

GNOMÓTICA



Lectura de Cielos



UNA REVOLUCION PARA LA EDUCACIÓN CHILENA
WWW.CIELOSDELSUR.CL

Aldo Cantele
Astrónomo hemisférico

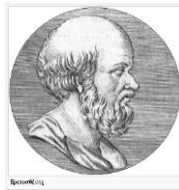
Introducción

Uno de los momentos más espectaculares en la historia de las ciencias (por no decir; el más espectacular), fue la noche (o el día), a principio del siglo XVI, cuando Nicolás Copérnico, en el patio de la Universidad de Cracovia, levantó su vista y observó lo que ningún otro ser humano había comprendido hasta entonces. Luego de años de observación y estudio, logró descifrar los cielos y por primera vez, observar el silencioso viaje que hace nuestro mundo alrededor del Sol y como la Luna y los demás Planetas nos acompañan.

Antes de este momento se creía que la Tierra era el centro del universo y el Sol con los Planetas rotaban diariamente a esta.

Para comenzar, un poco de historia:

Los comienzos del conocimiento, mostraban a la Tierra plana en el centro del Universo. Sócrates promulgaba su sistema donde los astros iban sobre esferas transparentes en el cielo. Pero, **Eratóstenes** en el año 240 a.c. comenzó este conocimiento y logró calcular el tamaño de la Tierra. Observando que a mediodía del Solsticio de Verano en Siena, (actual Assuán, Egipto) el Sol se reflejaba en el fondo de una noria, mientras en Alejandría a 800 kilómetros al Norte, un ayudante le medía la sombra que proyectaba un palo (la sombra tenía 7°)



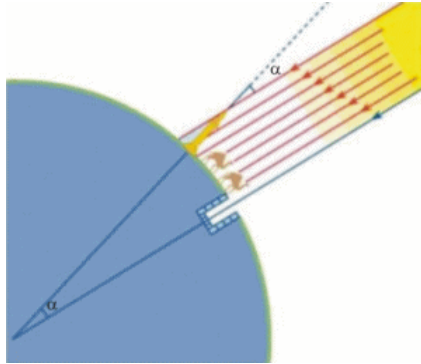
Eratosthenes de Cirene

Con ese dato y una simple regla de tres, demostró que la Tierra era redonda y calculó su diámetro en 38.500 km, increíblemente cercano al valor real de 40.070 Km., medido actualmente con la ayuda de satélites

$$800/7=X/360 \text{ (regla de tres)}$$

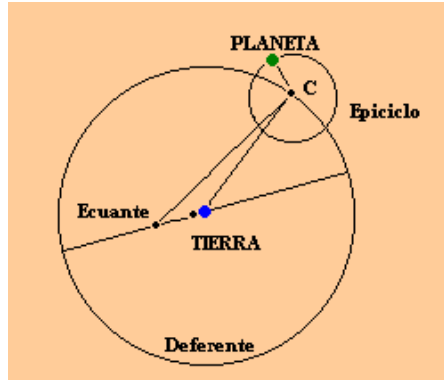
$$\Rightarrow X=40.000$$

(



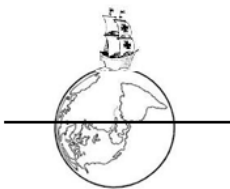
Correcta demostración de la redondez de la Tierra realizada por Eratóstenes

Sin embargo, Posidonio de Apamea trescientos años después repitió la misma experiencia obteniendo un errado valor de 29.000 km., valor aceptado por Ptolomeo y escrito en el *Almagesto* (obra fundamental para las ciencias que durante 1.500 años fue la base de todo estudio de Occidente. Además del error en el tamaño de la Tierra, imponía la equivocada teoría *Geocéntrica* de Sócrates, que colocaba a los planetas sobre *Epíclis*. En una complicada teoría geométrica, utilizando *Ecuantes* y *Deferentes* explicando equivocadamente el movimiento retrogrado que hacen los planetas exteriores.



El diámetro de la Tierra expuesto en el Almagesto fue el que Cristóbal Colón creía tener la Tierra cuando decidió llegar a la India por el Oeste.

Inmediatamente, los navegantes que comenzaban a cruzar la línea del Ecuador, al cruzar la línea del Ecuador, la Osa Polar se les ocultaba por el Norte y para seguir orientados por las estrellas, debiesen haber dado media vuelta y apuntar los mapas hacia el Polo Austral, con el Sur para arriba,



pero esta rotación, nunca fue necesaria, pues en esa época, en Europa ya se utilizaba la Brújula, llegada recientemente desde la China.



La omisión de esta rotación nos indujo a utilizar, tanto los mapas como los mapamundis, de una forma no apta para la comprensión natural de los movimientos de nuestros cielos.



Ejemplo de Mapa orientado correctamente (con el Sur para arriba de Jerónimo Marinni (1512)

En estos tiempos todavía se creía que la Tierra estaba fija en el firmamento

Solo en 1540 **Copernico** entendi3 que la Tierra al igual que los dem3s Planetas, orbitan alrededor del Sol, y la Luna lo hace alrededor nuestro, es decir; "**El Mundo es un Planeta**".

Esto 3ltimo y el hecho de que Cop3rnico tambien afirmaba que la Luna se traslada hacia el otro lado, (en esos tiempos se cre3a que la luna viajaba al igual que los dem3s planetas en distintas esferas transparentes) y viajando la Luna m3s lento que el sol y el resto de los planetas (52 minutos mas lento cada dia)

La genialidad de cop3rnico se resalta cuando adem3s de lo anterior, pudo calcular las distancias de los dem3s planetas. Pocos a3os despu3s, Kepler nos entreg3 tres leyes importantisimas para comprender fisicamente las orbitas de los planetas y la luna

Kepler nos entrega sus tres leyes,

- 1.- los planetas orbitan en orbitas el3pticas y
- 2.- los planetas avanzan mas r3pido mientras mas cerca al sol se encuentren,
- 3.- el cubo del periodo es igual al cuadrado de la distancias a que se encuentra del sol. Con estas leyes, se puede conocer la distancia al sol que se encuentra cada planeta

El que acent3 las bases matematicas para mecanica celeste fue newton, quien demostro que las leyes de Kepler

200 a3os despu3s el matem3tico Pierre Sim3n Laplace y el fil3sofo **Emanuel Kant** sostuvieron que todo el sistema solar se origin3 producto de una nebulosa de part3culas que giraba en un

sentido, en un remolino y producto de la gravedad, se van formando el sol y sus planetas, es por ello que el sol gira cada 25 días (sobre su eje en el centro del sistema) y sus polos son más rápidos, mercurio cada 30 días, venus cada 90, la tierra cada 365 y así sucesivamente respetando a cada instante a la perfección las leyes de Kepler y Newton

COMENCEMOS

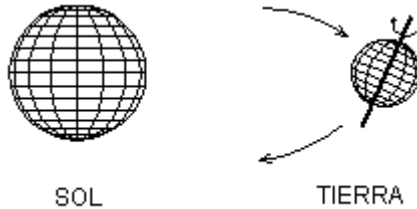
Para poder observar los fenómenos celestes, los mapas y mapamundis se deben utilizar complementariamente de dos modos:

- A) Vistas Global
- B) Vista Copernicana

Estas dos formas de utilizar el mapamundi nos ayudará a entender los movimientos de los cielos y como estos movimientos se trasladan al mapamundi y viceversa. Comenzaremos estudiando el sistema de Copérnico, hasta entender los solsticios y equinoccios y que pasa con las líneas de la noche, luego trasladaremos todos estos conocimientos a la vista Copernicana, es decir, observar todos esos fenómenos en donde estemos parados, con ello podremos visualizar, solsticios equinoccios, la velocidad de traslación, fases de la Luna, analema, etc.

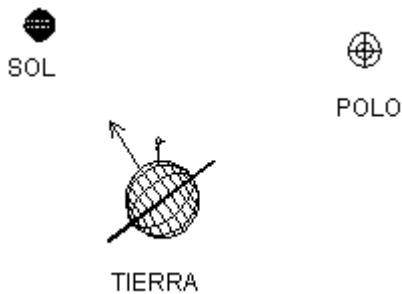
A) Vista Global

La vista Heliocéntrica nos muestra al planeta orbitando en torno al Sol con una inclinación de su eje respecto al plano Solar de 23.5°



B) Vista Copernicana

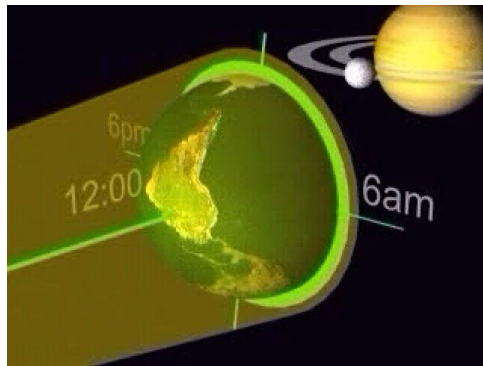
El mapamundi se coloca apuntando hacia el Polo Austral, colocando al mundo en la posición permanente. La Tierra queda en el centro del universo e indica los movimientos aparentes de los astros. La vertical posee un ángulo (Latitud) con respecto al plano Ecuatorial.



La vista Copérmicana nos muestra al planeta fijo y el cielo girando sobre nosotros.

Este curso explica la Vista Copérmicana y para ello se apoya en la Vista Global o Heliocéntrica.

Las Horas Astronómicas



Para empezar debemos ponernos de acuerdo con respecto a las horas astronómicas,

El Sol, al emitir luz en todas direcciones, alumbra la mitad interna de la Tierra, pero como el eje de la Tierra posee inclinación, se producen distintas proporciones de día y noche en sus distintas regiones.

Dividiendo el día en cuatro hitos importantes, los que son; Salida del Sol, Mediodía, Ocaso y Medianoche,



El Sol en el punto más alto

El Sol en el punto más bajo

Las horas de día cambian dependiendo de la latitud y la estación.

La línea blanca, la definiremos como **"Limite De La Noche"**

Relación Entre El Día Solar Y El Día Sideral

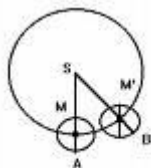
El día Solar es relativo al Sol y el día Sideral es relativo a una estrella en particular.

Día Solar: 24 horas

Día sideral: 23: horas 56 min. (lo que demora la Tierra en dar una vuelta a si misma, distinto a decir lo que se demora en que el Sol vuelva al mismo lugar)

Es decir, el Sol cada 24 horas está sobre nuestras cabezas, pero las estrellas producto de la Traslación, van moviéndose lentamente hacia el Oeste, lo que hace que una estrella llegue en 23.56 min. al mismo lugar.

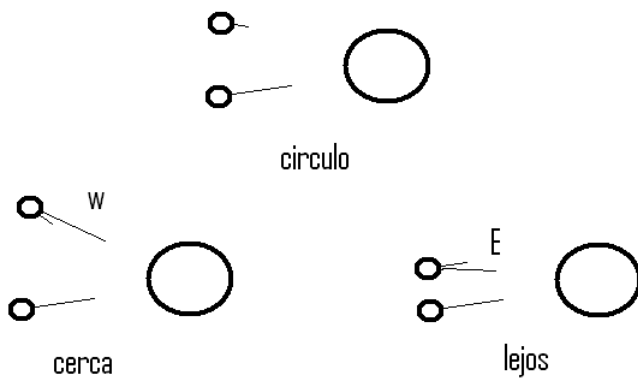
El Día Solar es de Sol a Sol, el Día Sideral es de estrella a estrella



Sabiendo que los planetas avanzan mas rapido cuando mas cercanos al sol , pero el periodo de rotacion se mantiene constante, esto produce la analema

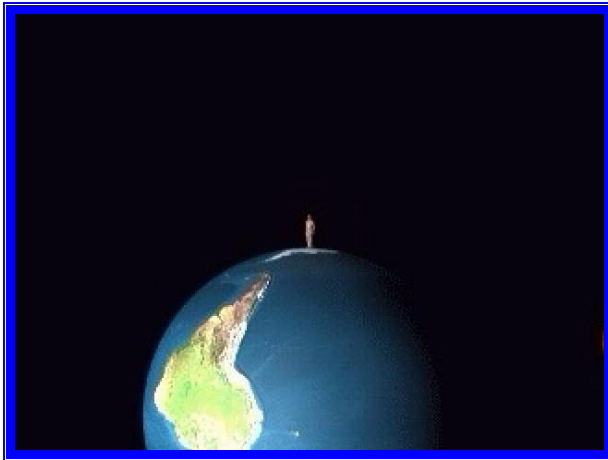


La analema es producida por el movimiento que tiene el Sol a lo largo del año y la diferente velocidad de traslación de la Tierra, si la orbita de la tierra fuese circular no existiría este fenómeno



EL PUNTO MÁS IMPORTANTE DEL CIELO

Para entender el Polo Austral nos imaginarnos de noche parados en medio de la antártica, justo en el punto el cual gira nuestro planeta, veremos que las estrellas giran en torno a nuestra cabeza (cenit), todo el cielo gira en torno a este punto y la gente que está bajo ese punto, está en el Polo Sur.



Parados en el Polo Sur

Ahora imaginémonos que estando en el Polo Sur, nos trasladamos hacia el continente americano, primero unos mil kilómetros al Norte hasta llegar al cabo de la gran península antártica, luego cruzamos el mar de Drake y seguimos hacia el Norte. Como es lógico veremos que el Polo austral comienza a quedarse atrás y comienza a trasladarse hacia el Sur, si

hacemos el viaje hasta el Ecuador, este punto tocara el horizonte y podremos a ver el otro Polo.



Este punto tiene su similar en el hemisferio Norte y los dos generan el eje de rotación Terrestre (el eje magnético está aproximadamente 6° desplazado del eje geográfico).



La foto muestra un camping muy cercano al ecuador

En el hemisferio Sur, la estrella que se ubica en el Polo austral es la quinta en luminosidad de la constelación Octante (Sigma Octantis), pero no es visible a simple vista y se ubica proyectando la "Cruz de Sur" aproximadamente a tres veces su tamaño. .

1) Solsticios y Equinoccios

Estos acontecimientos astronómicos definen los Trópicos y los Círculos Polares de los Planetas.

Círculo del Trópico ($23^{\circ}27'$)

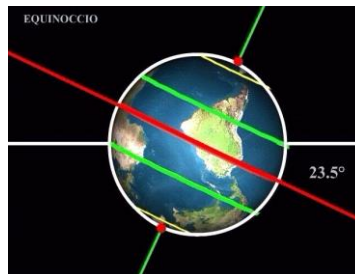
último lugar donde el Sol llega a estar sobre la vertical.

Círculo Polar ($90^{\circ}-23^{\circ}27' = 67^{\circ}33'$)

último lugar donde los días y las noches tienen 24 horas

Producto de la Traslación Terrestre, los Equinoccios se definen como el momento en que los dos Polos están alumbrados, luego de eso, un hemisferio comienza el verano y el otro hemisferio el invierno.

En la visión Copérnicana, los Solsticios son cuando el Sol llega a los puntos extremos de su camino ascendente y descendente por el cielo y los Equinoccios es cuando se encuentra en el punto medio.



El "límite de la noche" pasa por los círculos polares en los Solsticios y por los Polos en los Equinoccios.

Debemos saber que en el Equinoccio la eclíptica llega a inclinarse 23.5° es decir

Si el Sol fuese cuadrado, en los Equinoccios se vería inclinado y en los Solsticios se vería horizontal (se hace esta suposición porque una esfera no se aprecia su inclinación)



Equinoccios



Solsticios

2) Movimientos de La Tierra

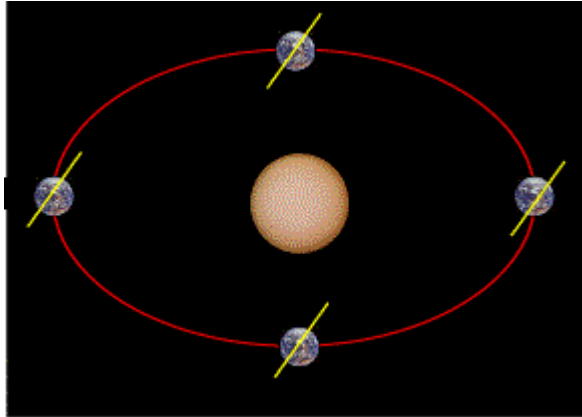
Nuestro planeta posee 2 movimientos fundamentales, la Traslación y la Rotación (los demás movimientos, como la Nutación y Presesión se verán al final y no influyen en el presente curso).

Que veamos al Sol y las Estrellas y los demás astros desplazarse del Este al Oeste (Cordillera a Mar en el caso de Chile), es decir, los movimientos del Día, es producto de la Rotación. En cambio la Traslación produce movimientos mas lentos como lo son las estaciones del año y hace que el Sol en invierno se desplace al Norte y en verano lo haga para el Sur.

MOVIMIENTOS DE LA TIERRA:

a) La Traslación.

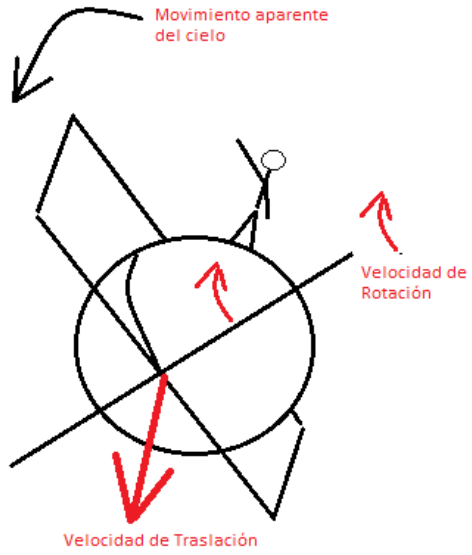
Según la Vista Global, La dirección de la TRASLACION, ocurre en "dirección de la noche", es decir, la velocidad de traslación tiene igual dirección a la Rotación a media noche. Manteniendo la Tierra siempre su inclinación de $23^{\circ},27''$ en dirección al Polo austral.



La Consecuencia de la traslación son las estaciones

Según la Vista Copernicana, la dirección de la traslación es natural observarla a medio día y nuestro planeta se mueve perpendicularmente (AL Sol) hacia el Oeste y estaremos detrás del Sol en seis meses más

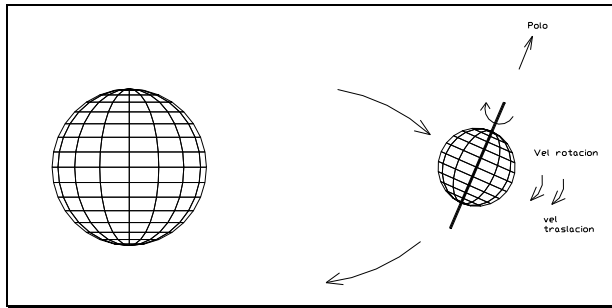
Esta dirección se debe deducir siempre inscrita en el plano de rotación y hace que en medio día más, esta dirección se invierta



b) La Rotación.

La Rotación es siempre para el Este, por ello vemos el movimiento diario de todos los astros

La rotación nos desplaza por el plano de la latitud, lo que hace que: en el Polo, en medio giro de la Tierra se encuentre donde mismo y un observador en el Ecuador esté en su antípoda, solo en el Círculo del Ecuador un observador de día está en las antípodas de sí mismo de noche

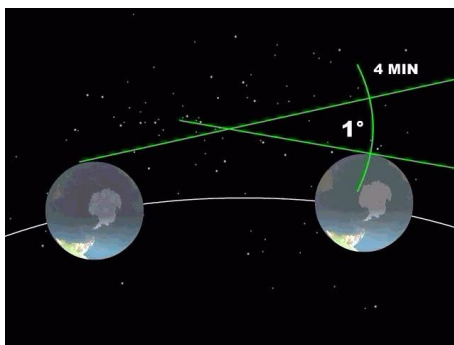


Consecuencia de la rotación: Día-Noche



El mediodía apunta hacia dentro del sistema Solar

Hacia fuera del sistema Solar vemos las estrellas y hacia adentro vemos el Sol (no podemos ver las estrellas que están atrás del Sol, pues este astro las eclipsa por lo que tenemos que esperar seis meses para ver las estrellas que están atrás del Sol,

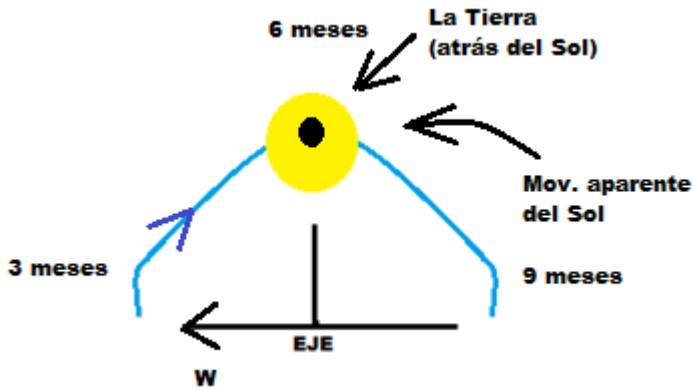


Producto de la rotación y traslación, cada noche se ve 4 minutos más de estrellas por el Este (o equivalentemente un grado ($365/360 = 1^\circ$ (aprox.)

Esto es análogo a decir que el día es 8 minutos más corto que la noche (dos veces cuatro minutos)

El día es cuando atravesamos la cara iluminada de la Tierra,

La velocidad de rotación es fácil de imaginar, pues siempre es hacia el Este), pero para visualizar **la velocidad de traslación**, hay que observar el **mediodía** e imaginarnos **viajar hacia el Oeste** sobre la elipse que circunda al Sol, al igual que el resto de los planetas (todos los astros viajan aproximadamente por el plano del ecuador). Imaginándonos la eclíptica rodeando al sol y en 6 meses (media orbita), estemos atraz del sol (exactamente). Esa velocidad de traslación va variando a través del Día, llegando a invertirse a medianoche. Para observar los movimientos de los astros hay que sustraerse de la rotación y solo imaginar la traslación

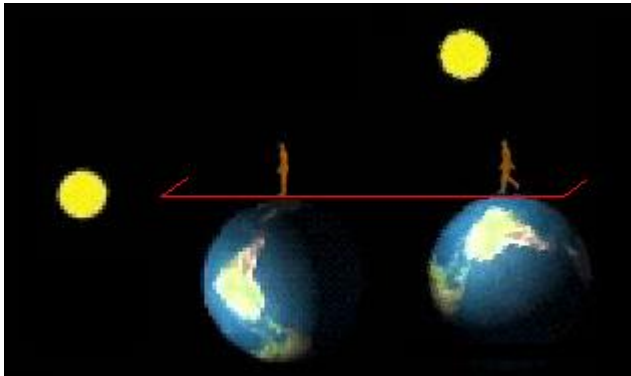


ASTRONOMIA DE DIA

Movimientos de nuestros Cielos

El Sol. (movimiento aparente)

La redondez de la Tierra hace que un observador, en el Ecuador este recostado, para uno que lo hace en el Polo y viceversa, es por ello, que en el Polo se vea al Sol circunvalando el horizonte, subiendo espiralmente hasta llegar a 23.5° y bajando espiralmente 23.5° y otro observador situado en el Ecuador lo vea saliendo por el este y ocultando por el oeste



latitud 90° (Polo)

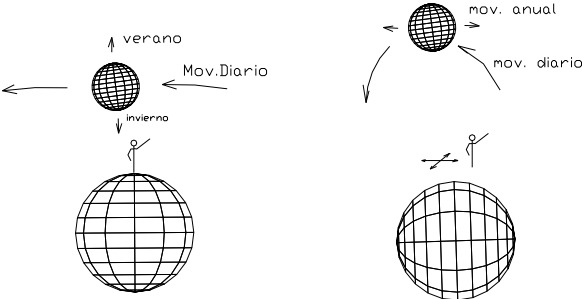
latitud 0° (Ecuador)

Los movimientos del Sol en distintos lugares de la Tierra

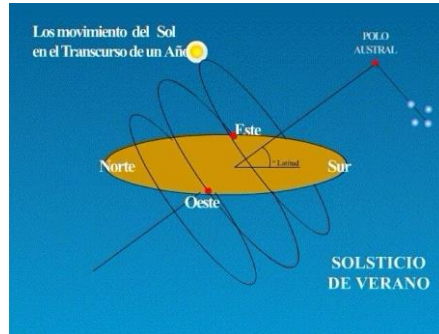
EN EL POLO

EN EL ECUADOR

(vista Copérrnicana)



El movimiento aparente del Sol es como muestra la siguiente figura.



Es un caracol con 182 vueltas en la sección superior y 182 vueltas en la sección inferior.

Como se observa en el dibujo, la menor sombra son las 12 del día, esto es muy importante, pues esa sombra, también indica el eje Sur -Norte (en Norte se obtiene encontrando la mínima sombra)

Las Estrellas (movimiento aparente)

Para ubicarnos en los cielos, debemos clasificar las estrellas en estrellas del verano; Orión (o Noiro) y estrellas del invierno; Escorpión.

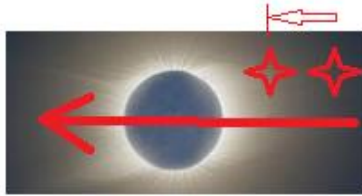
Y para hacer la cuadratura espacial, debemos también identificar las estrellas de otoño; Leo y estrellas de primavera; Acuario



En la imagen anterior, se observa la cercanía que tiene el centro de nuestra galaxia, "Vía láctea" con la constelación del sagitario, cerca de Escorpión (constelación de invierno para el hemisferio Sur)

Las estrellas de día se comportan

1° o 4min



$$360/365 = 1^\circ$$

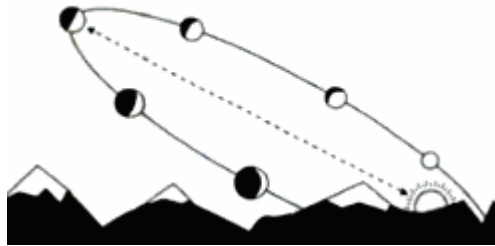
$$4\text{minutos} \times 365 = 24\text{horas}$$

Los Planetas

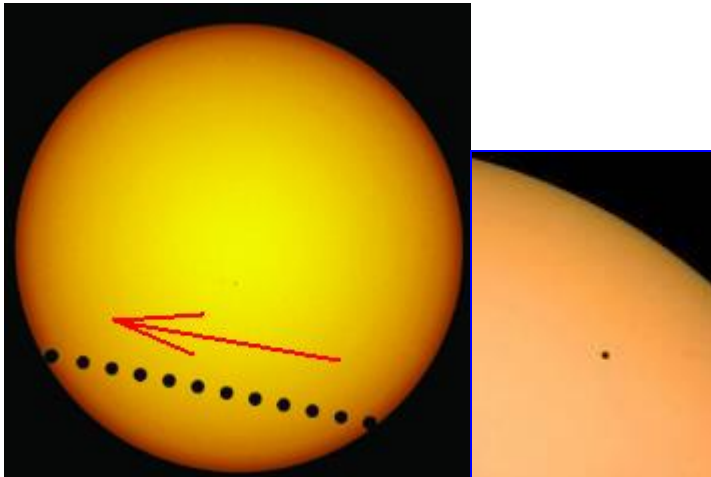
Los planetas interiores y exteriores poseen movimientos aparentes muy distintos, siendo que los dos tipos de planetas giran en el mismo sentido

Los planetas interiores, Mercurio y Venus al estar más cerca que la Tierra del Sol, los veremos hacia dentro del sistema Solar, cerca del Sol, es por ello que solo los podemos ver al ocaso o al alba.

El tiempo que demoran estos planetas en dar una vuelta alrededor del Sol son 1 y 3 meses y el ángulo máximo con respecto al Sol son 28° y 47° respectivamente.



Este



Transito de Mercurio o Venus (planeta interior)

Los planetas exteriores, los observamos de noche hacia fuera del sistema Solar, una forma de apreciar las grandes distancias que los separan se observa cuando Júpiter y Saturno

se acercan en el cielo y observamos que Saturno es considerablemente más pequeño, esto es debido a que esta más lejos pues son aproximadamente del mismo tamaño

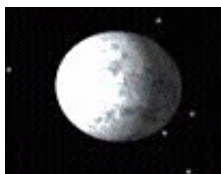


Ahora estudiemos el astro que la cada 14 días se observa de día, y 14 de noche.

La Luna

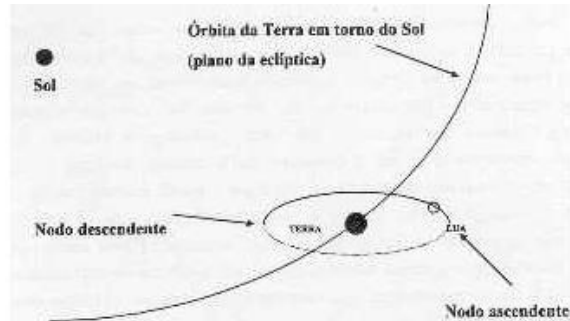
La luna posee un movimiento totalmente distinto al de los demás astros, la luna es nuestro único satélite, por lo que el movimiento de esta es siempre hacia el E.

da una vuelta a la Tierra en 27,3 días, pero como la Tierra se traslada en la misma dirección, luego de 29 días la veremos en la misma posición con respecto al Sol (fases) lo que significa que todos los días aparece 52 minutos mas tarde. y esta es la velocidad de la luna por el cielo ($360/29$ o $52/1$)



La Luna está a 380.000 kilómetros de distancia (1,2 segundos luz)

El plano orbital de la Luna posee 5° de inclinación con respecto al Terrestre, es ahí, en los puntos de intercepción donde ocurren los eclipses, si es en nodo descendente, será eclipse de Sol y si es en el nodo ascendente, será eclipse de Luna. La ciclicidad de los nodos tiene 18 años, es lo que hace repetir los eclipses cada este intervalo (se explicará más adelante).



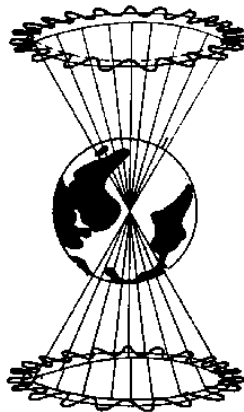
- Luna nueva=luna cercana al Sol (se alinea)
- Luna creciente=alejándose postrera (se cuadra)
- Luna llena= luna opuesta alejada (se alinea)
- Luna menguante=acercándose delantera (se cuadra)

Luna cercana, dirección contraria a la velocidad de traslación
 Luna lejana: velocidad acorde con la velocidad de traslación

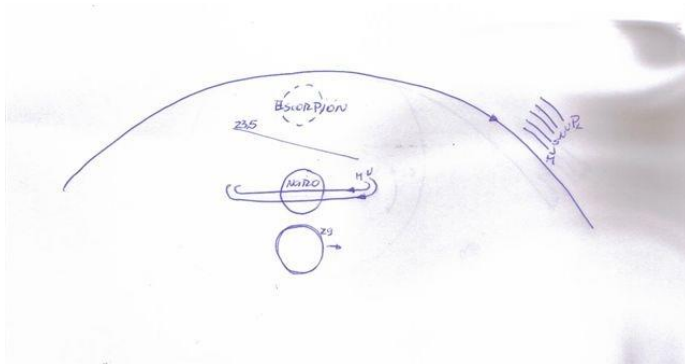
La luna llena marca donde se encuentra el sol (en oposición), por lo que en verano la luna se encuentra en Noiro (orion) y en invierno la luna llena se encuentra en escorpion

Otras Fluctuaciones que Posee La Tierra Son:

La Presesión y la Nutación (25.000 y 18.3 años), pero son indistinguibles dado su lentitud, aunque sus efectos ya se perciben en la historia pues los cielos en el tiempo de Egipto y Babilonia (hace 2.500 años) tenían un desfase de un décimo de circunferencia con respecto a los cielos actuales



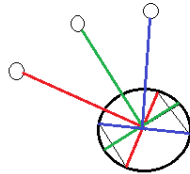
Para Terminar, Observemos el Mediodía de un Solsticio



Conociendo los distintos movimientos de los astros, la mejor forma de estudiarlos, es al mediodía de un Solsticio (pues recordemos que las orbitas en los Equinoccios se inclinan 23°). Lo primero que podemos ver son los planetas interiores que se trasladan en el mismo sentido que el nuestro (hacia el oeste) y los planetas exteriores (Solo los que se encuentran orbitando atrás del Sol). Conociendo la inclinación del eje terrestre (LATITUD) y su relación respecto del Limite De La Noche se puede apreciar que se intersectan en los Círculos Polares,

Más allá de los planetas exteriores, nos debemos imaginar las estrellas que están detrás del Sol (Noiro o Orion, cuando el Sol esta bajo y el Escorpión cuando está alto). Esta observación nos debe hacer sentir en la parte mas alta del planeta y como nos vamos trasladando en forma elíptica cuyo otro extremo se encuentra en seis meses, atrás del Sol.

Limite de la Noche en solsticios (rojo-azul)
y equinoccios (verde)



Y como dice la canción;

A Noiro lo sigue el León

Al León, el Escorpión

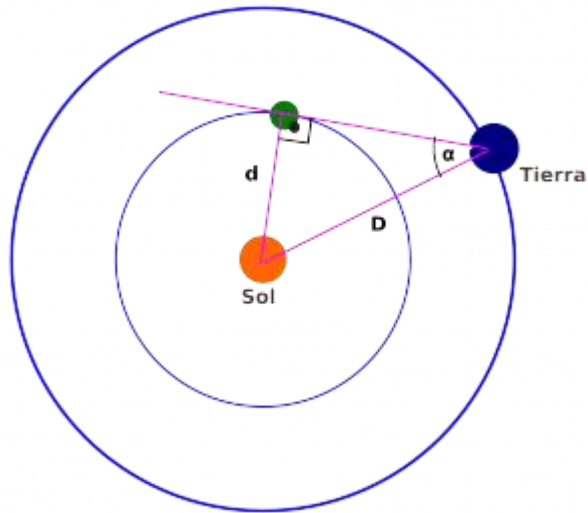
Y al Escorpión

el pobre Negro que quería una flor.

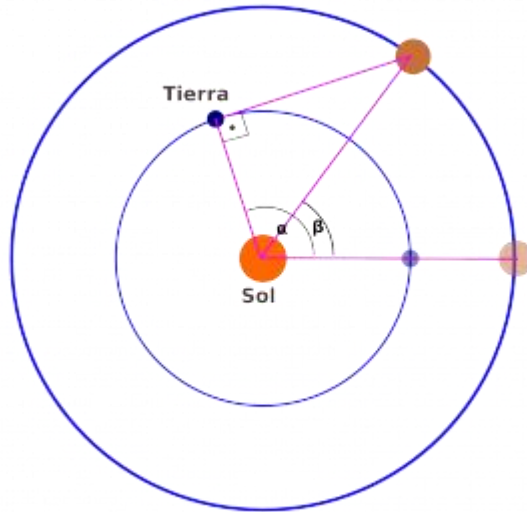
Apéndices;

Introducción a la Mecánica Celeste

Como Copérnico calculo la distancias a los planetas
Planetas interiores



Planetas exteriores



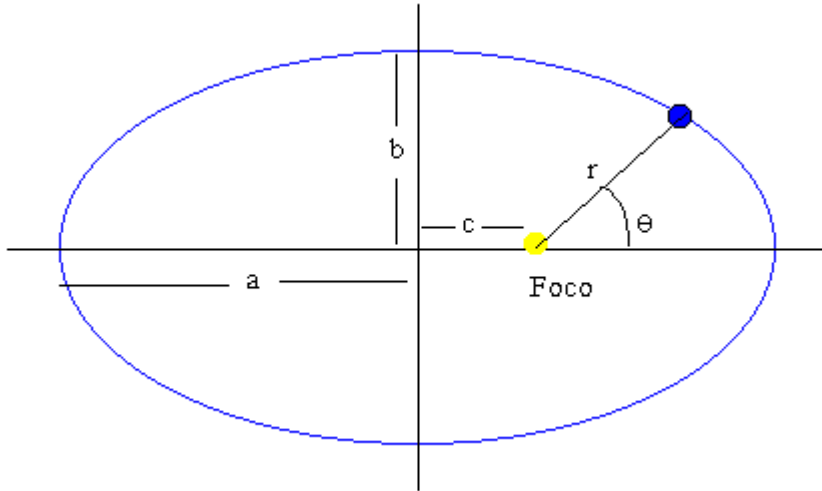
Primera ley de Kepler

Los planetas describen órbitas elípticas estando el Sol en uno de sus focos

$$\text{Radio} = a(1 - e^2) / (1 + e \cdot \cos(\theta))$$

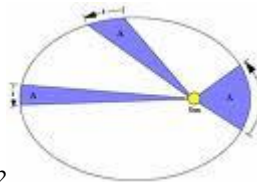
a: constante

e: excentricidad



Segunda ley de Kepler

Un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales, lo que es análogo a la conservación del Momentum



$$mr_1 \cdot v_1 = mr_2 \cdot v_2$$

Tercera ley de Kepler

Los cuadrados de los periodos P son proporcionales a los cubos de los semiejes mayores a .

$$P^2 = k \cdot a^3$$

Con estas tres leyes insertas en la dinámica de Newton, se llegó a la mayoría de las ecuaciones de la Mecánica Celeste, obteniendo parámetros tales como distancias al sol, duración de sus órbitas, velocidad en cada punto de su orbita, excentricidades, etc.

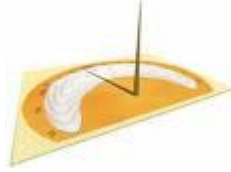
Por ejemplo, se pueden obtener los radios de las orbitas si sabemos que; La orbita se produce cuando la fuerza centrípeta es igual a la fuerza gravitacional

$$MV^2/r = GMm/r^2$$

o, cual es la velocidad de escape de un planeta, entre otras interrogantes planetarias.

2) Observatorio astronómico

La Nomótica es simplemente el estudio de la sombra de una vara o el estudio de los Relojes de Sol

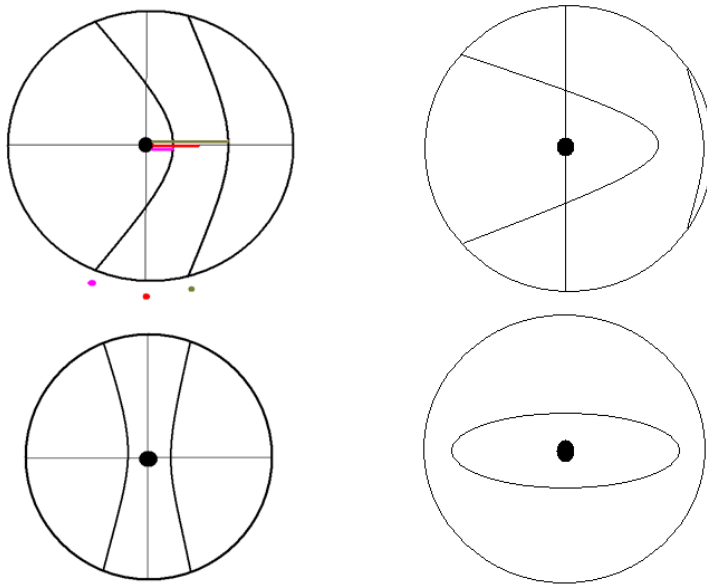


Para la construcción de un Reloj de Sol se necesita un palo recto enterrado en medio de una superficie plana

Ahora debes encontrar el eje Sur-Norte, que puedes hacerlo de tres maneras,

- A) según la mínima sombra (existe una pequeña diferencia entre polo celeste y polo magnético)
- B) según Brújula
- C) por la "Cruz del Sur" o "Marca del Petrel"

Observando el Polo Austral, puedes determinar la Latitud



Gnómones en distintas regiones

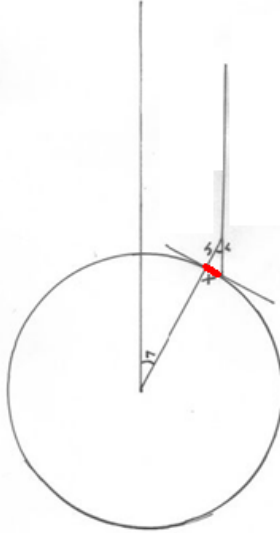
Mide tu sombra

Fórmula para Solsticios:

$$\text{Altura} * \text{Tangente} (\text{Latitud} + - 23,5^\circ)$$

Formula para Equinoccios:

$$\text{Altura} * \text{Tangente} (\text{Latitud})$$



Principales tipos de relojes solares

1)Gnomon 2)Polar 3)De Pared 4)Ecuatorial 5)Analemático



ORBITAS

Antes de Copérnico se creía que la Tierra era el centro del Universo,

Tolomeo propagó ese error en su libro *Almagesto*, donde la Tierra se encontraba en el centro del Universo y los astros giraban alrededor nuestro sobre esferas perfectamente transparentes, las que sostenían los cielos. En el *almagesto*, libro guardado en la biblioteca de Alejandría y divulgado a Europa desde Grecia y Andalucía (España árabe) entregaba las tablas de las ubicaciones de los astros bajo ese bonito pero equivocado punto de vista (el antropocentrismo).

Copérnico en 1540, y con varios millones de otros observadores que habitaban la Tierra en ese momento, fue el único (y primero) que descubrió el movimiento de la Tierra, pero supuso que las orbitas de los planetas eran circulares y poseían velocidades constantes, pequeño error ante tan magnánimo descubrimiento que 40 años después, enmendó Kepler afirmando que las orbitas describen un movimiento elíptico donde el Sol se encuentra en uno de sus focos y su periodo anual es proporcional al cubo de su distancia al Sol, 140 años demoró para que llegue "Revoluciones", la teoría de Newton que confirmaba lo dicho por Kepler y dotaba a estos Principios en *Leyes Físicas (Dinámica)* lo que hacía posible el cálculo y por ende la determinación de las posiciones y las velocidades de los planetas en cualquier punto de su órbita

Actualmente las órbitas son movimientos Paraboloides en un espacio cuatridimencional de la ecuación de Einsten-Cartan donde la menor distancia señala su trayectoria, cuyas herramientas matemáticas son la métrica de Shuartschild y los tensores de Riemann.

Con estas herramientas matemáticas introducidas en la mecánica Hamiltoniana, se pudo explicar los movimientos de la órbita de mercurio, movimientos no explicados por la mecánica clásica.