonferenza, egli concluse che il diametro della terra è circa 12.800 km.

PROGETTI

Si possono fare numerosi progetti di studio ed esperimenti con gli *Orbiter* per ampliare gli interessi ed aumentare la conoscenza su questa materia. Qui di seguito sono indicati diversi progetti, ma numerosi altri possono essere sviluppati.

1. Trovare la direzione del sole all'alba e al tramonto del luogo in cui vi trovate nei mesi di dicembre e di giugno.
2. Determinare le stesse direzioni per Buenos Aires.
3. Calcolare le ore di luce e di buio indicative del luogo dove vi trovate per il 21 giugno e il 22 dicembre.
4. Determinare il tempo approssimativo del sorgere del sole e del tramonto per il luogo dove abitate a queste date.
5. Determinare l'ora del sorgere del sole e del tramonto a Melbourne in Australia in certi giorni.
6. Determinare l'altitudine approssimativa del sole nel luogo dove abitate a mezzogiorno del 21 giugno e del 22 dicembre. (Questo può essere determinato mettendo il goniometro sul globo con il punto indicante 90° in direzione dello zenit del luogo. L'elevazione del centro del sole può essere visto sul goniometro).
7. Determinare le stesse informazioni per Singapore.
8. Individuare la parte della terra che ha 24 ore di buio il 1 novembre.
9. Individuare quella parte della terra che ha 24 ore di luce il 1 novembre.



THE ORBITER PLANETARIUM

INTRODUCTION

The *Orbiters* are scientific models representing the sun, earth, moon and the relation between them. They are intended for demonstrating the essential movements of the earth and sun and for explaining the alternation of day and night, seasons and lunar phases. The sun shows the light source of the earth and indicates the areas of the day and night during the different seasons. The following pages list many of the main relations that can be demonstrated by using the *Orbiters*.

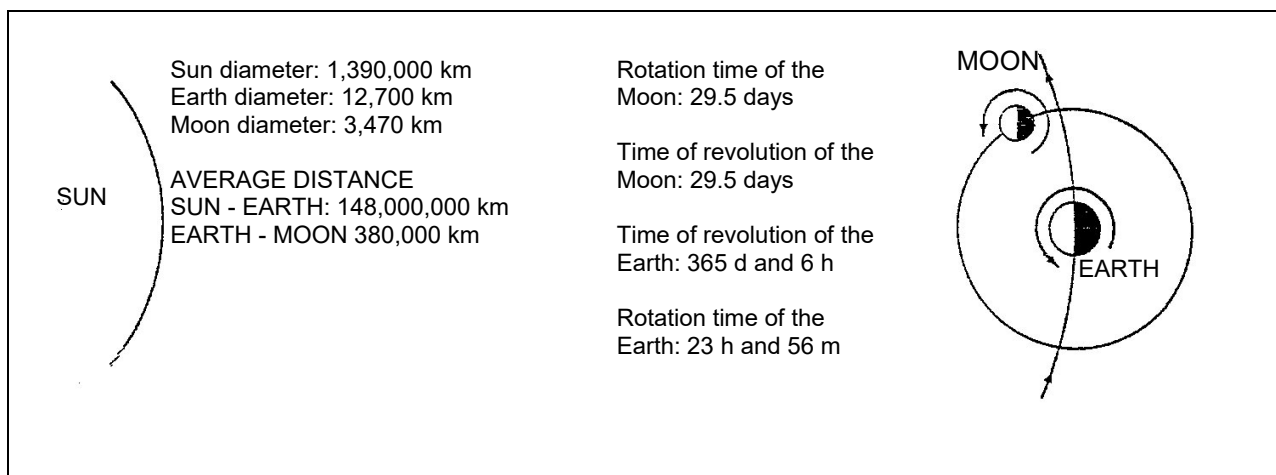
Respecting the real scale is impossible with models with these dimensions.

The distance scale of the *Orbiters* is relative, as it shows that the distance between the sun and earth is greater than the distance between the earth and the moon.

Real dimensions and distances and the rotation and revolution periods of the earth and moon are indicated in Figure 1.

Essential researches with the *Orbiter*:

1. How earth rotation causes the day and night.
2. How earth revolution around the sun and the earth axis inclination originate the seasons.
3. Why the sun rises in the east and sets in the west?
4. How the earth revolutions around the sun and earth axis inclination change the duration of the day and night.
5. Why the sunset duration varies depending on the seasons and latitudes.
6. Why there is the midnight sun
7. Why there are lunar phases.
8. Why we see only one face of the moon.
9. Why there are the sun and moon eclipses.
10. Why there are tides.



Luminous Orbiter

The *Orbiter* has three main parts: the sun, earth and moon. The sun is represented by the yellow ball, the earth by a globe and the moon by a smaller ball. The *Orbiter* allows to show the earth and moon movements simultaneously during the earth's revolution around the sun.

The sun can be switched on to show that the sun is the source of light of the earth and the moon. When the *luminous Orbiter* is used in a dark room, the parts of the earth under the light and those in the dark are well defined. To make the *Orbiter* work, the supporting arm must be moved every month on the calendar.

2 AA batteries are required.

DAY AND NIGHT

One of the most important demonstration is explaining the day and night. The rays of the always illuminate the half of the earth that faces the sun. This is the side of the day. The other half of the earth that does not face the sun remains dark. This is the side of the night. If the *luminous Orbiter* is used, switch on the sun and switch the light of the classroom off, to highlight the light side and the dark side of the earth.

To demonstrate the day and the night, rotate the earth completely; you will notice that the point where you are, during rotation, passes once in the day and once in the night.

Sunrise and sunset

When the earth rotates from west to east, notice that when the point where you are enters the night, the sun appears in the west. This explains why the sun sets in the west. While the earth keeps rotating, you will notice that when the point where you are enters the day side, the sun appears at east compared to your position. This explains why the sun rises always in the east. Notice that the sun does not move. The apparent motion of the sun from east to west is caused by the earth's rotation.

Duration of the day

The *Orbiter* allows demonstrating how the duration of the light hours and dark hours gradually changes in several parts of the world according to the rotation of the earth around the sun. Generally, days are longer in the summer and shorter in the winter, even if the day and night always last 12 hours at the equator. For example, to demonstrate how long a day lasts in New York on the summer solstice, set the earth on the summer solstice and rotate it so that New York is found in the day side. Count the meridians in the daylight that pass along the New York parallel, as shown in Figure 3. In this globe, the distance between meridians is 15° , ie the distance that the earth carries out in one hour rotation. To define the day and night areas, switch the *luminous Orbiter sun* on. You will notice that on the 21 of June, New York will have about 15 hours of light and 9 of dark. Now move the earth in full winter and count the light hours for New York. Notice that light will last for 10 hours and darkness for 14 hours.

The midnight sun

The *Orbiters* allow demonstrating the midnight sun. Move the sun on the summer solstice. Observe that the area at the North of the Arctic Polar Circle never passes through the dark side. This area has 24 hours of light and it is known as the midnight sun land. Observe that the South Pole region never passes through the light side on the 21st of June. Make the earth rotate around the sun for half revolution until reaching the winter solstice; you will notice that the South Pole region has 24 hours of light and that of the North Pole has 24 hours of darkness.

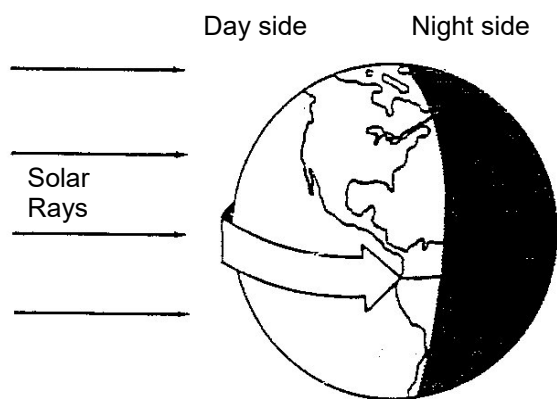


Fig. 2

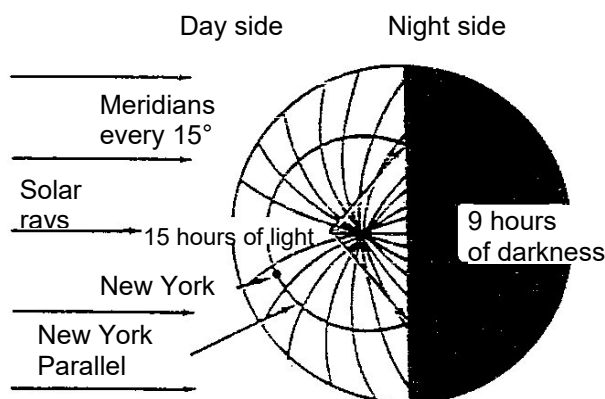


Fig. 3

Dusk and dawn

As the point where you are gradually passes from day to night or vice-versa, there is a period of dusk or dawn, between the moment when the sun is at the horizon line and full darkness. Dark arrives when the central point of the sun is at 18° under the horizon. Study Figure 4. The figure shows the dusk area on the 21st of March or the day of the 23rd of September. Dusk duration varies according to the latitude. There are 12 hours of dusk at 75° north and 75° south latitude; 90 minutes of dusk at 45° north and 45° south latitude, whereas in the equator there are 70 minutes of dusk.

Set the *Orbiter* on different dates and displaying the area at the 18° of dusk, observe how the dusk period varies according to the latitude and also to seasons. At high latitudes and during the summer, dusk lasts longer.

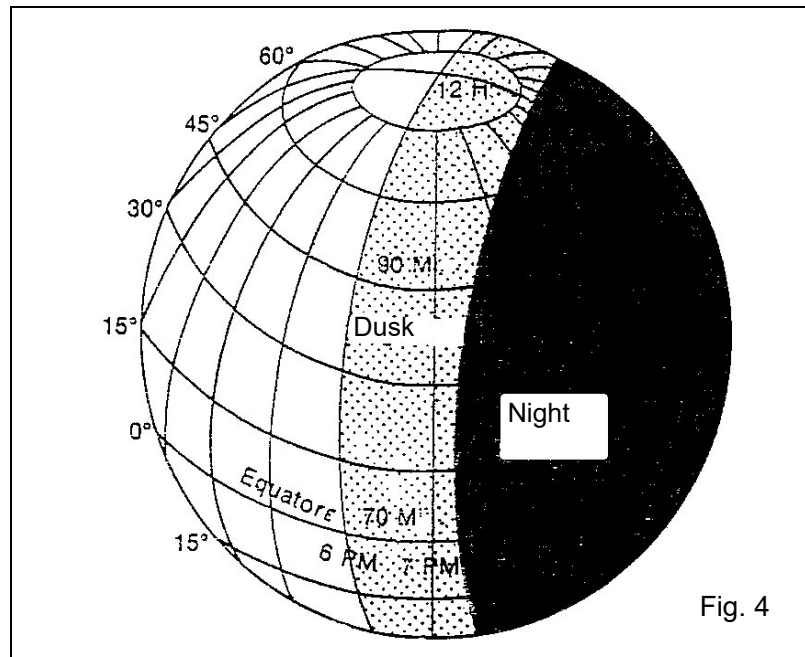


Fig. 4

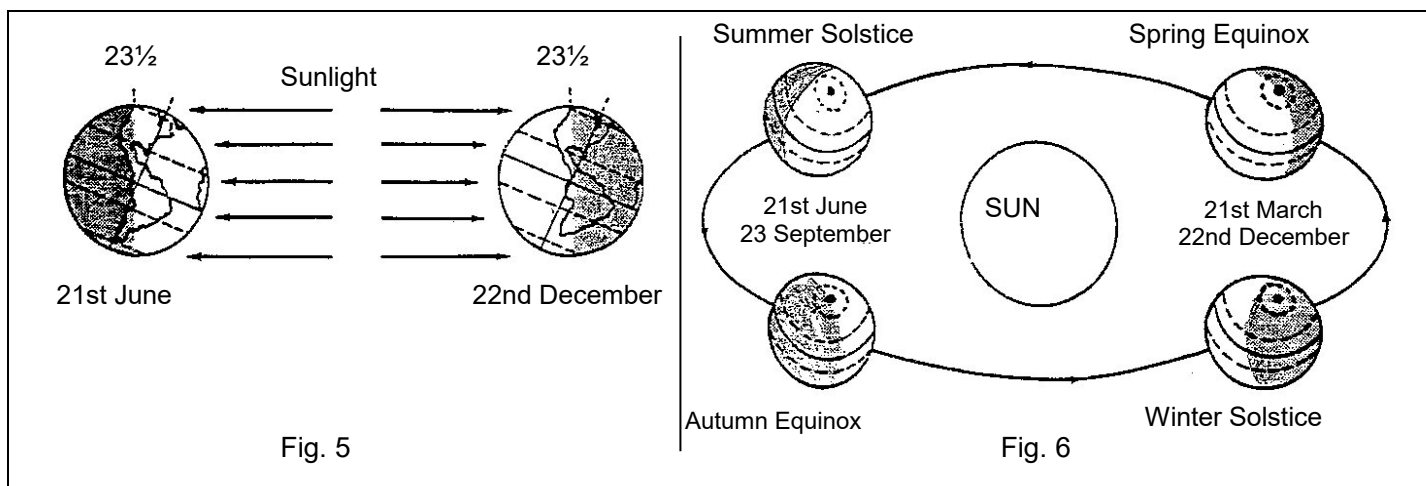
THE SEASONS

The earth rotates not only around its axis but also around the sun. The earth's axis has a constant inclination of 23.5° compared to the revolution of the sun. The earth axis always faces the same direction, that indicated by the Pole Star. This combination of inclination and revolution causes the change of the seasons.

To demonstrate why there are different seasons, move the arm that supports the earth so that is aligned to the summer solstice. The north hemisphere is inclined towards the sun and the sun rays are concentrated on the north hemisphere. Therefore, the north hemisphere is in summer and the south hemisphere is in winter. Make the earth rotate anticlockwise around the sun, until it reaches the autumn equinox. The midday sun is directly above the equator in that moment; the north hemisphere is in autumn and the south hemisphere in spring.

Keep rotating the earth anticlockwise until it reaches the winter solstice. The North Pole is inclined towards the opposite direction of the sun and the sun rays are concentrated on the south hemisphere. Now it is winter in the north hemisphere and summer in the south hemisphere.

Keep rotating the earth until reaching the spring equinox. The sun is again above the equator. It is autumn in the south hemisphere and spring in the north hemisphere.



THE MOON

The Moon is the closest celestial body to Earth, as it has an average distance of 380,000 Km. As it has no atmosphere, the temperature reaches 100°C during the day to drop to -120°C during the night. The most typical characteristic of the moon are its craters on most of its surface, while the wide plains, called lunar seas, which are darker compared to the rest of the moon surface, cover half of the territory and are the most visible features. Some moon mountain chains are higher than 6,000 metres. The moon is considered lifeless, an inhospitable and arid desert, more than any other of the earth.

The Planetarium allows showing the main movements, phases and moon eclipses. While the earth moves month after month, the moon rotates around the earth anticlockwise if seen from above. The moon takes exactly 29.5 days to rotate around the earth. This way, it also rotates on its axis, always anticlockwise. These movements are shown in Figure 7. The period that goes from one full moon to the other, 29.5 days, is called synodic month. The effective revolution period is 27 days and 8 hours. The difference in time to reach another full moon is due to the fact that also the earth has moved of about $1/13$ its distance in its orbit around the sun.

We see only one side of the moon

As the moon fully rotates on its axis only once every time it rotates around the earth, we see only one side. If the moon does not rotate or rotates more than once per revolution, we could be able to see all of its sides. In fact, we only see 59% of the moon surface, due to its inclined orbit and because the moon slightly oscillates, during the revolution around the world.

The phases of the moon

The side of the moon that faces the sun is always illuminated, except during an eclipses. Seen from the earth, the illuminated side changes as the moon rotates around the earth. To demonstrate the moon phases with the *luminous Orbiter*, switch the sun on, switch the classroom light off and slowly move the moon in its several positions.

As the moon moves to the different positions, imagine to watch the moon as you were on the earth's model. Notice that the illuminated side changes from crescent to full moon, as shown in figure 8.

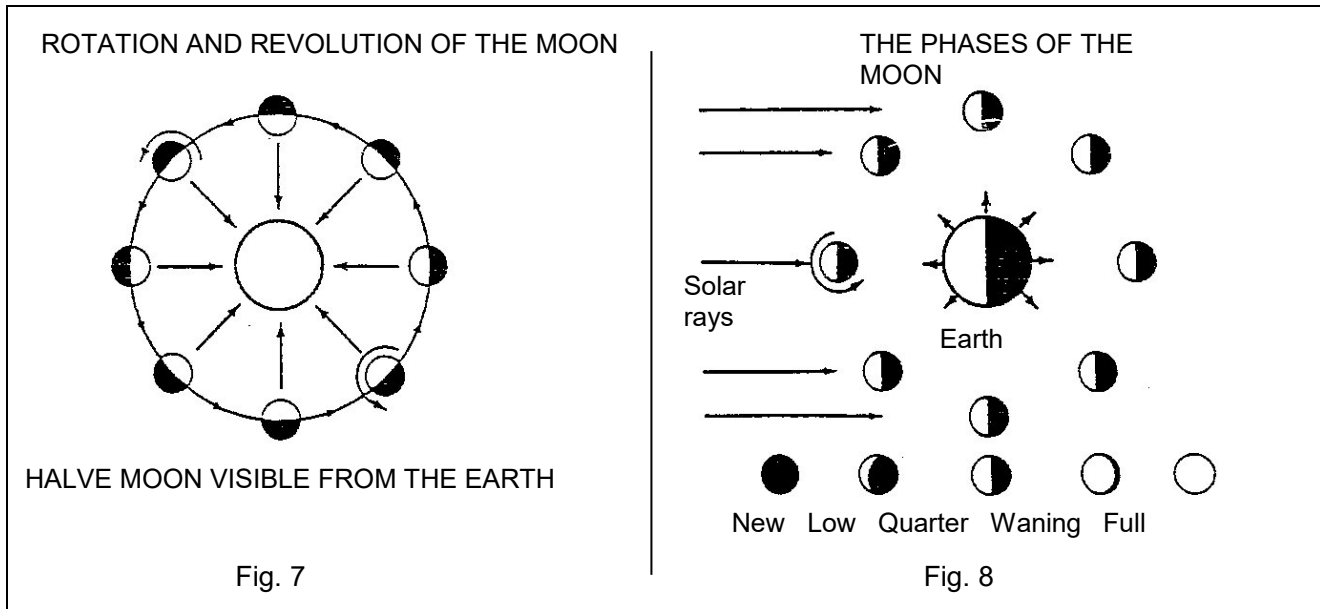
Eclipse

When the *Orbiter* is used, the shadow of the moon may seem to reach the earth at every new moon and that the shadow of the earth may seem to reach the moon at every full moon. However, this happens rarely in the universe, as the earth and moon rotate on the same angular rate. The moon orbit is inclined of about 5° compared to the earth's orbit. See Figure 9. As a result, usually shadows fall into the space, as the moon is generally above or below the shadows, when the earth, sun and moon are on the same line. The moon orbit

HS151

moves its position depending on the earth, as both the earth and moon rotate around the sun. Therefore, the new moon and full moon enter or move closer to the earth's orbital plane about every six months. Only in this event the moon shadow can fall onto the earth or the earth shadow falls onto the moon, generating an eclipse.

An eclipse can be solar or lunar, depending on whether the earth is found between the sun and the moon or when the moon passes between the sun and the earth. Study Figure 9 to see how the earth-moon system rotates around the sun and how there are two moments when the sun, earth and moon are on the same line. These moments occur six months one from the other. The sun eclipses can go from two to five throughout the year. Moon eclipses vary from zero to three in a year.

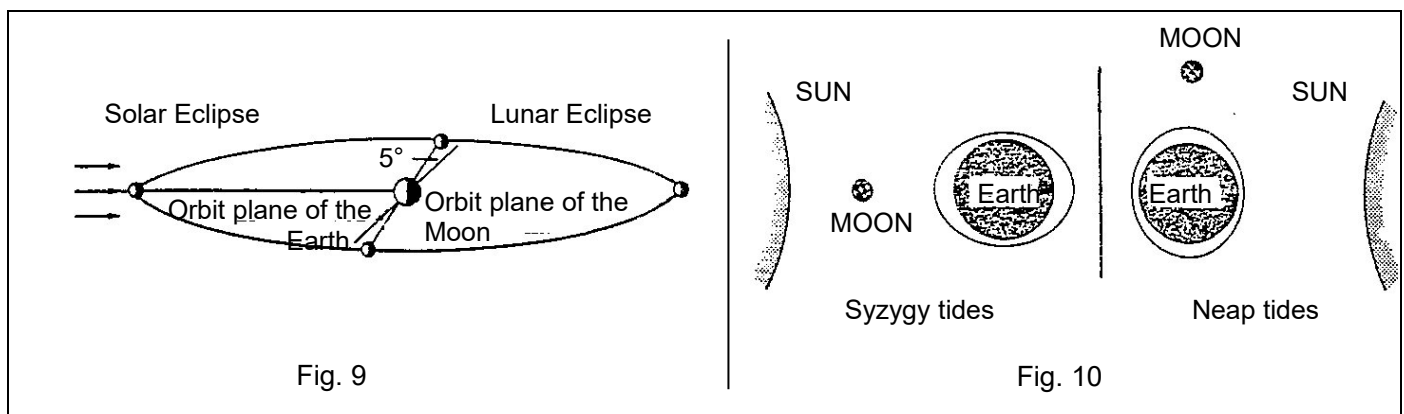


Tides

The sea surface rises and falls in any point twice a day due to the force of gravity the moon and sun exert on the earth. The rise and fall of the sea level produce the tides. High tides and low tides occur twice a day and the sea level rises and falls about every 6 hours. The gravitational attraction of the moon is twice that of the sun, as the moon is much closer to the earth.

When the sun, earth and moon are on the same line, the maximum attraction force is reached and; therefore, the maximum tide is obtained. This happens twice a month, at full and new moon. This condition is known as Syzygy. At the first and last quarter, the sun and the moon are at right angles, so that their attraction force does not accumulate and the tides height is minimum. The tides of this period are called neap tides. Figure 10 shows the Syzygy and neap tides.

The *Orbiters* cannot be used to show the tides; however they can be used to show the position of the sun, moon and earth during the several types of tides.



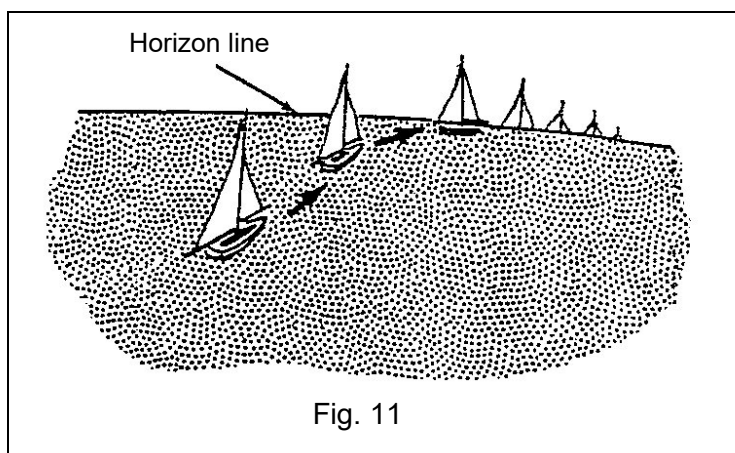
OBSERVATIONS AND ACTIVITIES

The earth is round

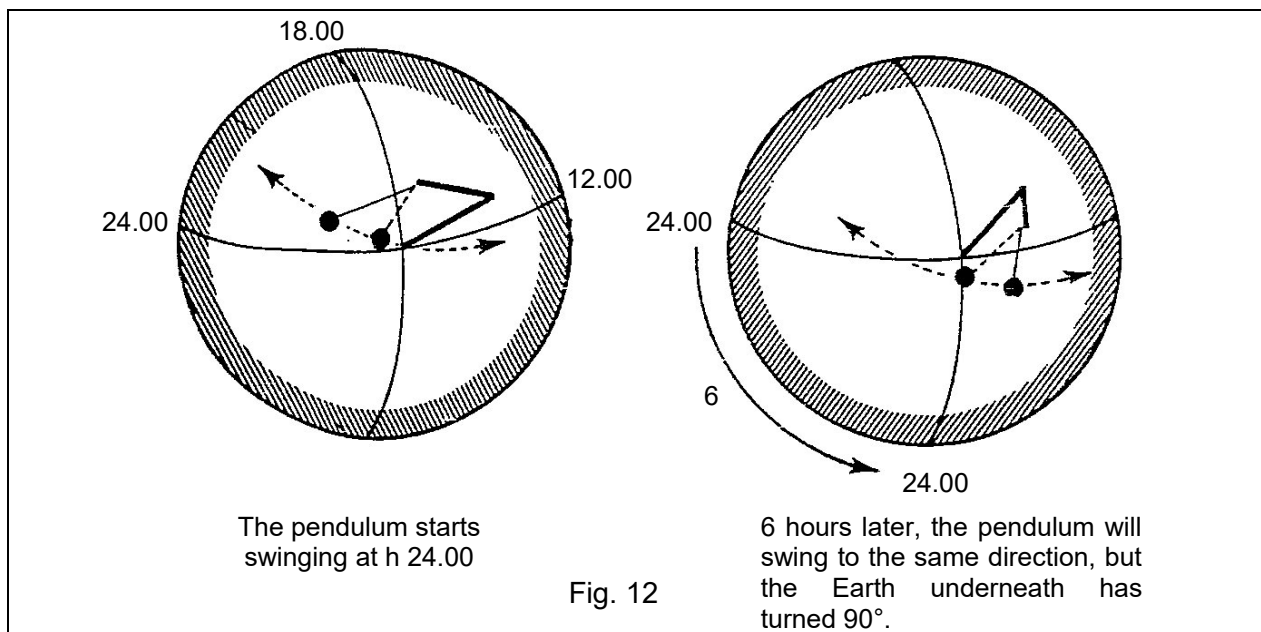
Probably one of the most convincing explanations that the earth is round, is the way the ship seems to sink gradually as it moves closer to the sea horizon line. If you observe a ship sailing off with a telescope in a high point of the coast, you will notice that the first part to disappear is the hull and the last part is the mast (Figure 11). Move a ship all around the globe to understand what happens. Then compare this with a ship on a flat surface and notice the difference as the ship moves. In what other ways we can prove that the earth is round?

The earth rotates around its axis

To show that the earth rotates around its axis, J.B.L. Foucault ran an experiment with a pendulum. At every oscillation, the pendulum seems moving its line clockwise. As Foucault knew that the oscillation line of a pendulum does not move, he deduced that it was the floor under the pendulum that was moving or, rather, it was the earth that was rotating. According to this observation, make a pendulum with a minimum 3 m rope or metal string and a 2.5 Kg weight. Place it away from air currents in a large stairwell. Start swinging the pendulum in straight line. Mark the direction line where the weight starts swinging with a chalk.



After 15-20 minutes, you will notice that the pendulum will stop following the same direction and move slightly to an angle compared to the first swings. In fact, the swing line remains the same, but the floor moved. At the poles, the earth will make a full rotation a day under the pendulum, while at the equator there will be no displacement of the pendulum. Figure 12 shows the path of the pendulum in relation to the rotation of the earth.



The axis inclination of the earth determines the seasons.

The seasons change due to the inclination of the earth axis and its revolution around the sun. This can be noticed by cutting a 2 cm square on a card and using the *luminous Orbiter*. Move the *Orbiter* on the summer solstice. In this position, the north hemisphere is inclined towards the sun and it is summer. If a light beam passes through the cut square, you will see it concentrated on an almost squared shaped point. Heat is intense when the sun rays fall perpendicularly on the north hemisphere surface. Invert the arm of the *Orbiter* on the winter solstice and repeat the experiment. Slightly move the card so that the light falls on the north hemisphere. Now the light is extended on a larger area, as the sun rays are inclined and heat is less. The north hemisphere is now in winter. Figure 13.

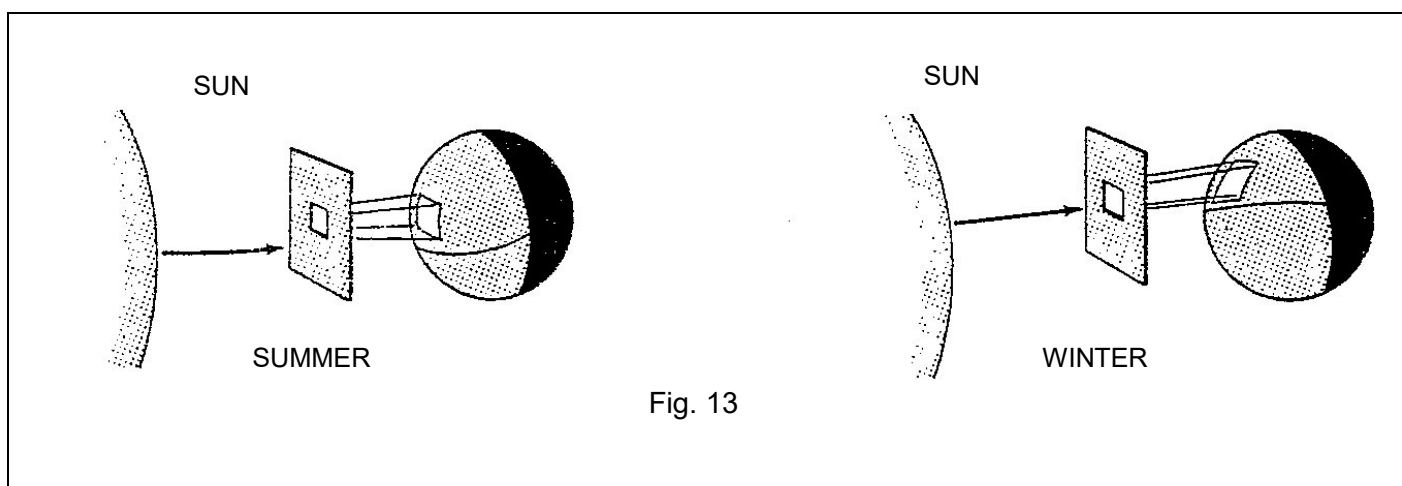


Fig. 13

The earth rotates around the sun

The apparent motion of the sun towards east along the celestial ecliptic during an entire year is due to the revolution of the earth around the sun; however, this is not necessarily the evidence of the earth movement. The ancient astronomer Ptolemy theorized that the sun revolved around the earth and that was the theory known for centuries. In the sixteenth century, Copernicus argued that the Sun was the centre of the solar system and that the earth revolved around the sun. This theory was proven to be correct only later. The apparent motion of the sun can be shown on a star background and the different theories of Ptolemy and Copernicus. To recreate this situation, position yourself in the middle of the room to represent a person on the earth, while another person holding a lamp rotates around you anticlockwise to represent the sun. As this person rotates, the pictures on the wall representing the constellations will be illuminated. This activity simplifies Ptolemy's theory. To demonstrate Copernicus' system, place the lamp at the centre of the room and walk around it anticlockwise. The light illuminates the pictures on the wall the same way. Figure 14 compares this demonstration compared to the earth, sun and stars.

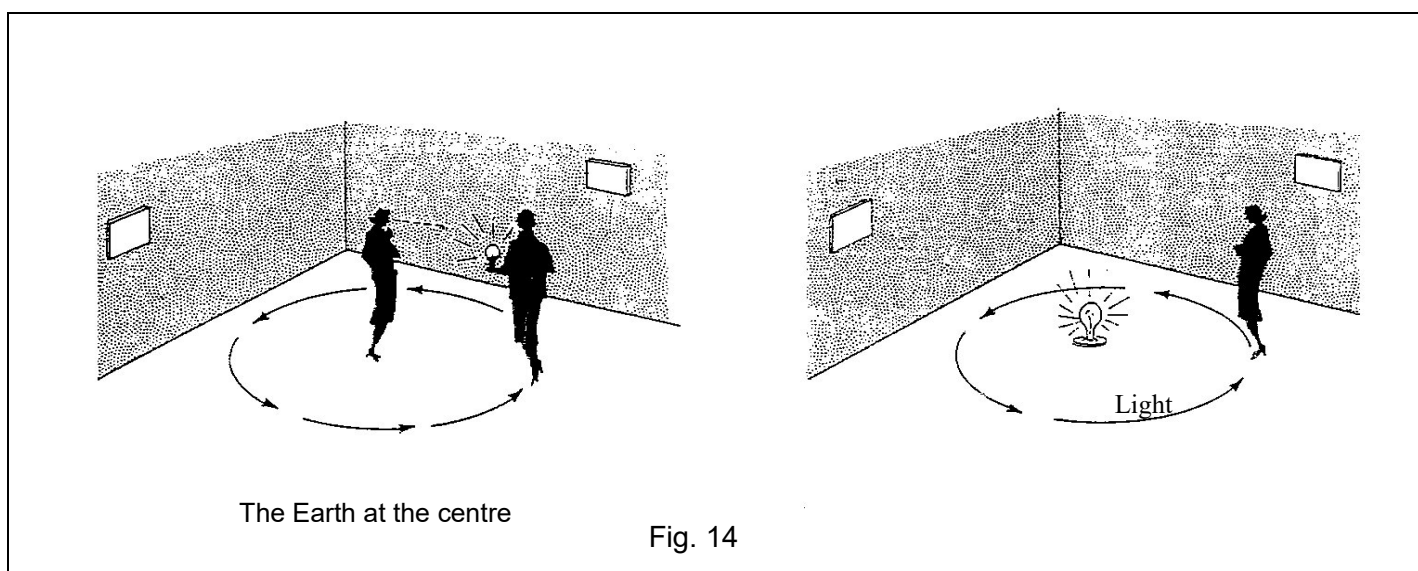


Fig. 14

Measuring the earth's dimension.

As it is impossible to measure the earth's dimension directly, it must be done indirectly. A Greek astronomer, Eratosthenes, measured the diameter of the earth in the year 250 BC based on simple geometric principles. He knew that during the summer solstice, the sun was directly perpendicular (there were no shadows) in the city of Aswan (A). In the same day at the same time in another city, Alexandria (B), the sun produced a shadow, this meant that it was not perpendicular. The shadow shown that the sun was at 7.2° from the perpendicular position. Assuming that the light rays on the earth from such a distant source are essentially parallel rays and knowing that the distance between the two cities was 768 km, Eratosthenes was able to calculate the dimension of the earth as follows:

7.2° are about $1/50$ of 360° of the earth. Therefore, the earth circumference must be 50×768 km (distance between Aswan and Alexandria) 38400 km. As the diameter of a sphere is $1/3$ its circumference, he concluded that the diameter of the earth is around 12800 km.

PROJECTS

Many study projects and experiments can be carried out with the *Orbiters* to widen interests and increase knowledge on this matter. Below we suggest different projects, but many others can be implemented.

1. Find the direction of the sun during the sunrise and sunset in the place you are during December and June.
2. Determine the same directions for Buenos Aires.
3. Calculate indicatively the amount of hours of light and darkness in the place you are on the 21st June and 22nd December.
4. Calculate approximately the time when the sun rises and sets for the place you live in during these dates.
5. Calculate the time when the sun rises and sets in Melbourne, Australia, in some days.
6. Calculate approximately the sun altitude in the place where you live in at midday on the 21st June and 22nd December. (This can be determined by placing a goniometer on the globe with the point indicating 90° in direction of the Zenith of the place. The sun centre elevation can be noticed on the goniometer).
7. Determine the same information for Singapore.
8. Detect the part of the earth that has 24 hours of darkness on the 1st of November.
9. Detect the part of the earth that has 24 hours of light on the 1st of November.



PLANO DE LA LECCIÓN EL PLANETARIO DE ORBITER

INTRODUCCION

Las órbitas son modelos científicos que representan el sol, la tierra, la luna y las relaciones que existen entre ellos. Se han estudiado para demostrar los movimientos fundamentales de la Tierra y la Luna y para explicar las causas de la alternancia del día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna. El sol ilustra la fuente de luz de la tierra e indica las zonas de día y de noche en las diferentes estaciones. En las páginas siguientes se enumeran muchos de los principales informes que pueden demostrarse mediante el uso de los Orbitadores.

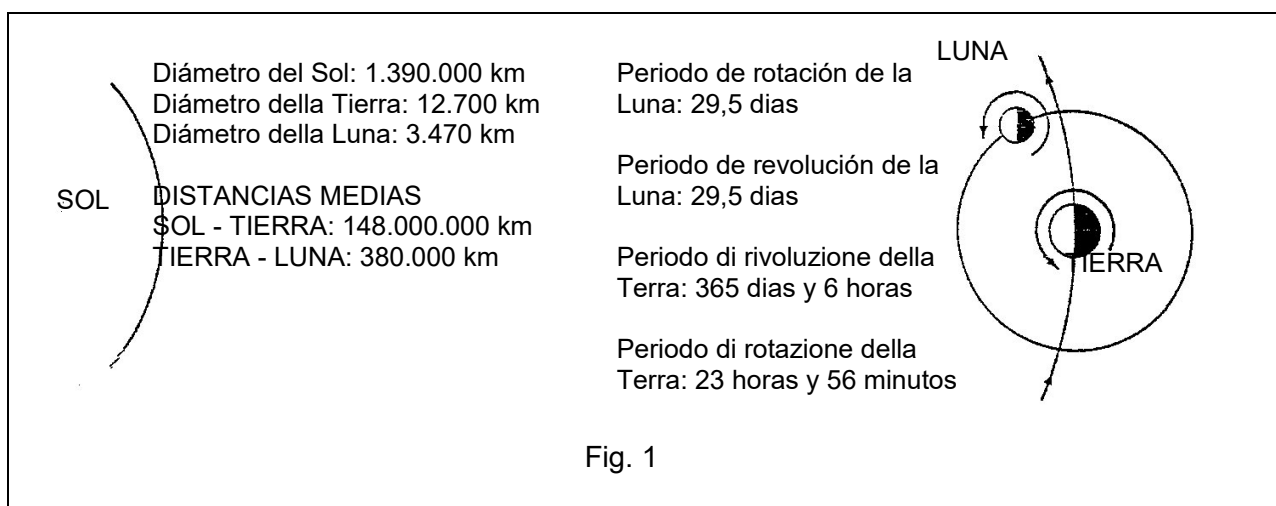
En los Orbitadores es prácticamente imposible respetar la escala real con modelos de este tamaño.

La escala de distancias del Orbitador es puramente relativa, de hecho, muestra que la distancia entre el sol y la tierra es mayor que la distancia entre la tierra y la luna.

Las dimensiones y distancias reales y los períodos de rotación y revolución de la Tierra y la Luna se muestran en la figura 1.

Investigación fundamental con el Orbitador:

1. Cómo la rotación de la Tierra causa el día y la noche.
2. Cómo la revolución de la Tierra alrededor del sol y la inclinación del eje de la Tierra dan lugar a las estaciones.
3. Porque el sol sale por el este y se pone por el oeste.
4. La forma en que la tierra gira alrededor del sol y la inclinación del eje de la tierra cambian la longitud del día y la noche.
5. Porque la duración del crepúsculo varía con las estaciones y las latitudes.
6. Porque hay un sol de medianoche.
7. Porque hay fases de la luna.
8. Porque sólo vemos una cara de la luna.
9. Porque hay eclipses de sol y de luna.
10. Porque hay mareas.



El Orbitador comprende tres partes principales: el sol, la tierra y la luna. El sol está representado por una esfera amarilla de 15 cm, la tierra por un globo de 10 cm y la luna por una esfera más pequeña.

El sol puede encenderse y el Orbitador permite que los movimientos de la tierra y la luna se muestren simultáneamente durante la revolución de la tierra alrededor del sol. El sol puede encenderse para mostrar que el sol es la fuente de luz de la tierra y la luna. Cuando se usa el Orbitador brillante en una habitación oscura, las partes de luz y sombra de la tierra y la luna aparecen claramente definidas. Para operar el Orbitador, el brazo de soporte debe ser movido mes tras mes en la pantalla de la fecha.

Requiere 2 pilas AA.

EL DIA Y LA NOCHE

Una de las demostraciones más importantes y fundamentales es la explicación del día y la noche. Los rayos del sol siempre iluminan la mitad de la tierra que está de cara al sol. Este es el lado del día. La otra mitad de la tierra que no mira al sol está siempre en la oscuridad. Este es el lado de la noche. Si usas el orbitador de luz, tienes que encender el sol y oscurecer la clase para resaltar el lado claro y el lado oscuro de la tierra. Para demostrar el día y la noche, haga que la tierra haga una rotación completa y notará que el punto donde se encuentra, durante la rotación, pasa una vez en el día y una vez en la noche.

El alba y la puesta de Sol

A medida que la tierra gira de oeste a este, notarán que cuando el punto en el que están entra en la noche, el sol aparece en el oeste. Esto explica por qué el sol se pone en el oeste. A medida que la tierra continúa girando, verás que cuando el punto donde estás entra en el lado del día, el sol aparece al este de tu posición. Esto explica por qué el sol siempre sale por el este. Observa que el sol no se mueve. Es la rotación de la tierra la que causa el aparente movimiento del sol de este a oeste.

Duración del día

Con el Orbitador se puede demostrar fácilmente cómo la duración de las horas de luz y de oscuridad en varias partes del mundo cambia a medida que la tierra gira alrededor del sol. En general, los días son más largos en verano y más cortos en invierno, aunque el día y la noche siempre duran 12 horas en el ecuador. Por ejemplo, para demostrar la duración del día en Nueva York en el solsticio de verano, pongan la tierra en el solsticio de verano y rótenla para que Nueva York esté al lado del día. Cuente los meridianos a la luz del día que pasan a lo largo del paralelo de Nueva York, como se muestra en la figura 3. En este globo, la distancia entre los meridianos es de 15° , que es la distancia que la tierra recorre en una hora de rotación. Para definir las zonas del día y la noche, encienda el sol del Orbitador luminoso. Verán que en el solsticio de verano en la ciudad de Nueva York hay unas 15 horas de luz y 9 horas de oscuridad. Muévase ahora a la mitad del invierno y cuente las horas de luz para la ciudad de Nueva York. Verá que hay unas 10 horas de luz y 14 horas de oscuridad.

El Sol de medianoche

Con la maqueta es posible explicar el Sol de medianoche. Mover la Tierra en la posición 21 de junio. Observar que la región del norte del círculo polar Ártico no pasa nunca por la parte oscura. Esta zona tiene 24 de luz y es conocida como la Tierra del Sol de medianoche. Observar que la región del polo Sur en la misma fecha no pasa nunca por la parte iluminada. Girar la posición al 22 de diciembre, y notar que la región del polo Sur tiene 24 horas de luz, mientras que la del Polo Norte tiene 24 horas de oscuridad.

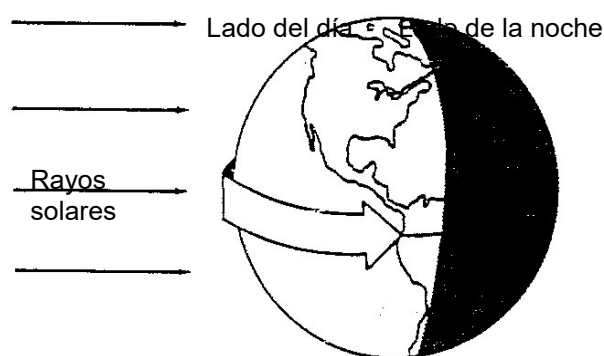


Fig. 2

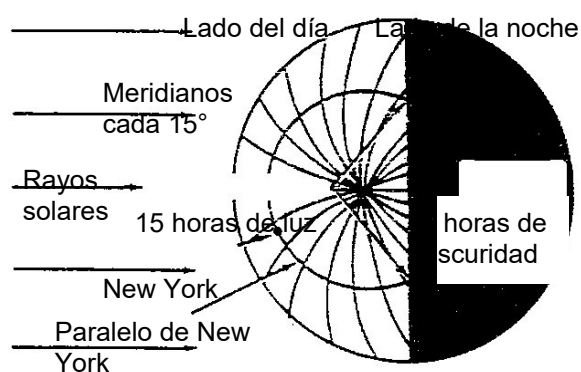
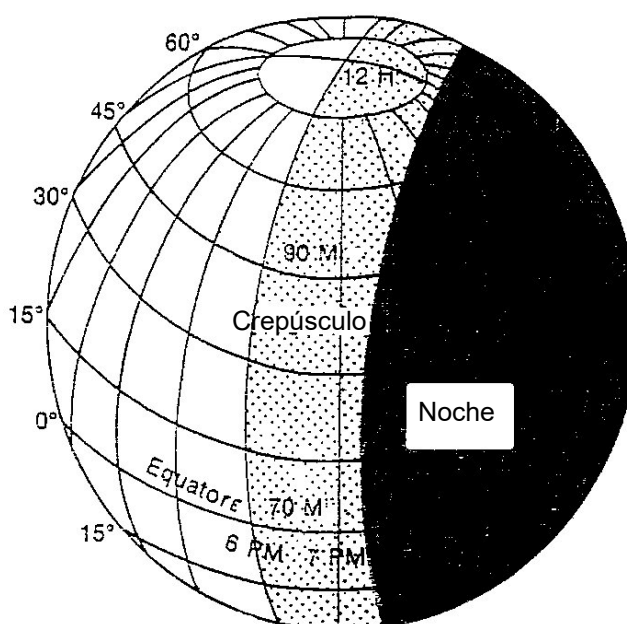


Fig. 3

Crepúsculo y alba

Cada vez que el punto en el cual nos encontramos pasa del día a la noche, o viceversa, existe un periodo de crepúsculo o alba entre el momento en el cual el Sol está al horizonte y el momento de oscuridad total. Se vuelve oscuro cuando el punto central del Sol se encuentra a 18° bajo el horizonte. Analicemos la fig. 4. Esta ilustración muestra la zona de crepúsculo del día 21 de marzo o del 23 septiembre. Se puede ver que la duración del crepúsculo es distinta según la latitud. En la latitud de 75° norte y 75° sur, hay 12 horas de crepúsculo, a 45° norte y a 45° sur de latitud hay 90 minutos de crepúsculo mientras que al ecuador hay 70 minutos de crepúsculo.

Regular la maqueta en distintas fechas y visualizando una zona a 18° de crepúsculo, observar como el periodo de crepúsculo varía no solo con la latitud sino también con las estaciones. Se verá que el crepúsculo dura mas en las latitudes altas y durante los meses veraniegos.



LAS ESTACIONES

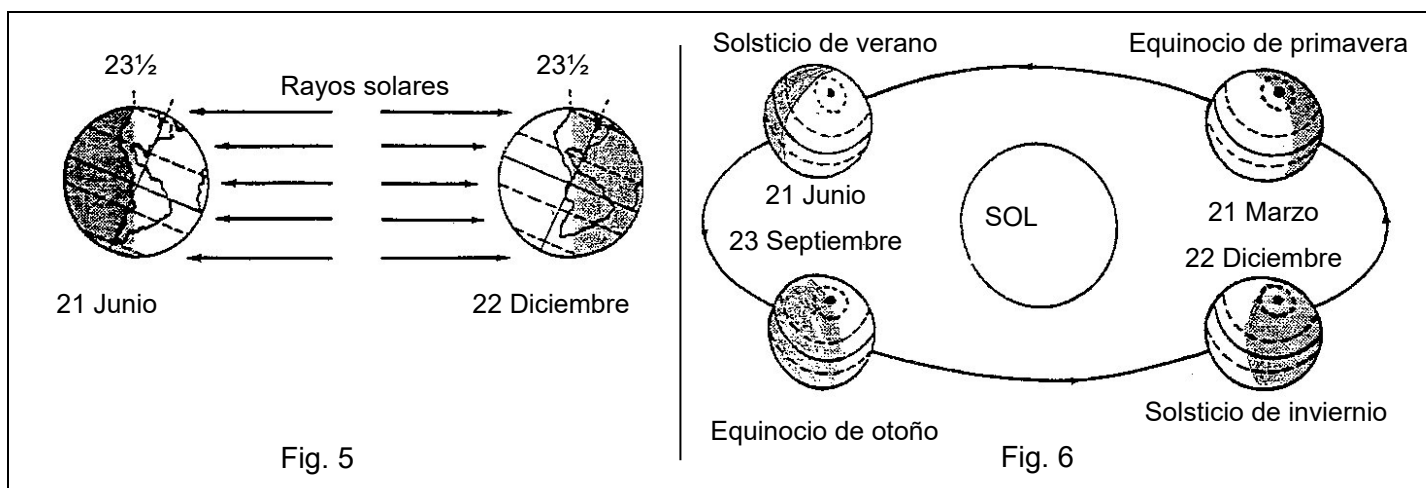
Mientras que la Tierra gira alrededor de su eje, también gira alrededor del Sol. El eje de la tierra siempre mantiene una inclinación de $23,5^\circ$ con respecto al plano de revolución alrededor del sol. El eje de la Tierra siempre apunta en la misma dirección, la marcada por la Estrella Polar. Esta combinación de inclinación y revolución hace que las estaciones cambien.

Para demostrar por qué hay diferentes estaciones, mueva el brazo que sostiene la tierra para que se alinee con el solsticio de verano. El hemisferio norte se inclina entonces hacia el sol y se puede ver que los rayos del sol se concentran en el hemisferio norte. Por lo tanto, es verano en el hemisferio norte e invierno en el hemisferio sur.

Gira la tierra en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor del sol hasta llegar al equinoccio de otoño. El sol de mediodía está entonces directamente sobre el ecuador y es otoño en el hemisferio norte y primavera en el hemisferio sur.

Continúa girando la tierra en sentido contrario a las agujas del reloj hasta llegar al solsticio de invierno. El Polo Norte está inclinado en dirección opuesta al sol y los rayos solares se concentran en el hemisferio sur. Ahora es invierno en el hemisferio norte y verano en el hemisferio sur.

Continúa rotando la tierra hasta que llegues al equinoccio de primavera. El sol está de nuevo directamente sobre el ecuador. Es otoño en el hemisferio sur y primavera en el hemisferio norte.



LA LUNA

A una distancia media de 380.000 km, la Luna es el cuerpo celeste más cercano a nosotros. Prácticamente desprovista de atmósfera, la temperatura del día alcanza unos 100°C mientras que la temperatura de la noche baja a -120°C . La característica más típica de la luna son los numerosos cráteres, presentes en casi toda su superficie, mientras que las vastas llanuras, llamadas mares lunares, que son de color más oscuro que el resto de la superficie lunar y cubren aproximadamente la mitad del territorio, son los rasgos más visibles a simple vista. Hay cadenas de montañas lunares que se elevan más de 6.000 metros. La luna se considera generalmente sin vida, un desierto más inhóspito y árido que cualquier desierto de la tierra.

Con los planetarios se pueden demostrar los principales movimientos, fases y eclipses de la luna. A medida que la tierra se mueve de mes en mes, la luna gira alrededor de la tierra en sentido contrario a las agujas del reloj cuando se ve desde arriba. La Luna tarda exactamente 29 días y medio en dar la vuelta a la Tierra. Durante este período, también rota sobre su eje, siempre en sentido contrario a las agujas del reloj. Estos movimientos se muestran en la figura 7. El mes de 29 días y medio de una luna llena a otra se llama el mes sinódico. El período real de la revolución es de 27 días y 8 horas. La diferencia de tiempo para llegar a otra luna llena se debe a que, entre tanto, la Tierra también se ha desplazado alrededor de $1/13$ de su distancia en su órbita alrededor del sol.

Vemos solo una cara de la Luna

Dado que la Luna sólo hace una rotación completa sobre su eje cada vez que gira alrededor de la Tierra, sólo podemos ver una cara. Si la luna no girara o si girara más de una vez por revolución, podríamos ver todas sus caras. De hecho, vemos el 59% de la superficie lunar en un período de tiempo dado debido a su órbita inclinada y porque la luna, durante la revolución alrededor de la tierra, oscila ligeramente.

Las fases lunares

La cara de la luna que da al sol siempre está iluminada excepto durante un eclipse. Visto desde la tierra, la parte iluminada cambia de forma a medida que la luna gira alrededor de la tierra. Para demostrar las fases de la luna con el Orbitador iluminado, encienda el sol, oscurezca la habitación y mueva lentamente la luna a diferentes posiciones.

A medida que la luna se mueve en las diferentes posiciones, imagina mirar a la luna como si estuvieras en el modelo de la tierra. Observe que la parte iluminada cambia de la media luna a la luna llena como se muestra en la figura 8.

Los eclipses

Al usar el Orbitador, puede parecer que la sombra de la luna debe llegar a la tierra con cada luna nueva y que la sombra de la tierra debe llegar a la luna con cada luna llena. Sin embargo, en realidad, esto rara vez ocurre en el universo porque la Tierra y la Luna no giran en el mismo plano. La órbita de la luna está inclinada unos 5° con respecto a la de la tierra. Véase la figura 9. Como resultado, las sombras suelen caer en el espacio porque la luna suele estar por encima o por debajo de las sombras cuando la tierra, el sol y la luna están en la misma línea. La órbita de la luna invariablemente cambia su posición dependiendo de la tierra, ya que la tierra y la luna giran alrededor del sol. Así que la luna nueva o la luna llena entra o se acerca al plano de la órbita de la Tierra cada seis meses. Sólo en estos casos la sombra de la luna puede caer sobre la tierra o la sombra de la tierra puede caer sobre la luna produciendo un eclipse.

Un eclipse puede ser lunar, cuando la tierra está entre el sol y la luna, o solar, cuando la luna pasa entre el sol y la tierra. Estudie la Figura 9 para ver cómo el sistema Tierra-Luna gira alrededor del sol y cómo hay dos momentos en los que el sol, la tierra y la luna están en la misma línea. Estos momentos ocurren con 6 meses de diferencia. Hay por lo menos dos eclipses de sol en el curso de un año, pero pueden ocurrir hasta un máximo de cinco. Los eclipses de luna varían de cero a tres por año.

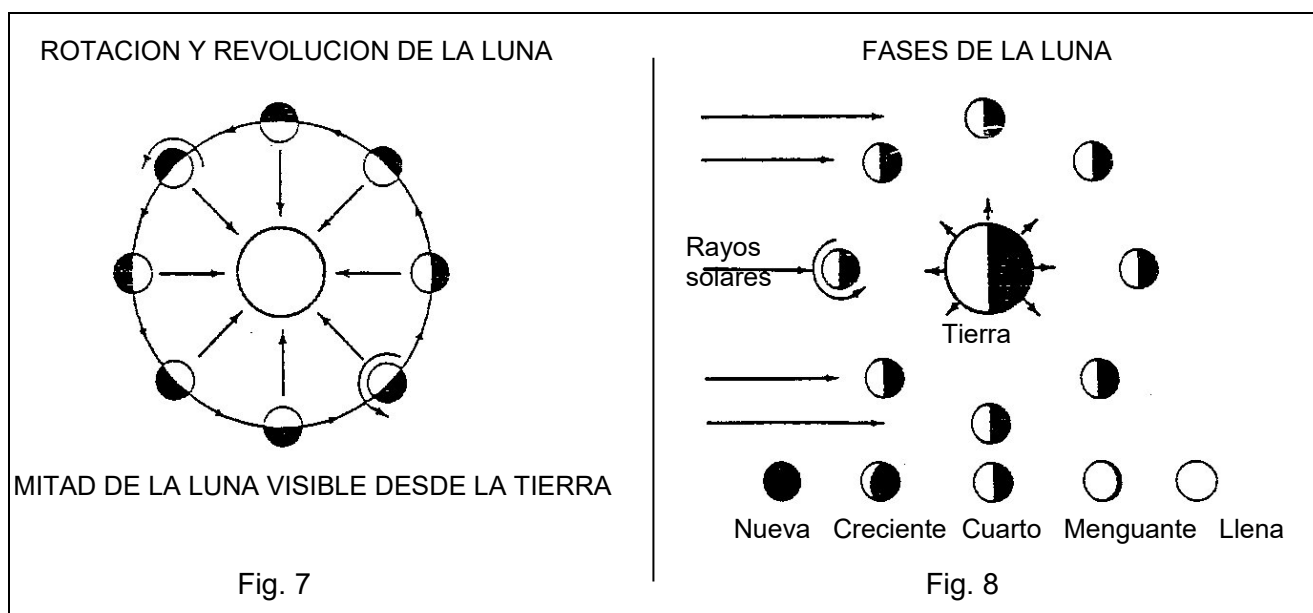


Fig. 7

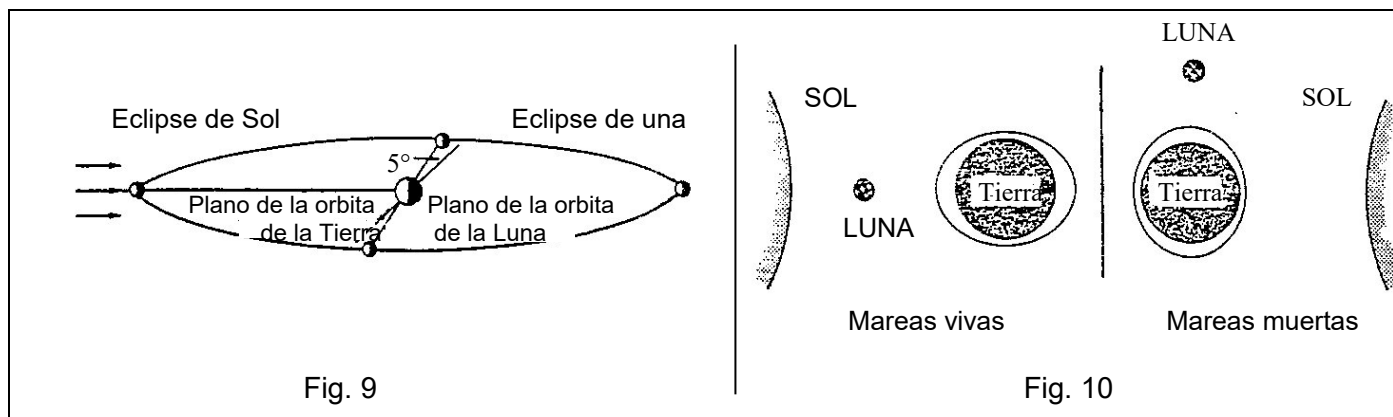
Fig. 8

Las mareas

En cualquier punto la superficie del mar sube y baja dos veces al día debido a la fuerza de gravedad ejercida en la tierra por la luna y el sol. La subida y bajada del nivel del mar produce mareas. Hay dos mareas altas y dos mareas bajas por día, y el nivel del agua sube y baja aproximadamente cada 6 horas. La atracción gravitatoria de la luna es aproximadamente el doble que la del sol porque la luna está mucho más cerca de la tierra.

Cuando el sol, la tierra y la luna están en la misma línea, se alcanza la máxima fuerza de atracción y por lo tanto las máximas mareas. Esto sucede dos veces al mes en la luna llena y en la luna nueva. En estos momentos las mareas se llaman mareas sigilares. En el primer y último trimestre la luna y el sol están en ángulo recto para que su fuerza de atracción no se sume y la altura de la marea esté en su punto más bajo. Las mareas de este período se llaman mareas cuadradas. En la figura 10 se ilustran las mareas sigiliales y de cuadratura.

Los orbitadores no pueden ser usados para demostrar las mareas, pero pueden mostrar la posición del sol, la luna y la tierra durante varios tipos de mareas.



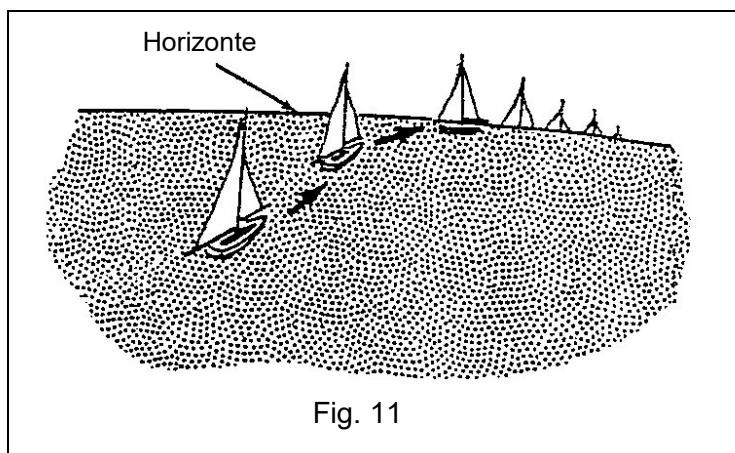
OBSERVACIONES Y EJERCICIOS

La Tierra es redonda

Probablemente una de las pruebas mas creíbles de que la Tierra sea redonda, es el modo en la cual un grande barco se aleja en horizonte marino. Si se monta un telescopio en el punto alto de la costa y se observa el barco que esta navegando hacia alta mar, se verá que la primera parte del mismo desaparece, mientras que el palo mayor con la vela desaparece mas tarde poco a poco (fig.11). Coger un globo terráqueo y mover un barquito alrededor de él mirando desde un punto inferior a su horizonte, se entenderá cuanto ilustrado en la figura. Comparar que sucede moviendo en línea recta el barquito en una larga superficie plana, ¿De que otros modos podemos demostrar que la Tierra es redonda?

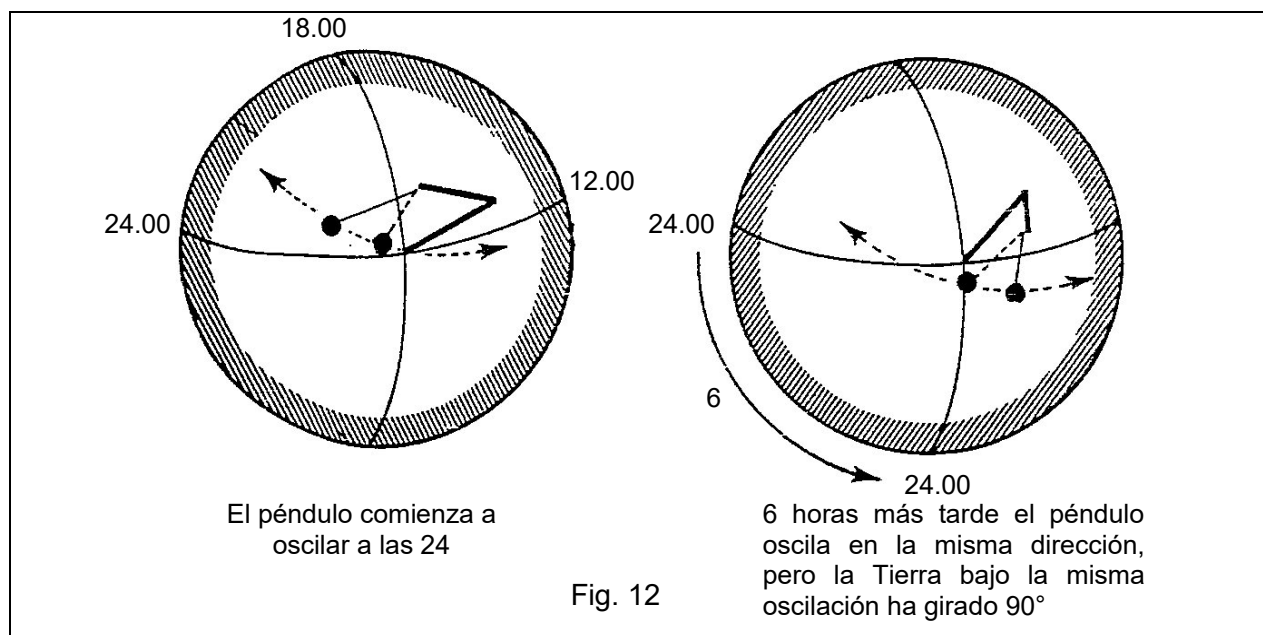
La Tierra gira sobre si misma

Para demostrar que la Tierra gira sobre su eje, J.B.L. Foucault desarrolló un experimento con un péndulo. A cada oscilación el péndulo parecía moverse ligeramente sobre su recta en sentido horario. Como Foucault sabia que la recta de oscilación de un péndulo no se mueve, dedujo que se movía el suelo, o mas exactamente que girase la Tierra. Para esta observación, se puede construir un péndulo con una cuerda o hilo metálico largo 3 metros o más, y con un peso de unos 2 ½ kg. Posicionarlo lejos de corrientes de aire y en una altura espaciosa como por ejemplo en el hueco de una escalera. Iniciar a mover el péndulo en línea recta. Señalar con una tiza la línea de la dirección en la cual el peso empieza a oscilar.



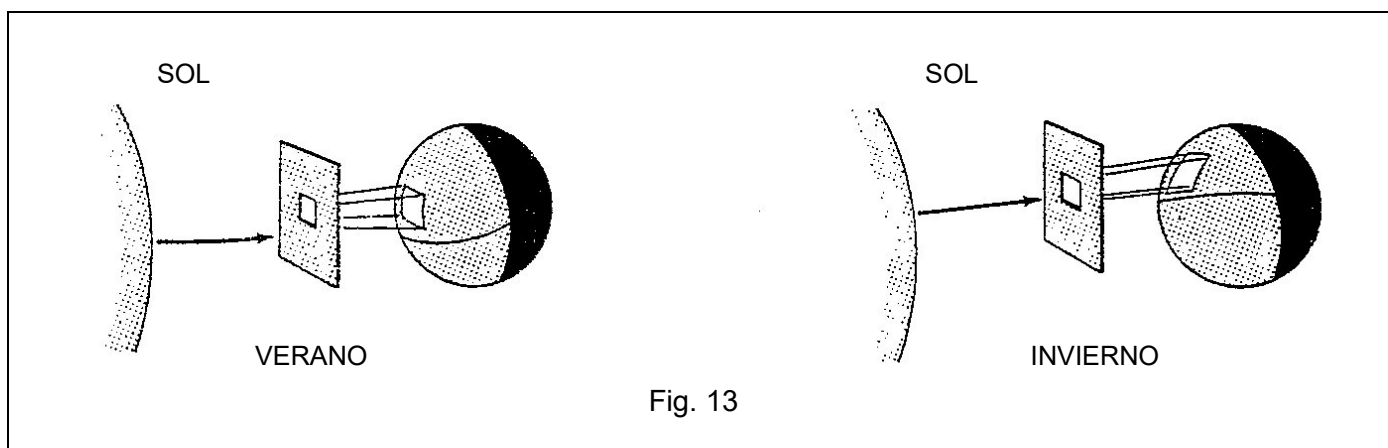
Después de 15-20 minutos se notará que el péndulo no sigue el mismo recorrido desde el inicio al final, sino que se ha movido ligeramente en ángulo con respecto a las primeras oscilaciones. De hecho la línea de oscilación es igual a la primera, pero el suelo se ha movido.

En los polos, la Tierra realizará una rotación completa al día bajo el péndulo, mientras que en el ecuador no habrá ningún cambio en la oscilación del péndulo. La fig. 12 ilustra el recorrido del péndulo en relación a la rotación de la Tierra.



La inclinación del eje de la Tierra causa las estaciones

Il cambiamento delle stagioni è interamente dovuto all'inclinazione dell'asse terrestre e alla sua rivoluzione attorno al sole. Questo si può osservare ritagliando un quadrato di circa 2 cm. su un cartoncino. Spostare l'*Orbiter* sul solstizio d'estate. In questa posizione l'emisfero nord è inclinato verso il sole ed è estate. Se si fa passare un fascio di luce attraverso il quadrato ritagliato, lo si vedrà concentrato su un punto di forma quasi quadrata. Il calore è quindi intenso quando i raggi del sole cadono perpendicolarmente sulla superficie dell'emisfero nord. Invertire il braccio dell'*Orbiter* sul solstizio d'inverno e ripetere l'esperimento. Spostare leggermente il cartoncino in modo che la luce cada sull'emisfero nord. Ora la luce si spande su un'area maggiore perché i raggi solari sono inclinati e il calore è conseguentemente minore. L'emisfero nord si trova ora in inverno. Figura 13.

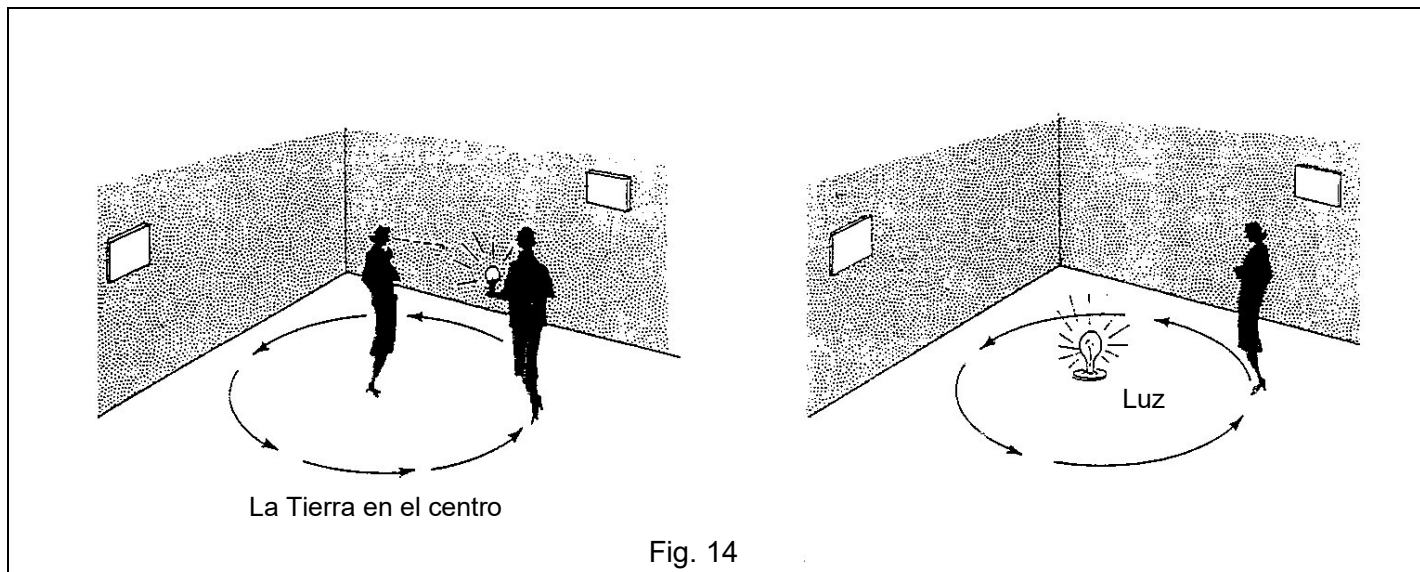


La Tierra gira alrededor del Sol

El movimiento aparente del Sol hacia el este a lo largo la elipsis celeste durante el año entero se debe a la revolución de la Tierra alrededor del Sol, pero no es necesariamente la prueba del movimiento de la Tierra. El antiguo astrónomo Tolomeo teorizó que el Sol giraba alrededor de la Tierra y esta fue la teoría que se reconoció por siglos. En el siglo XVI Copernico sostenía que el Sol estaba al centro del sistema solar y que la Tierra giraba a su alrededor. Solo más tarde esta teoría se demostró que era exacta. Es posible demostrar el movimiento aparente del Sol sobre un fondo de estrellas, y las distintas teorías de Tolomeo y Copernico. Se puede recrear esta situación poniéndonos en el centro de una habitación para representar una persona sobre la Tierra, mientras otra persona con una lámpara en la mano, gira en círculos alrededor nuestro en sentido ante horario para representar el Sol. Veremos iluminados de vez en cuando los cuadros colgados a las paredes que están a indicarnos las constelaciones celestes.

Esta actividad ejemplifica la teoría de Tolomeo. Para demostrar el sistema de Copernico, meter la lámpara al centro de la habitación y caminar alrededor suyo en sentido ante horario. La luz ilumina en el mismo modo

los cuadros de las paredes. La fig. 14 compara estas demostraciones respecto a la Tierra, al Sol y a las estrellas.



Cálculo de la dimensión de la Tierra

Dado que es imposible medir el tamaño de la tierra directamente, se debe utilizar la medición indirecta. Un astrónomo griego, Eratóstenes, midió el diámetro de la tierra en el año 250 A.C. basado en principios geométricos simples. Sabía que durante el solsticio de verano en la ciudad de Asuán (A) el sol estaba directamente perpendicular al suelo (no había sombras). El mismo día y a la misma hora en otra ciudad, Alejandría (B), el sol produjo una sombra, lo que significaba que no era perpendicular. La sombra mostró que el sol estaba a $7,2^\circ$ de la posición perpendicular. Asumiendo que los rayos de luz en la Tierra de una fuente tan distante son esencialmente rayos paralelos y sabiendo que la distancia entre las dos ciudades era de 768 km, Eratóstenes pudo calcular el tamaño de la Tierra de la siguiente manera:

$7,2^\circ$ es aproximadamente $1/50$ de los 360° de la circunferencia de la Tierra. Por lo tanto, la circunferencia de la tierra debe ser de 50×768 km (distancia entre Asuán y Alejandría), es decir, 38.400 km. Dado que el diámetro de una esfera es aproximadamente un tercio de su circunferencia, concluyó que el diámetro de la Tierra es de unos 12.800 km.

EJERCICIOS

Se pueden hacer numerosos ejercicios, proyectos de estudio o experimentos con el telurio para ampliar los intereses y aumentar el conocimiento de esta materia. Seguidamente se indican algunos, pero se pueden desarrollar muchos más.

1. Encontrar la dirección del Sol al alba y en el tramonto del lugar donde vivamos en los meses de junio y diciembre.
2. Determinar las mismas direcciones en Buenos Aires.
3. Calcular las horas de luz y oscuridad indicativas del lugar donde vivimos en el 21 de junio y el 22 de diciembre.
4. Determinar el tiempo aproximativo del crepúsculo y del alba donde vivimos en las fechas anteriores.
5. Determinar la hora del alba y del crepúsculo a Melbourne en determinadas fechas.
6. Determinar la altitud aproximativa del Sol en el lugar donde vivimos al mediodía del 21 de junio y del 22 de diciembre. (Esta puede ser determinada poniendo un goniómetro sobre el globo con el punto que indica los 90° en dirección del cenit del lugar. La elevación del centro del Sol se puede ver en el goniómetro.
7. Determinar las mismas informaciones en Singapur.
8. Individuar la parte de la Tierra que tiene 24 horas de oscuridad el 1 de noviembre.
9. Individuar la parte de la Tierra que tiene 24 horas de luz el 1 de noviembre.



Optika S.r.l. - Copyright