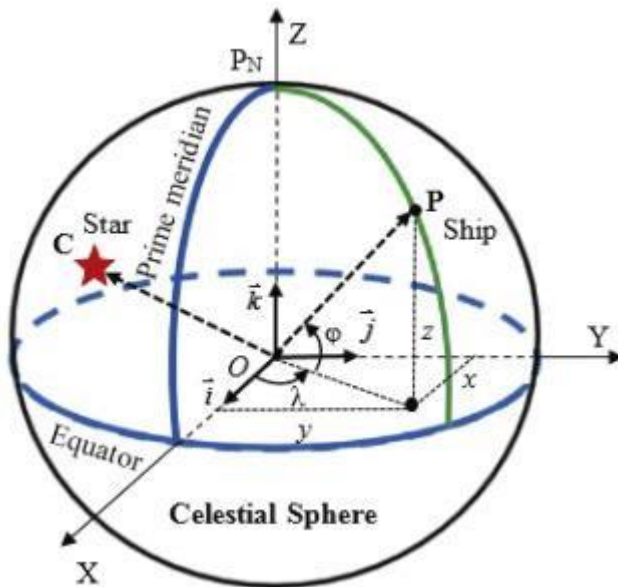


CAPITULO 2

LA ESFERA CELESTE

La esfera celeste es una esfera imaginaria que rodea a la esfera terrestre y en la que, de forma artificial, consideramos proyectados todos los objetos celestes. Aunque, de hecho están a millones de distancia unos de otros, todos aparecen en la misma esfera. Lo importante es su situación, no su distancia.

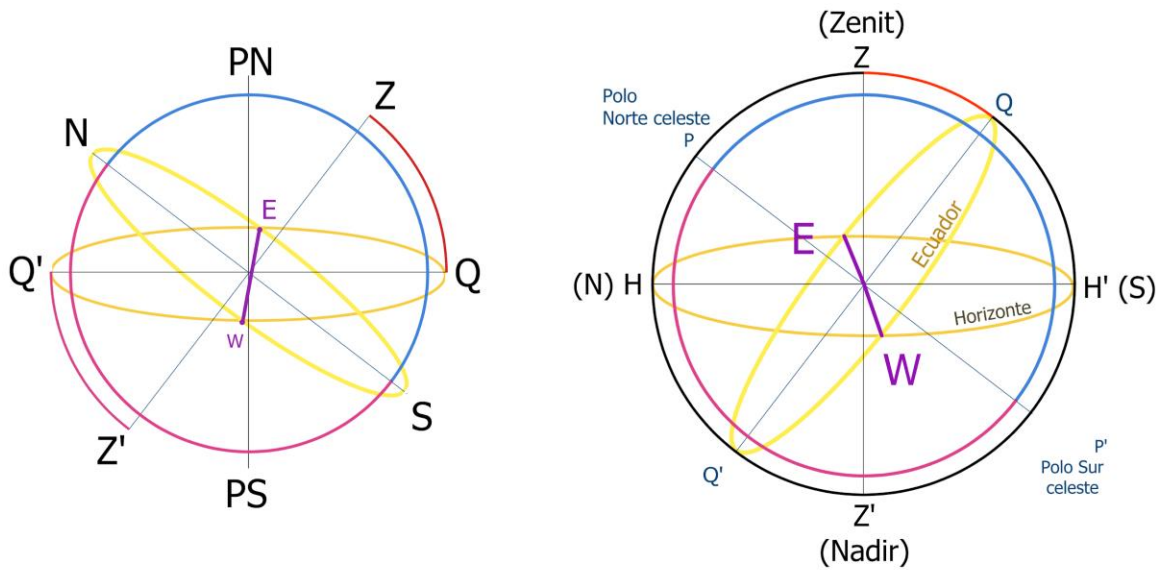


La esfera celeste puede ser de dos tipos:

1- El centro de la esfera celeste es el mismo que el centro de la tierra. ESFERA GEOCENTRICA

En la figura se ve como la esfera celeste esta alrededor y envolviendo a la esfera terrestre. Es muy importante entender esto para entender Astronomia Nautica. Los puntos de la tierra se proyectan a la esfera celeste. Todos al mismo globo, esten a la distancia que sea. Vamos a hablar de angulos y arcos, no de distancias.

2. El centro de la esfera es el observador, es decir, el polo esta encima de nuestra cabeza. ESFERA CELESTE LOCAL



Izquierda: Esfera con el polo arriba. Ecuador celeste perpendicular a la línea PnPs
 Distancia ecuador QQ' al Polo, 90°

La línea ZZ' es la línea Zenit Nadir, que pasa por donde está el observador. El círculo perpendicular a esta línea, NS es el horizonte. La distancia del QQ' al Z es la LATITUD
 Si el observador mira hacia el Polo, es este caso el N, entonces su N es el punto de su horizonte en la dirección del Polo. El opuesto es el S y el E está a la derecha y el W a la izquierda.

Si giramos la esfera (figura derecha) el ZN que da arriba, el polo se desplaza, el Horizonte es el círculo perpendicular a ZZ'. Note el N y S sobre el horizonte

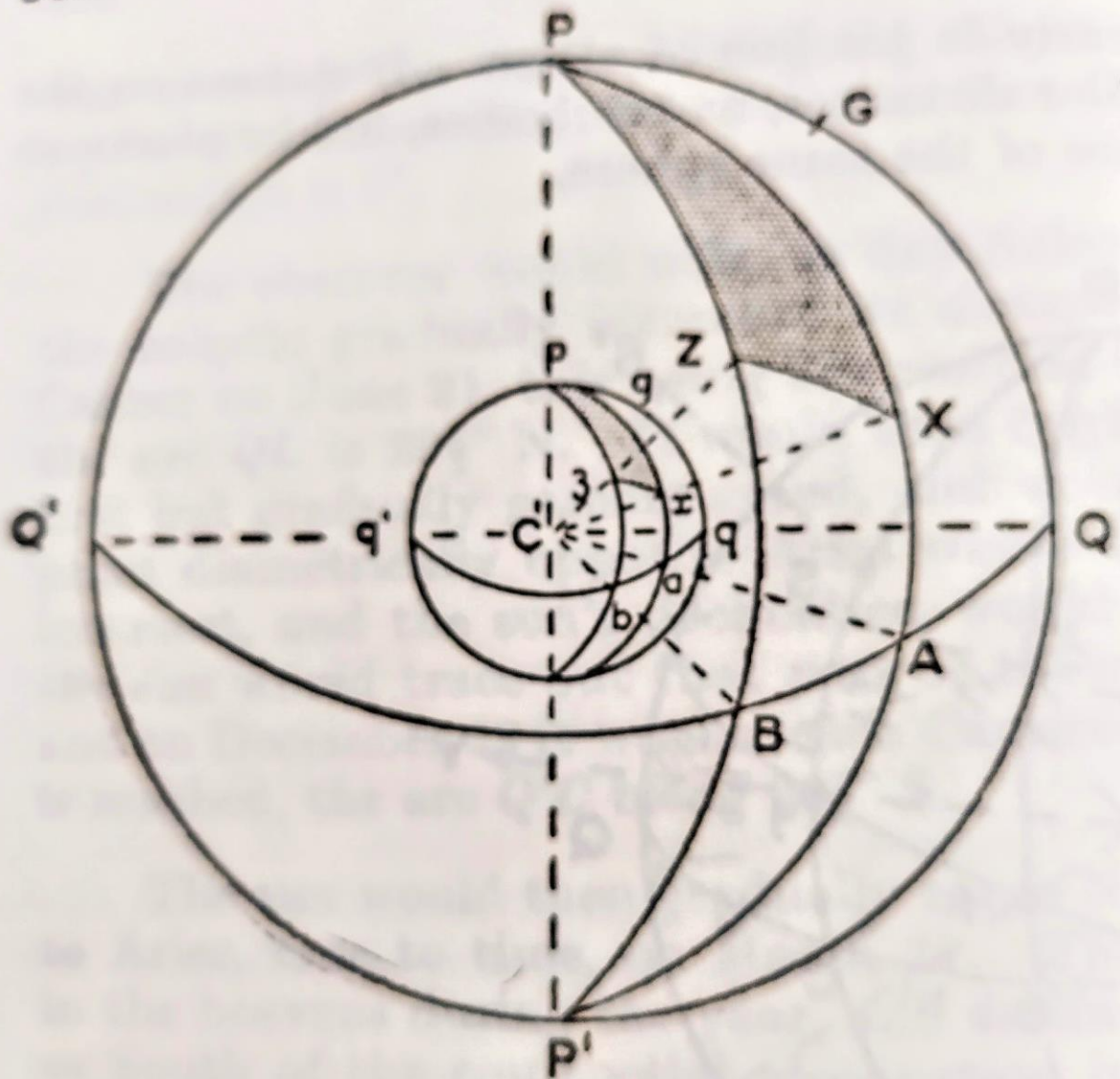


FIG. 13.

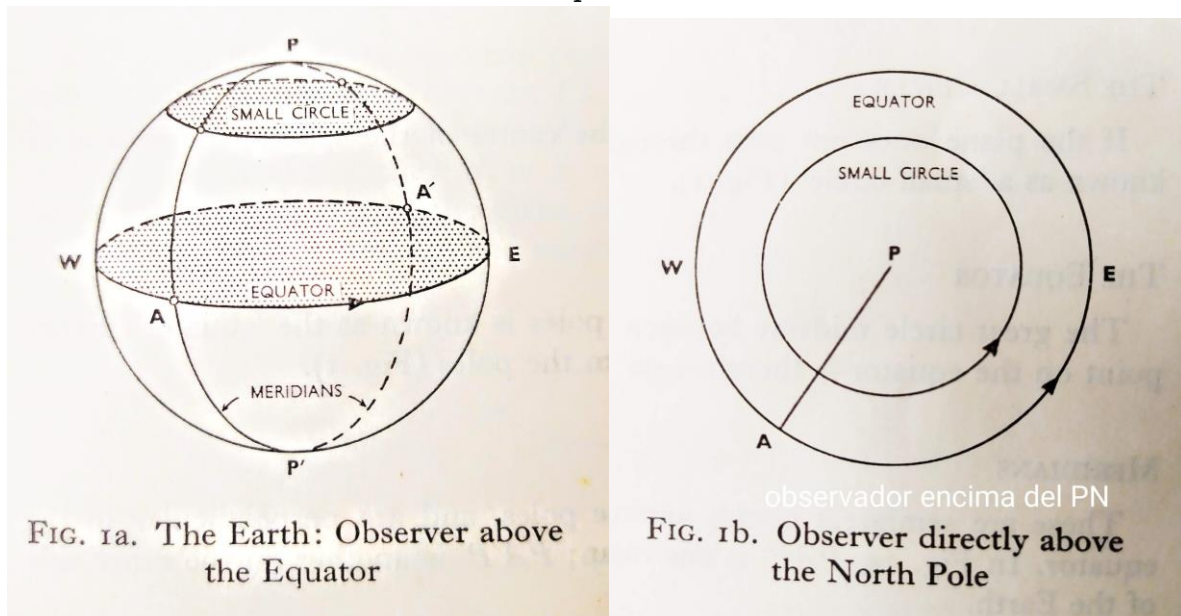
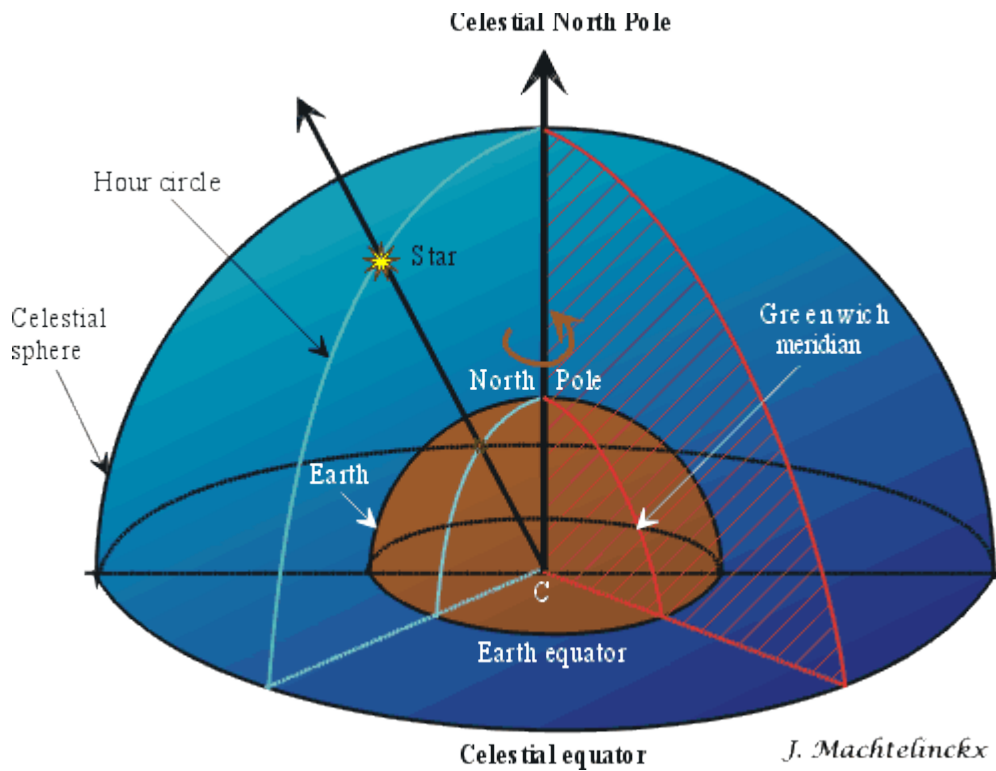
The Celestial Equator or Equinoctial (6

Si proyectamos esta esfera a otra imaginaria que la rodee, y proyectamos todos los puntos, tenemos:

Puntos **P** es la proyección del Polo,

Punto **Z** es la proyección del **Z** (observador)

El punto **X** podría ser la proyección de un astro, lo cual nos da un triángulo esférico. Mas adelante estudiaremos el triángulo de posición



En la figura superior vemos otra representación de la esfera celeste.

Pero ahora trazamos un meridiano que pasa por Greenwich, que es el meridiano de referencia o meridiano 0. Las longitudes se miden en el QQ' a la derecha o a la izquierda del M^o G

La tierra gira de W a E

Por eso el Sol sale por el E

Una estrella estaria proyectada en un punto de la esfera celeste. Su altura desde QQ' es la DECLINACION

Y su arco sobre QQ' desde Greenwich es su GHA o Greenwich Hour Angle, angulo horario en Greenwich

La declinacion es la latitud de un astro
El GHA es la longitud se un astro

En fig 1a se muestra que los meridianos son arcos de circulo maximo. Son todos iguales
Los paralelos son arcos de circulo menor, y son todos diferentes, llendo de maximo (circulo maximo) en el QQ' y disminuyendo hasta 0 en el Polo
Fig 1b es lo mismo visto desde arriba, desde el Polo

1.2 PUNTOS Y LINEAS DE LAS ESFERA CELESTE

Son lineas imaginarias que nos ayudan a medir y situar los objetos celestes

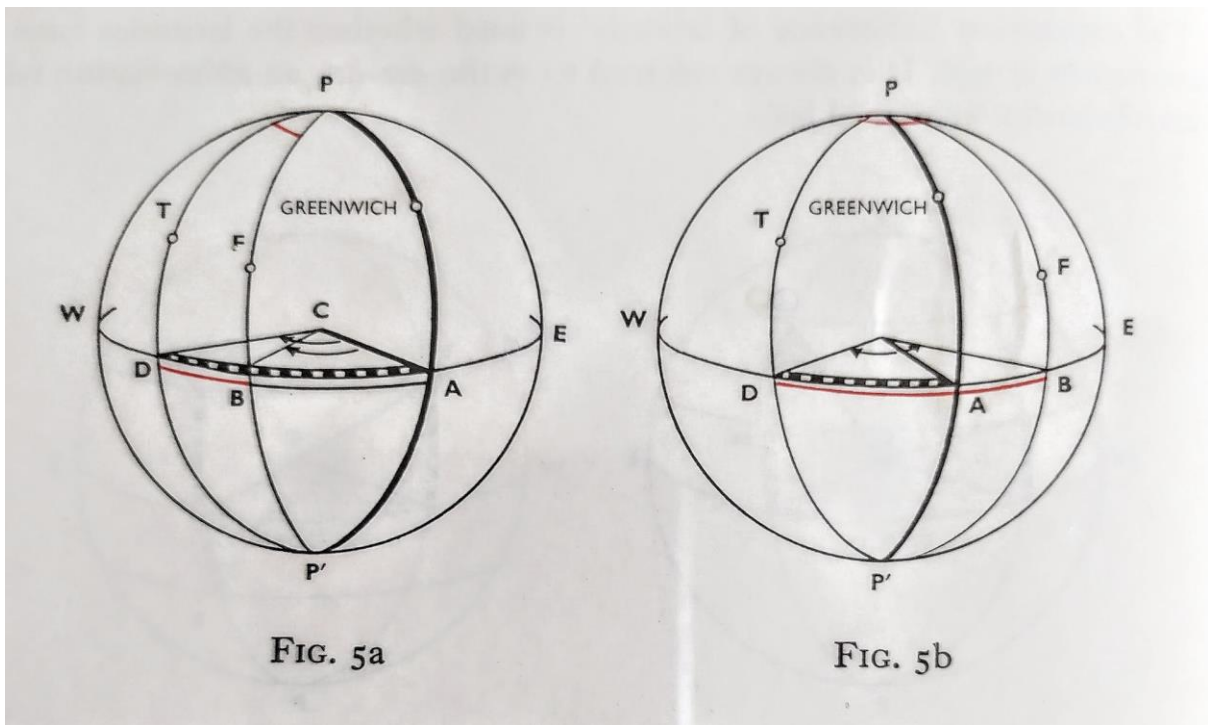
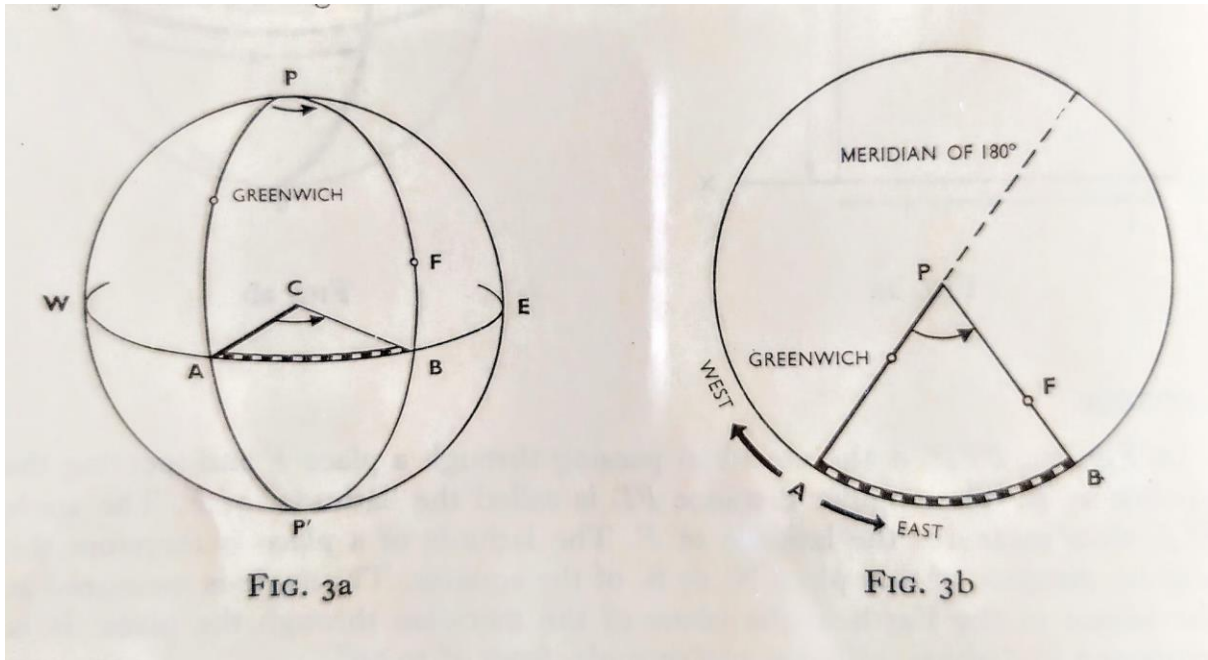
POLO celeste. En una esfera Geocentrica coincide con los polos terrestres.

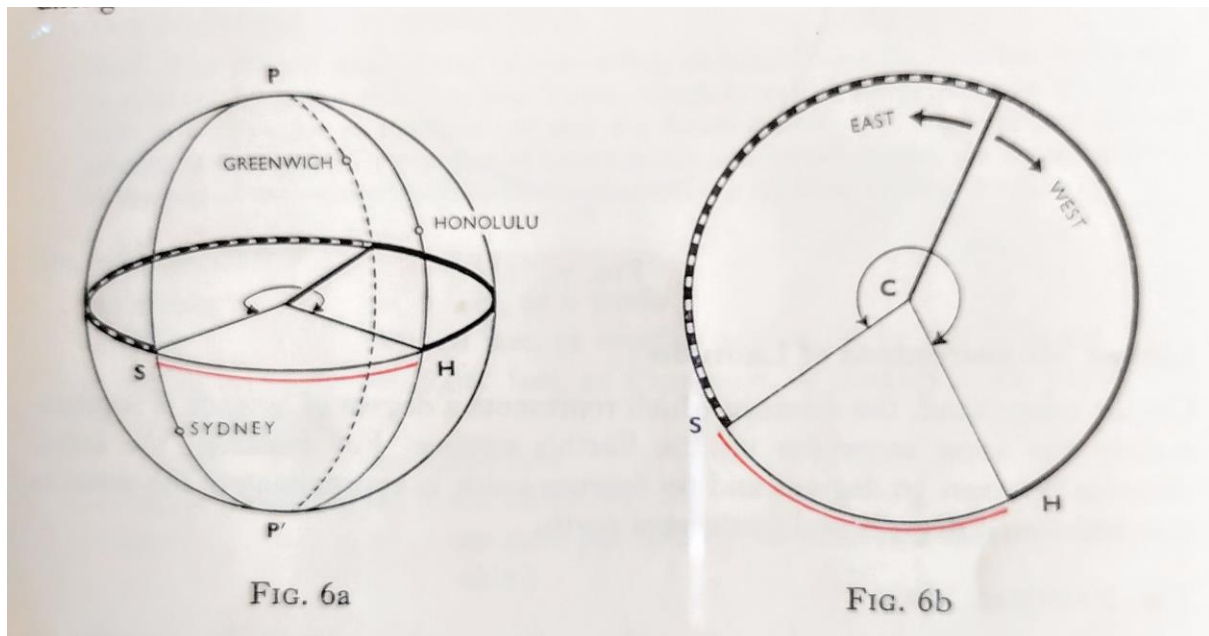
ECUADOR Igualmente, circulo maximo perpendicular a la linea de los polos. En una esfera local esta desplazado, ya que es perpendicular a la linea que pasa por el observador (ver grafico)

MERIDIANOS Circulos maximos que pasan por los polos. Todos los meridianos son iguales

PARALELOS . Circulos paralelos al Ecuador y por tanto perpendiculares a los meridianps. El Ecuador es un paralelo de circulo maximo, a partir de el, y hacia el Norte o hacia el Sur, los paralelos disminuyen de tamaño. Por tanto todos los paralelos son distintos.

Las figuras siguientes dan varias vistas y ejemplos de los circulos maximos y paralelos y de los parametros que se pueden medir sobre ellos



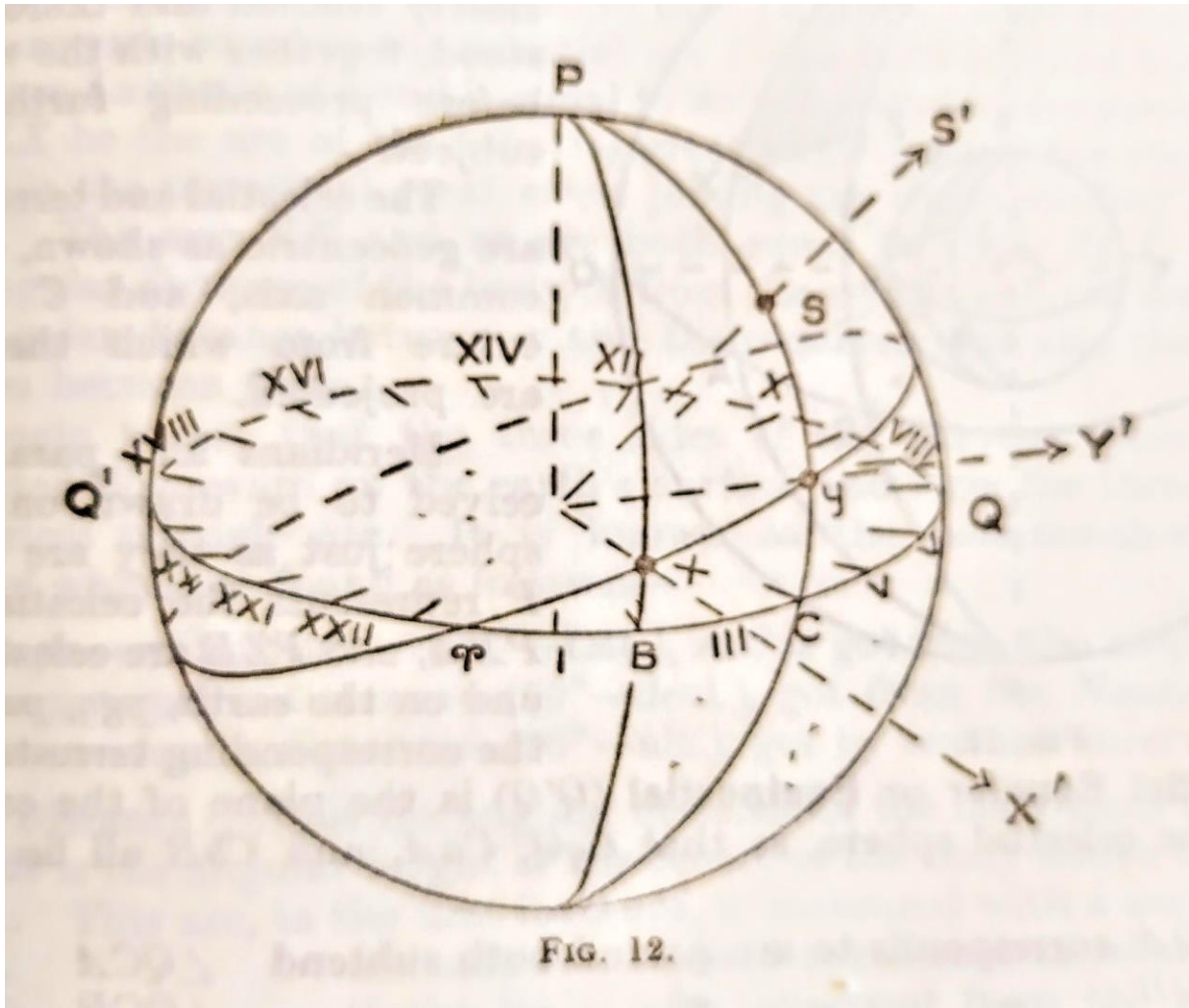


CIRCULO HORARIO. Meridianos. El meridiano cero, por convencion, se considera que es el que pasa por Greenwich (Inglaterra) y desde el se cuentan hacia la derecha MERDIANOS ESTE y hacia la izquierda MERDIANOS OESTE.

Capitulo 4 Tiempo

Como la tierra tiene 360° y un dia son 24 horas, asumiendo que el sol arranque desde Greenwich en direccion OESTE (de hecho el Sol no se mueve, es la tierra la que se mueve de OESTE a ESTE), pues bien 360° entre 24 horas son 15° por hora. Por tanto el Sol se mueve 15° cada hora. Cada sector o uso de 15° se llama ZONA HORARIA, siendo + las zonas mas al ESTE de Greenwich y - las zonas al OESTE

Es decir, todo lugar al ESTE tiene MAS horas que cualquier lugar al OESTE



ZENIT. Punto encima de la cabeza del observador. Si por la posición del observador trazamos una vertical, esta cortará a la esfera celeste en un punto. Este es el Zenit. El punto opuesto al Zenit es el NADIR (que sería como el polo sur del observador)

EL MERIDIANO que pasa por el Zenit y Nadir se llama MERIDIANO del OBSERVADOR MERIDIANO SUPERIOR DEL LUGAR El meridiano que contiene al Zenit y Nadir (ver gráfico)

ALMICANTARAT. Paralelos de la esfera local, es decir, los círculos menores paralelos al horizonte

VERTICAL Meridianos que pasan por el zenit y nadir

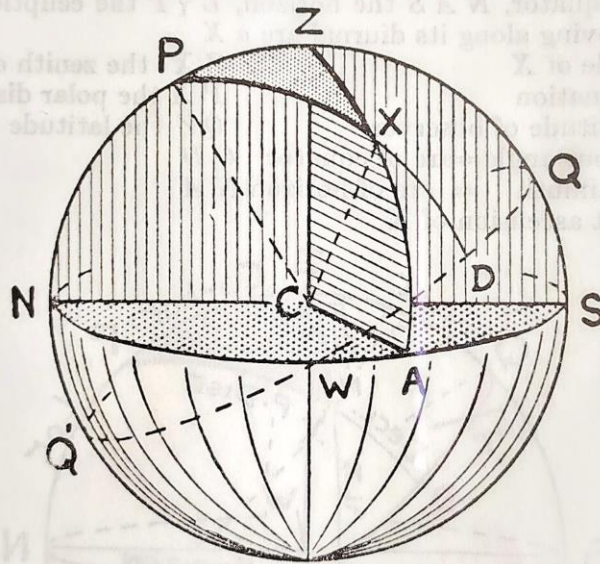
Vertical primario: el meridiano que pasa por los puntos Este y Oeste

HORIZONTE: círculo máximo perpendicular a la línea zenit-nadir. Es como el Ecuador del observador. Se distingue entre:

Horizonte verdadero: el definido anteriormente

Horizonte aparente: Tangente a la superficie de la tierra desde el observador si este estuviera en la superficie de la tierra en vez de en el centro.

Horizonte del mar: círculo menor formado por las visuales del observador a la superficie de la tierra



This figure is a diagram drawn on the plane of a meridian with the zenith on top.

NWS is the horizon, Z the zenith, P the pole, X a star, Q^1WQ the equator.

Referring to the body X we have,

AX its altitude = $\angle ACX$

ZX its zenith distance = $\angle ZCX$

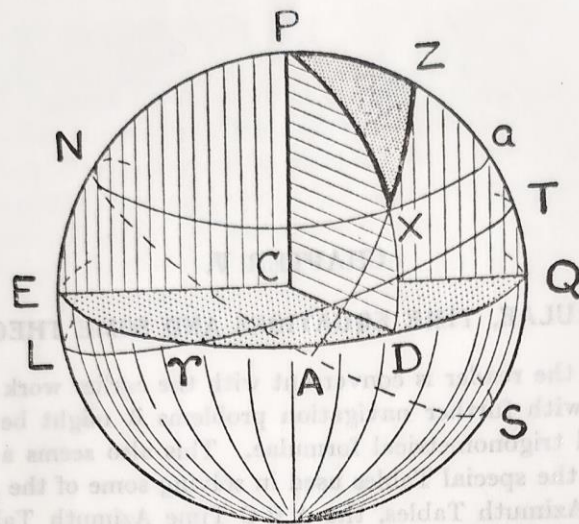
DX its declination

PX its polar distance = $\angle PCX$

PZ the co-latitude of observer = $\angle ZCP$

$\angle ZPX$ the hour angle of X = arc of equator QD

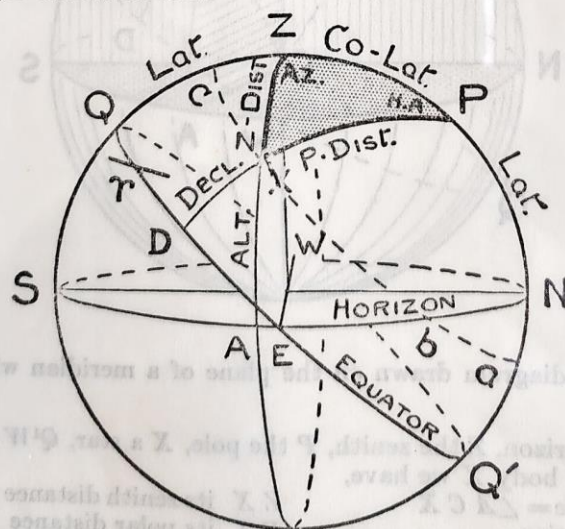
$\angle PZX$ the azimuth of X = arc of horizon NA



This diagram is also drawn on the plane of the meridian but turned round a little to bring the pole on top.

EDQ is the equator, NAS the horizon, $L\gamma T$ the ecliptic, P the pole, Z the zenith, X a star moving along its diurnal arc aX

- AX = altitude of X
- ZX the zenith distance
- DX the declination
- PX the polar distance
- PZ the co-latitude of observer
- QZ the latitude
- $\angle ZPX$ the hour angle = arc of equator QD
- $\angle PZX$ the azimuth = arc of horizon NA
- γD is the right ascension of X



A diagram drawn on the plane of the meridian.
 $NESW$ is the horizon.
 NS the projection of the meridian on to the horizon, WE the projection of the

EJERCICIO:Figura derecha)

Dibujar, para un observador en posicion Lat 35°N Long 115° E, lo siguiente:

Meridiano del lugar, meridiano de Greenwich, Ecuador, Horizonte verdadero, puntos cardinales sobre el horizonte.

EJERCICIO:(Figura izquierda)

Dibujar una esfera celeste situación Lat 40° S Long 135° W. Dibujar todas las líneas estudiadas

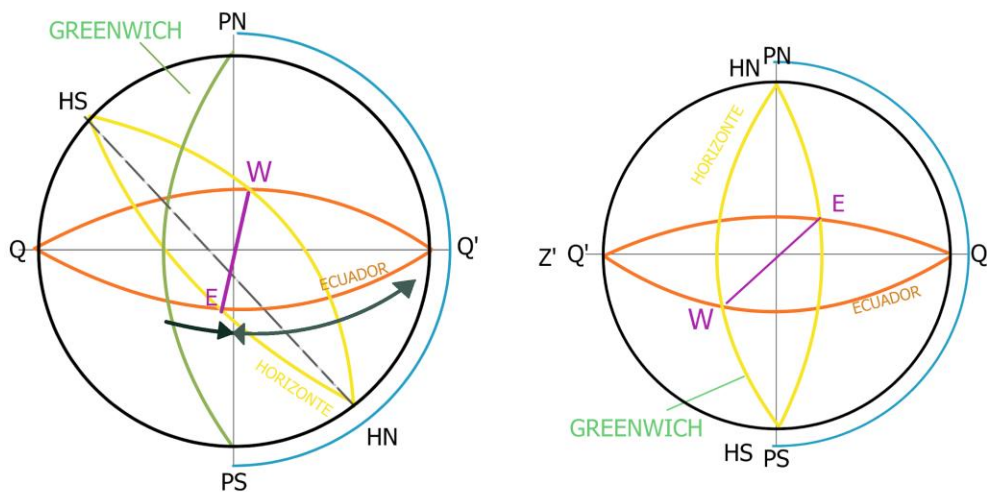


Fig 5 y 6

EJERCICIO: FIGURA DERECHA Esfera celeste, lat 00° Long 090° E Dibujar todas las líneas

EJERCICIO:

Esfera celeste lat 48° S Long 160° E Dibujar todas las líneas

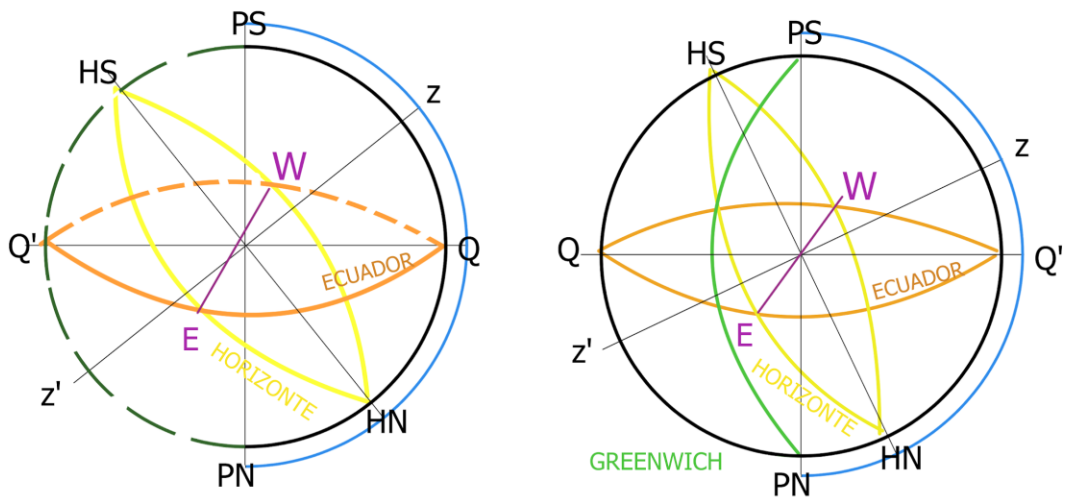


Fig 7 ,8

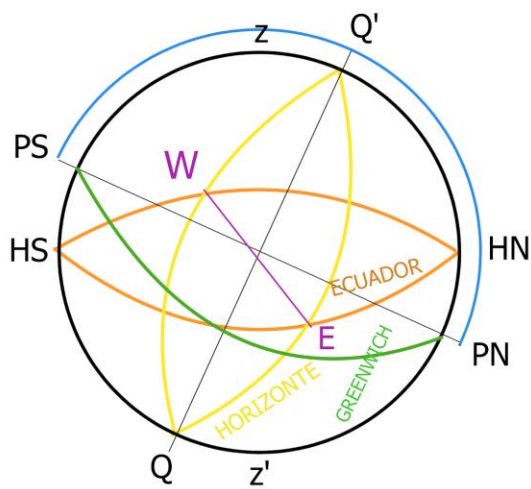


Fig 9

1.2 COORDENADAS DE LA ESFERA CELESTE.

Tenemos tres sistemas: Horizontales, Horarias y Uranograficas

1.2.1 Coordenadas Horizontales

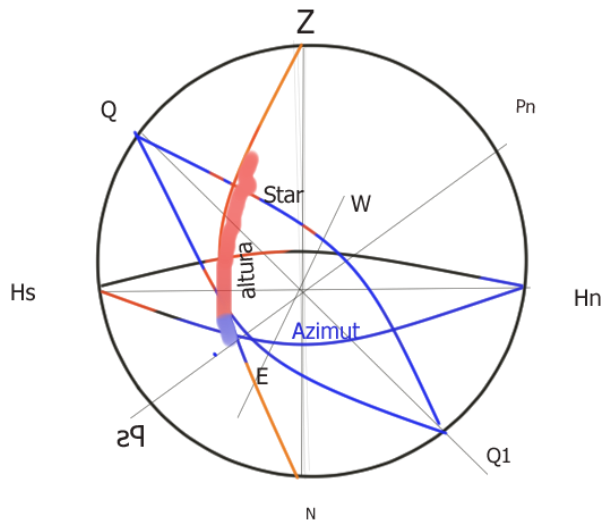
El plano fundamental es el horizonte verdadero H-H'

Altura: es el arco vertical contado desde el horizonte hasta el Almicanaraz que pasa por el centro del astro. Se mide de 00° a 90° Si la altura es negativa se llama DEPRESION (por debajo del horizonte) y por tanto, no se ve

Distancia zenital: El el complemento ($90^{\circ}-a$) de la altura

Azimet: Arco del horizonte desde el Norte hasta vertical del astro y hacia el Este. Se cuenta de 000° a 360°

GRAFICO fig 10



EJERCICIO pg 10 y fig 11

Lat 40°N dibujar la esfera celeste y representar los astros que tiene como coordenadas

Fig 12 aun sin foto...lat 20° astros etc....

COORDENADAS HORARIAS

Se miden en el Ecuador QQ'

HORARIO del lugar hl . Es el arco del ecuador celeste contado desde el meridiano superior del lugar hacia el W hasta el circulo horario del astro, va de 000° a 360°

Tambien se puede medir de 000° a 180° E u W

DECLINACION d . Es el arco de circulo horario comprendido entre el ecuador y el astro
Sera N, (+) o S (-) segun este por encima o por debajo del ecuador. Mide de 00° a 90°

CODECLINACION (D) Es el arco de circulo horario que va desde el polo ecuatorial del observador hasta el astro. Esta coordenada puede ser mayor de 90°

d mismo nombre que latitud, $D=90^{\circ}-d$

D distinto nombre que latitud, $D=90^{\circ}+d$

GRAFICO pag 13 pending foto

EJERCICIO:

Lat 30° N dibujar la esfera celeste y los siguientes astros:

A.. $h_l=75^{\circ}$

$d=50^{\circ}$ N

B $h_l=220^{\circ}$

$d=60^{\circ}$ S

Grafico pending foto

EJERCICIO pag 14 grafico pending foto

Lat 50° S, dibujar los siguientes astros

A $h_l=310^{\circ}$

$d=30^{\circ}$ S

B $h_l=130^{\circ}$

$d=40^{\circ}$ N

EJERCICIO pag 14 pending foto

Lat 45° N , astor:

A $h_l=355^{\circ}$

$d=85^{\circ}$ S

B $Z_b=020^{\circ}$

$ab=50^{\circ}$

RELACION ENTRE LAS COORDENADAS HORARIAS DE UN ASTRO EN UN LUGAR CUALQUIERA Y EN GREENWICH

Ver fig 5a,5b , 6a, 6b

Horario de Greenwich- Es el arco del Ecuador contado desde el punto de corte con el meridiano superior de Greenwich hasta el circulo horario del astro.
Recordemos que la separacion en el Ecuador del meridiano superior de Greenwich y el del lugar es la Longitud, y obtendremos la siguiente formula:

$$hG^* = hI^* + L \quad LW \text{ positivas}$$

$$hI^* = hG^* - L \quad LE \text{ negativas}$$

GRAFICO pag 15 pending foto

EJERCICIO: Pag15 pending foto

Ejercicio:

Al ser $hG^*(\text{Horario en Greenwich del astro}) = 47^\circ 22,5$ calcula el hI^* para un observador que se encuentre el Long $092^\circ 15,7E$

Solucion:

$$hI^* = hG^* - L$$

$$hI^* = 47^\circ 22,5 - (-(092^\circ 15,7)) = 139^\circ 38,12$$

Al ser L negativa, dos negativos son un positivo, por tanto se suman

EJERCICIO:

AL ser $hG^* = 93^\circ 30$ calcular el hI^* para un observador que se encuentra en $L = 120^\circ 45W$

Solucion:

$$hI^* = hG^* - L$$

$$hI^* = 93^\circ 30 - 120^\circ 45 = -27^\circ 15$$

EJERCICIO:

AL ser $hG^* = 200^\circ 40$ calcular hI^* para observador en $L = 175^\circ 23E$

$$hI^* = hG^* - L$$

$$hI^* = 200^\circ 40 - (-175^\circ 23) = 376^\circ 36 \text{ como es mayor de } 360^\circ, \text{ se le restan estos } 376^\circ 36 - 360^\circ = \mathbf{16^\circ 30}$$

RELACION DE COORDENADAS URANOGRAFICAS ECUATORIALES

1.2.3 COORDENADAS URANOGRAFICAS ECUATORIALES

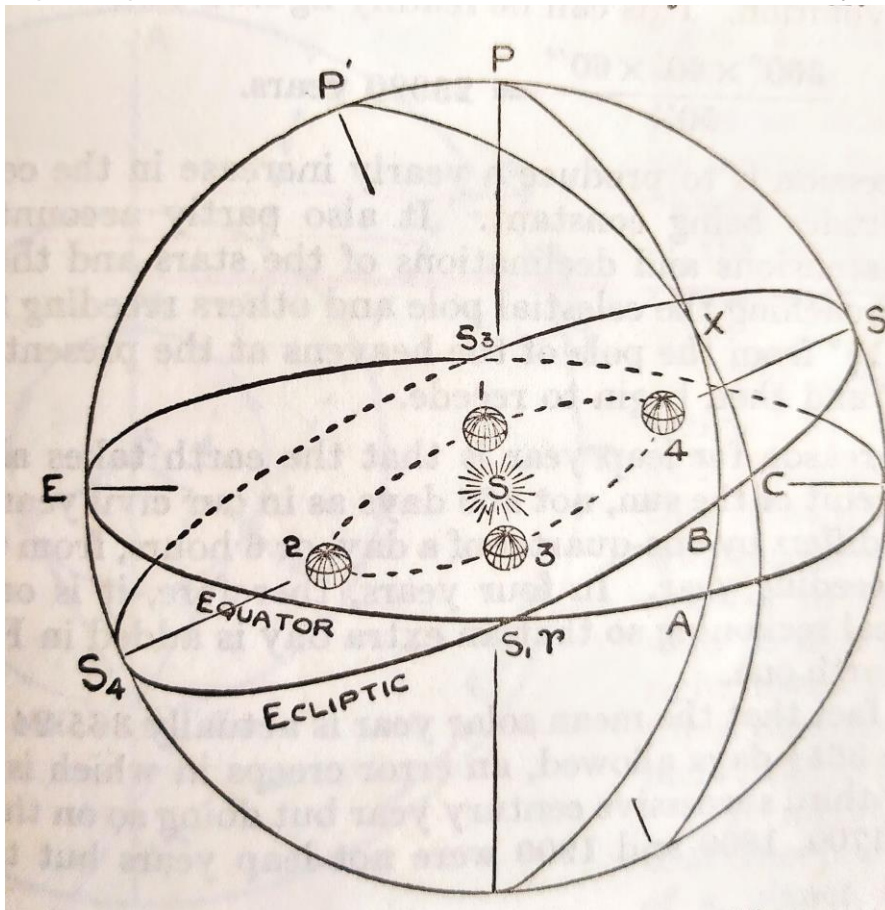
Primero veamos que es la Elíptica. Es la proyección sobre la esfera celeste de la órbita del sol. Es un círculo máximo (meridiano) y forma con el Ecuador celeste un ángulo de $23^{\circ}27'$

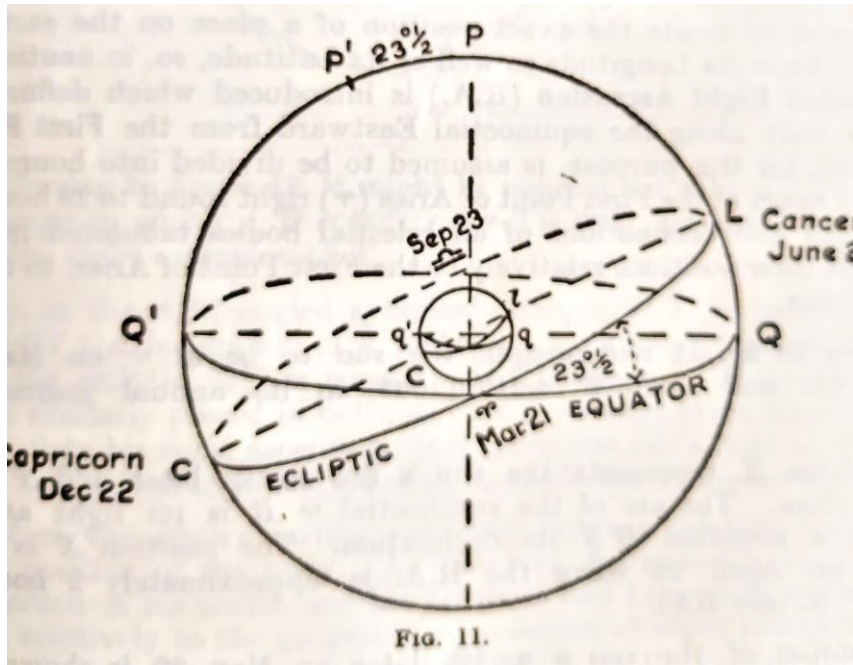
La elíptica corta al ecuador en dos puntos llamados ARIES Y LIBRA

Por tanto ARIES es el punto del ecuador celeste en el que la elíptica cruza el ecuador. Libra es el punto opuesto a Aries (está a 180° sobre el ecuador celeste)

Aries y libra se denominan puntos equinociales. Cuando el sol está en cualquiera de ellos, el día y la noche son IGUALES en cualquier lugar de la tierra. Aries ocurre el 21 de Marzo y Libra el 23 de Septiembre

El plano fundamental es el ecuador. El origen de la coordenada (desde donde se mide) es el primer punto de aries, o sea, donde corta al ecuador en su trayectoria.





Angulo Siderio AS

Arco de ecuador contado desde aries en el sentido de las agujas del reloj, visto desde el Polo N hasta el meridiano celeste que pasa por el astro

DECLINACION d :

Arco maximo de ascension que va desde el Ecuador hasta el astro. Es la altura del astro desde el ecuador. El arco del astro hasta el horizonte, es la altura

EJERCICIO: pag 17 pending foto

Dibujar la esfera celeste con el maximo de ascension que pasa por los equinocios en el plano del papel. PN celeste arriba y situar los astros con las siguientes coordenadas uranograficas

- A. AS 135° $d = 30^\circ N$
- B. AS 30° $d = 45^\circ S$

EJERCICIO pag 17 pending foto

Dibujar una esfera con el meridiano superior del lugar sobre el papel, para un observador que se encuentra en $Lat = 40^\circ N$ y para el momento en que $hl = 185^\circ$ y representa un astro que tiene $AS = 200^\circ$ $d = 40^\circ N$ Situar el astro y ademas, Spica, estrella que en el mes de octubre tiene $AS = 158^\circ 27,8$ $d = 11^\circ 15,3 S$

GRAFICO pag 18 pending foto

EJERCICIO:

Lat=25°S hl=330° AS=270° d*=60°S

GRAFICO pag 18 pending foto

RELACION ENTRE LAS COORDENADAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL ECUADOR

GRAFICO pag 18

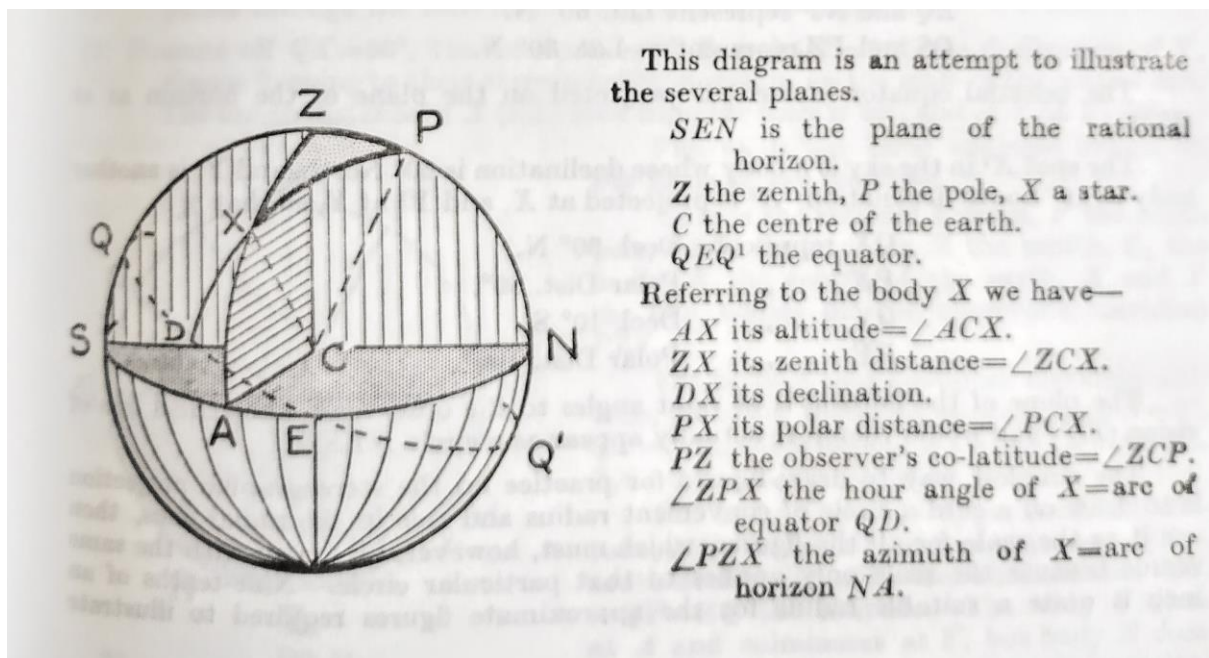
$$hG \cdot = hly + L + AS \cdot$$

$$hG \cdot = hl \cdot + L$$

$$hl \cdot = AS \cdot + hly$$

TRIANGULO DE POSICION

En la esfera celeste el meridiano superior del lugar, circulo horario del astro y vertical del mismo astro forman un triangulo esferico importantisimo en el estudio de la astronomia nautica, llamado TRIANGULO DE POSICION



2.1 ELEMENTOS DEL TRIANGULO DE POSICION

- Los vertices son:
Polo elevado, de igual nombre que la latitud
Zenit Z
Astro A
- Los lados son:
Colatitud ($90^\circ - \text{lat}$)
Distancia zenital (Zenit-astro)
Codeclinacion ($90^\circ - d$) polo elevado menos astro
- Los angulos son:
Angulo en el polo, formado con el vertice en el polo elevado
Angulo zenital formado con el vertice en el zenit
Angulo paralactico, formado con el vertice en el astro

Spherical triangle navigation

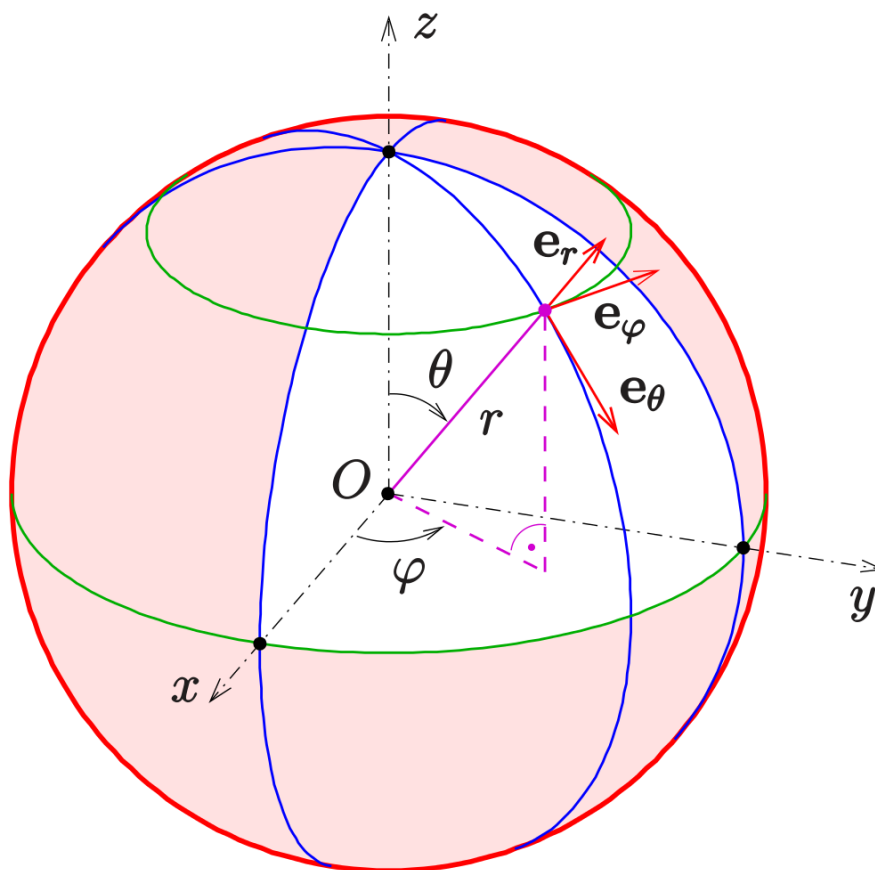


GRAFICO pag 19 pending foto

ESTUDIO DE LOS LADOS

Como todo triangulo esferico sus lados son menores de 180° pero ademas, en el triangulo de posicion ocurre que

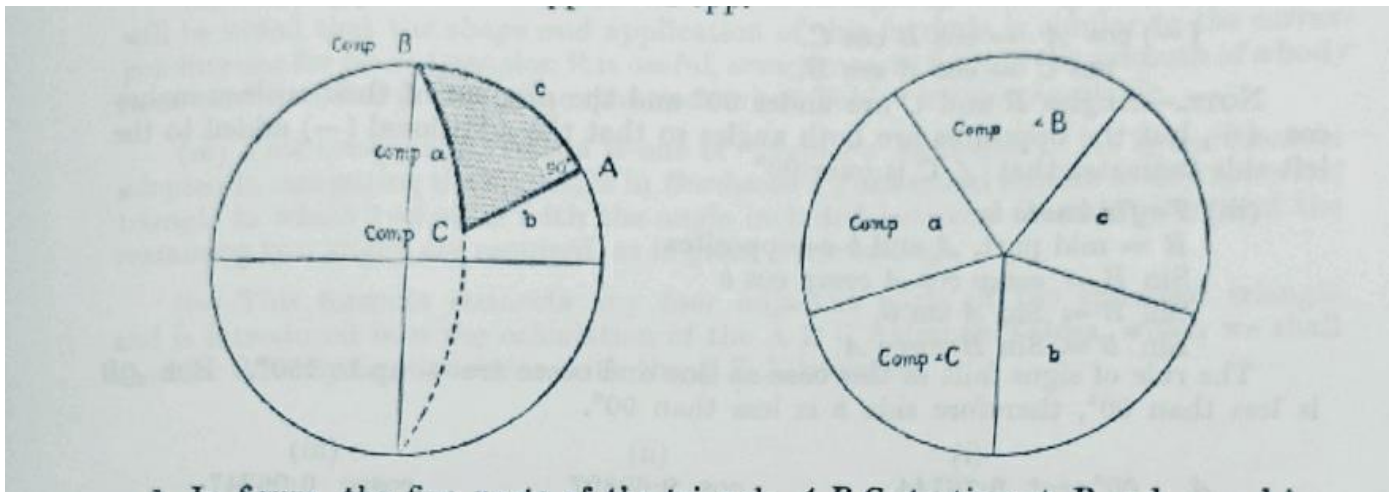
-El lado colatitud al estar cortado desde el polo elevado, de igual nombre que la latitud, hasta el zenit, es menor de 90°

El lado distancia zenital, en la practica, es señal de que el astro es visible, por tanto menor de 90°

El lado codeclinacion puede ser mayor de 90° cuando la declinacion tiene distinto nombre que la latitud por contarse desde el polo elevado

D mismo nombre que la lat: $\Delta = 90 - d$

D distinto nombre que latitud, $\Delta = 90 + d$



REGLAS DE NAPIER O TRIANGULO DE NAPIER

Las reglas fundamentales son:

- 1.-Asumimos que el triangulo consta de 5 partes, que son 3 lados y 2 angulos (omitimos el angulo de 90°)
- 2.-Se usan los complementos de la hipotenusa y de los dos angulos
- 3.-Adyacente significa el que esta al lado. Opuesto es uno pasado del adyacente
- 4.-Seleccionando cualquiera de las tres partes como la parte media, las otras dos, formaran bien 2 partes adyacentes o bien dos partes opuestas cuando aplicamos una de las siguientes formulas:

Seno de la parte media = producto de las tan de partes adyacentes

Producto de los cosenos de las partes opuestas

Abreviadas la formulas seran

I sen parte media=tan ady x tan ady

II. sen parte media=cos opuest x cos opuest

Fig izda triangulo ABC empezando en B las 5 partes, en orden son:B, lado c, lado b (omitimos angulo de 90°) ang C,lado a

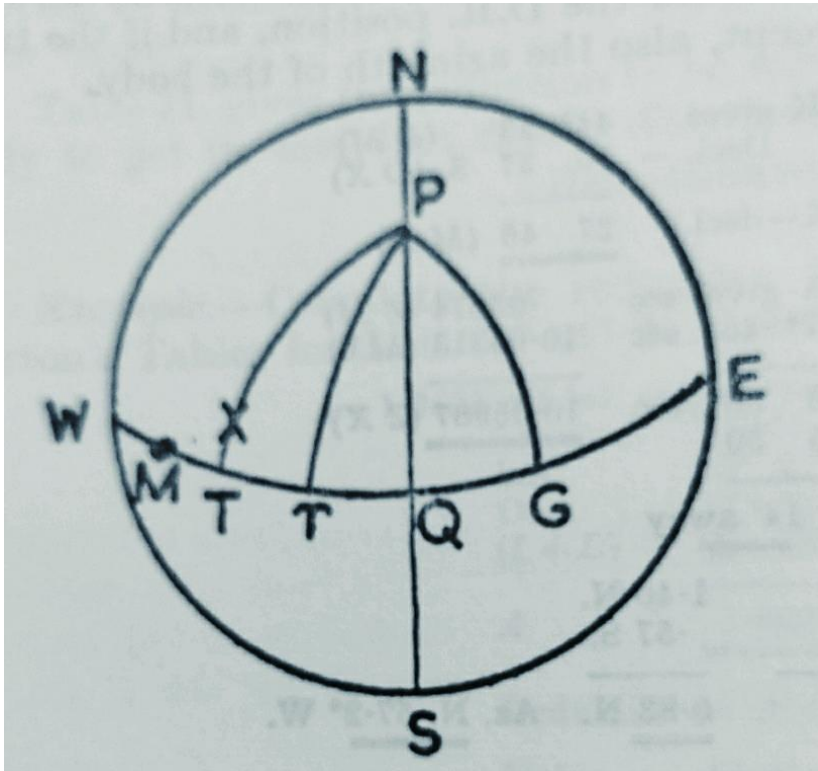
Otra forma de dibujarlo es como en la fig de la derecha

REGLA DE LOS SIGNOS:para determinar si un angulo obtenido de las tablas es el valor requerido o su suplemento,debemos insertar un signo menos - al producto cuando los adyacentes (o dos opyestos) sean **ambos angulos o ambos lados**.El resultado nos indicara si estan en el 1° o 2° cuadrante

ESTUDIO DE LOS ANGULOS

Como todo triangulo esferico los angulos tiene que ser menores de 180°

En esta figura NESW repreenta el horizonte racional, WQE ecuador celeste, P polo, Z zenit, y el primer punto de Aries M el sol medio



Arco $QM+12h$ =hora local media (HL)LMT
Arco MT =ecuacion de tiempo

ECUACIONES

$LMT (HL)=GMT - Long W$
 $(QM+12)=(GM+12) - GQ$
 $QM = QM$

2.- Eq de tiempo $MT= LMT - LAT$
- $(QM+12h)- (QT+12h)$

3.- $GHA Astro = GHAY + SHA astro$
 $GT = Gy + yT$

4.- $LHA astro=GHA astro - long W$
 $QT = GT - GQ$
 $= QT$

El arco GT esta tabulado en el Almanaque Nautico para intervalos de hora en hora para el Sol, Luna y Planetas asi como el arco Gy
El arco yT (angulo siderio del astro) se da en la lista de estrellas para el medio de cada mes y no requiere correccion para el dia de mes del que se trate
El arco MT ecuacion de tiempo, se da a intervalos de 12h con el signo + o - al tiempo aparente

El angulo en el polo P es igual al horario del lugar contado menor de 180° puesto que este angulo tiene igual medida que el arco de ecuador comprendido entre sus lados

El angulo en el zenit Z. es igual al azimut astronomico porque este angulo tiene igual medida que el arco de horizonte comprendido entre sus lados

NOTA: El azimut astronomico es el arco de horizonte que va desde el punto cardinal N o S siempre del mismo nombre que la latitud, hasta el vertice del Astro. Se cuenta menor de 180° llamandose oriental u occidental segun se cuenta hacia el E o hacia W

ANGULO PARALATICO(A)
No interesa en nautica

Cuando el Astro esta al W el hl es menor de 180° y entonces $Pw=hl$
Cuando, el astro esta al E, hl MAYOR de 180° y entonces $PE=360^\circ-hl$

Grafico pag 21 pending foto

Pag 22

1º observador en lat N Astro al E. Al estar el astro al E el azimut nautico es menor de 180° resultando

Grafico pag 22 pending foto

2º Observador lat N astro al W, por lo que azimut nautico mayor de 180°

Grafico pag 22 pending foto

3º Observador lat S astro al E, Como el polo elevado es el S, el azimut se cuenta desde el S, resultando

Grafico pag 22 pending foto

4º Observador en lat S astro al W Al ser el polo elevado S Z se cuenta desde S, puntos cardinales diferentes, por lo que

Grafico pg 23 pending foto

RESUMEN:

Lat N....Astro al E...Z=Znautico

Astro al W..Z= 360° -Znautico

Lat S Astro al E...Z= 180° -Znautico

Astro al W...Z=Znautico- 180°

EJERCICIO: pag 23 Grafico pending foto

En lat 35° N dibujar la esfera celeste con su correspondiente triangulo de posicion para un astro de coordenadas $hl=60^\circ$ $d=40^\circ$ N Ademas calcular los lados del triangulo de posicion y sus correspondientes angulos conocidos

EJERCICIO pag 24 pending foto

Lat 20° N dibujar esfera celeste con su correspondiente triangulo de posicion para un astro de coordenadas: $Z^*=110^\circ$ $O^*=15^\circ$ siendo Zazimut, arco de horizonte desde el N hacia el E en la vertical del astro

EJERCICIO pag 25 pending foto primer grafico, texto:

Dibujar una esfera celeste con el meridiano del lugar en el plano del papel correspondiente a un observador en Lat= 45° N y Lon= 090° W para el momento en que $hg\gamma=150^\circ$ $As^*=220^\circ$ y codeclinacion $\Delta=50^\circ$ Señalar con trazo grueso el triangulo de posicion y las coordenadas horizontales

RESOLUCION DE TRIANGULOS DE POSICION Y FORMULAS

Recordemos estas dos formulas de trigonometria esferica:

$$\cos(90^\circ - a) = [\cos(90^\circ - l)\cos(90^\circ - d)] + [\sin(90^\circ - l)\sin(90^\circ - d)\cos P]$$

$$\operatorname{ctg}(90^\circ - d)\operatorname{sen}(90^\circ - l) = [\cos(90^\circ - l) \cdot \cos h l^*] + [\operatorname{sen} h l^* \cdot \operatorname{Cotg} Z]$$

Grafico pendiente foto pag 26 triangulo pequeño

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA ALTURA

Partimos de la formula

$$\cos(90^\circ - a) = [\cos(90^\circ - l)\cos(90^\circ - d)] + [\sin(90^\circ - l)\sin(90^\circ - d)\cos P]$$

La funcion trigonometrica de un angulo es igual a la funcion trigonometrica opuesta del angulo complementario, por ej. $\cos(90^\circ - a) = \operatorname{sen} a$

Sustituimos los valores de la formula por las funciones trigonometricas opuestas de los angulos complementarios y tenemos que:

$$\operatorname{Sen} a = \frac{(\operatorname{sen} l \operatorname{sen} d)}{A} + \frac{(\cos l \cdot \cos d \cdot \cos P)}{B}$$

$$\operatorname{sen} a = A + B$$

Utilizaremos el siguiente criterio de signos:

A positivo si $l = d$

A negativo si $l \neq d$

B depende de $\cos P$

B positiva si $P < 90^\circ$

B negativo si $P > 90^\circ$

3.2 FORMULA PARA EL CALCULO DEL AZIMUT

Partimos de la formula

$$\operatorname{ctg}(90^\circ - d)\operatorname{sen}(90^\circ - l) = [\cos(90^\circ - l) \cdot \cos h l^*] + [\operatorname{sen} h l^* \cdot \operatorname{Cotg} Z]$$

Si sustituimos los valores de la formula por las funciones trigonometricas opuestas de los angulos complementarios, tenemos que

$$\operatorname{tg} d \cdot \cos l = (\operatorname{sen} l \cdot \cos P) + (\operatorname{sen} P \cdot \operatorname{Cotg} Z)$$

Y despejando y cambiando de lado, llegamos a

$$\operatorname{Cotg} Z = \frac{\operatorname{tg} d \cdot \cos l - \operatorname{sen} l \cdot \cos P}{\operatorname{sen} P}$$

$$\operatorname{Ctg} Z = \operatorname{tg} d \cdot \cos l \cdot \operatorname{sen} P - (\operatorname{sen} l \cdot \operatorname{sen} P)$$

$$\operatorname{Ctg} Z = \frac{(\operatorname{tg} d \cdot \cos l \cdot \operatorname{cosec} P)}{A} - \frac{(\operatorname{sen} l \cdot \operatorname{cotg} P)}{B}$$

$$\operatorname{Cotg} Z = A - B$$

Utilizaremos el siguiente criterio de signos:

A+ si l y d igual nombre

A - si l y d distinto nombre

Z + polo elevado E(P)

Z - polo depreso W(P)

B + si P menor 90°

B - si P mayor de 90°

Es el mismo para el azimut que para la altura

3.2 FORMULA PARA EL CALCULO DE LA DECLINACION

Partimos de la formula

$$\cos(90^\circ - d) = [\cos(90^\circ - a) \times \cos(90^\circ - l)] + [\operatorname{sen}(90^\circ - a) \times (90^\circ - l) \times \cos Z]$$

Si sustituimos los valores de la formula por las funciones trigonometricas opuestas de los angulos complementarios tenemos que:

$$\operatorname{sen} d = \frac{(\operatorname{sen} a \cdot \operatorname{sen} l)}{A} + \frac{(\cos a \cdot \cos l \cdot \cos z)}{B}$$

$$\operatorname{Sen} d = A + B$$

A siempre +

B + si l = signo que z

B - si l distinto signo que z

D + mismo nombre que l

D - distinto nombre que l

3.4 FORMULA DEL CALCULO DEL HORARIO LOCAL

PARTIMOS DE LA FORMULA

$$\cotg(90^\circ - a) \times \text{sen}(90^\circ - l) = [\cos(90^\circ - l) \times \cos z] + [\text{sen } z \times \cotg z]$$

Si sustituimos los valores de la formula por las funciones trigonometricas opuestas de los angulos complementarios tenemos que:

$$\text{tga} \times \cos l = \text{sen } l \times \cos z + \text{sen } z \times \text{ctg } P$$

$$\frac{\text{tga} \times \cos l - \text{sen } l \times \cos z}{\text{sen } z} = \cotg P$$

$$\text{tga} \times \cos l \times \frac{1}{\text{sen } z} - \text{sen } l \times \frac{\cos z}{\text{sen } z} = \cotg P$$

$$(\text{tga} \times \cos l \times \text{cosec } z) - (\text{sen } l \times \cotg z) = \cotg P$$

$$\cotg P = A - B$$

B+ z=l

B- z distinto l

P es E u W segun el azimut

EJERCICIO

l=45°N L=100°E Dibujar la esfera celeste y su correspondiente triangulo de posicion para un astro que tiene por coordenadas

$$AS^* = 075^\circ$$

$$d^* = 30^\circ S$$

$$\text{Siendo } h_g \varphi = 150^\circ$$

Calcular los valores de los lados y los angulos del triangulo de posicion

C colatitud = 90° - latitud l

Z del astro, necesario

Δ codeclinacion, 90° - d

S h l* necesario

$$l = d \quad \Delta = 90^\circ - d$$

$$L \text{ distinta de } d \quad \Delta = 90^\circ + d$$

$$h_l \gamma = h_g \gamma - l = 150 - (-100) = 250^\circ$$

$$h_1^* = h_1 + AS^* = 250^\circ + 75 = 325^\circ \text{ como se mide E-W, } 360^\circ - 325^\circ = 35^\circ \text{E}$$

$$c = 090^\circ - l = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

$$\Delta = 90^\circ - d = 90^\circ - (-30^\circ) = 90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$$

FALTA COMPLETAR SOLUCION, ver file scann

Pag 30. Ejercicio

pag 31

EJERCICIO:

Dibujar la esfera celeste y su triángulo de posiciones para un observador $\text{lat} = 30^\circ \text{S}$ con el Astio* $A_* = 30^\circ$
 $Z_* = 135^\circ$

Gráfico:

$$c = 90^\circ - l = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$
$$Z = 180^\circ - Z_* = 180^\circ - 135^\circ = 45^\circ \text{ E}$$
$$Z = 60^\circ$$
$$\Delta = 38^\circ 42' \text{ S}$$
$$d = 51^\circ 17' 27'' \text{ S}$$
$$P = 78^\circ 17' 56''$$
$$h_1^* = 281^\circ 42' 3.32$$
$$Z_* = 135^\circ \text{ SE}$$

h_1^* : se mide desde el meridiano superior hacia el W

pag. 32

EJERCICIO: Observador Lat $\ell = 36^{\circ} 11.5' S$. Astero * $D_x = 25^{\circ} 25'$
 $Z_x = 208^{\circ} 47' W$

Solución

$$\text{Colat} = \text{col} = 90^{\circ} - 36^{\circ} 11.5'$$

$$\Delta = 90^{\circ} - d = 90^{\circ} - 63^{\circ} 09' = 26^{\circ} 50.2'$$

$$Z = 90^{\circ} - a = 64^{\circ} 35'$$

$$\hat{Z} = 5208^{\circ} 47' W - 180^{\circ} = 28^{\circ} 47'$$

$$\text{sen } d = (\text{sen } a \cdot \text{sen } \ell) + (\text{cos } a \cdot \text{cos } \ell \cdot \text{cos } \hat{Z})$$

$$\text{sen } d = (\text{sen } 25^{\circ} 25' \cdot \text{sen } 36^{\circ} 11') + (\text{cos } 25^{\circ} 25' \cdot \text{cos } 36^{\circ} 11.5' \cdot \text{cos } 28^{\circ} 47')$$

$$\text{sen } d = (0,253436326) + (0,638870621) = 0,892307$$

$$d = 63,1645 = 63^{\circ} 09' 37''$$

$$\text{cotg } P = (\text{tg } a \cdot \text{cos } \ell \cdot \text{cosec } Z) - (\text{sen } \ell \cdot \text{cotg } Z)$$

$$\text{cotg } P = 0,2785602 \text{ por tanto } \frac{1}{0,27856} = 74^{\circ} 26' 4''$$

$$P = 74^{\circ} 26.4''$$

pag 30

EJERCICIO: Dibujar la esfera celeste y triángulo de posición para un observador en lat $\ell = 38^{\circ}20'N$.

El Astro * tiene $d_x = 08^{\circ}27'$
 $h_x = 072^{\circ}12'$

Solución:

$$\cotg Z = (\operatorname{tg} d \cdot \cos \ell \cdot \cos P) - (\operatorname{sen} \ell \cdot \cotg P)$$

$$\cotg Z = (\operatorname{tg} 08^{\circ}27' \cdot \cos 38^{\circ}20' \cdot \operatorname{cosec} 72^{\circ}12') - (\operatorname{sen} 38^{\circ}20' \cdot \cotg 72^{\circ}12')$$

$$\cotg Z = 0.049667473 - 0.19913583$$

$$Z = 81^{\circ}29'56'' S$$

$$\operatorname{sen} a = (\operatorname{sen} \ell \cdot \operatorname{sen} d) + (\cos \ell \cdot \cos d \cdot \cos P)$$

$$\operatorname{sen} a = (\operatorname{sen} 38^{\circ}20' \cdot \operatorname{sen} 08^{\circ}27') + (\cos 38^{\circ}20' \cdot \cos 08^{\circ}27' \cdot \cos 72^{\circ}12')$$

$$\operatorname{sen} a = 0.087324 + 0.2393570$$

$$a = 16^{\circ}3'44''.15$$

$$c = 90^{\circ} - \ell = 90^{\circ} - 38^{\circ}20' = 51^{\circ}40'$$

$$\Delta = 90^{\circ} - d_x = 90^{\circ} - 08^{\circ}27' = 86^{\circ}33'$$

$$P_w = h_x = 072^{\circ}12'$$

$$Z = 098^{\circ}30' \quad Z = 90^{\circ} - a_x = 90^{\circ} - 16^{\circ}08.4$$

$$Z = 73^{\circ}56'15''$$

EJERCICIO

Pag 33

Hacer el triángulo de posición con los siguientes datos:

Día 31-12-2018 lat $60^{\circ}N$ Long $=120^{\circ}E$

ASTRO MERAK

HG 17 00 no se aplicacoreccion por minutos y segundos por ser 0. En caso de tener que aplicar correccion, se sumaria porque va de 0° a 360°

Como sabemos el astro y la fecha obtenemos, del Almanaque Nautico, el angulo siderio h_l^*

La diferencia de altura si da negativa el astro no es visible
Recordar que $hl^* = \text{lat} + \text{angulo siderio}$

GRAFICO

$$hG\Upsilon = 355^\circ 42'$$

$$L = 120^\circ 00'E$$

$$hl\Upsilon = 115^\circ 4.2'W$$

$$+AS = 194^\circ 15.7'$$

$$hl\star = 309^\circ 19.9'W$$

$$\beta = 360^\circ$$

$$-\beta = 051^\circ 40.1'E$$

$$d = 56^\circ 16.6'$$

$$d\star = 56^\circ 16.6'$$

$$\Delta = 90^\circ + / - d\star = 33^\circ 43'$$

$$c = 90 - l = 90 - 60 = 30$$

$$P = 36^\circ - 310^\circ = 49^\circ 42'$$

EJERCICIO

PAGINA 34

Lat $l = 30^\circ 45'N$

$L = 165^\circ 36'W$

Observamos un astro desconocido de coordenadas $O^* = 23^\circ 55.8'$ $Z^* = S27^\circ W$ fecha dia 12 noviembre 2018 a HCG=10 24 01 Averiguar que astro es, dibujar la esfera

Para identificar el Astro en el almanaque necesitamos d^* y P^*

Formula

Como el astro esta al W $PW = hl^*$

$$hl^* = 28^\circ 28.37'$$

Para el dia 12-11-2018 hora 10:24:01

Averiguar que astro es , dibujar la esfera

Necesitamos la d^* y P^*

$$\text{sen } d \cdot = (\text{sena} \cdot \text{sen } l) + (\cos l \cos a \cdot \cos z)$$

$$\text{sen } d \cdot = (\text{sen } 28^{\circ}55,8 \cdot \text{sen } 30^{\circ}45) + (\cos 30^{\circ}45 \cdot \cos 23^{\circ}55 \cdot \cos 209^{\circ})$$

$$A \qquad \qquad \qquad + \qquad \qquad \qquad B$$

$$A = 0,2789082$$

$$B = 0,699915291$$

$$\text{sen } d \cdot = 0,4925247 - \text{negativo}$$

$$d \cdot = 29^{\circ}30,4$$

$$\cot P = \left(\frac{\text{tga} \cos P}{\text{senz}} \right) - \left(\frac{\text{sen } l}{\cot z} \right)$$

$$A \qquad \qquad \qquad B$$

$$\cot P = -0,840050561 - 1,008469182 = 1,8435197$$

$$\text{tg } P = 0,5424406$$

$$P = 28^{\circ}28,93$$

En el almanaque, para el día 12-11-2018 a las 10:24:01

$$hc\gamma = 201^{\circ}29,1$$

$$\begin{aligned} cmys &= 6^{\circ}01,1 \\ &= 207^{\circ}30,3 \end{aligned}$$

$$-L = 165^{\circ}36$$

$$h\gamma = 373^{\circ}06,3 - 360^{\circ} = 013^{\circ}06,3$$

$$AS \cdot = hl \cdot -h\gamma = 28^{\circ}23 \ 37,9 - 13^{\circ}06 \ 19,9 = 15^{\circ}22 \ 18$$

buscamos en el almanaque
astro FOMALHAUT

$c=59^{\circ}15$ $\Delta=119^{\circ}30,4$
 $z=66^{\circ}4,2$ $P=hl=28^{\circ}28'37$
 $Z=153^{\circ}$

EJERCICIO PAG 37 Y 38

PENDIENTE

Δ

FORMULAS EXAMEN

Puntos cardinales de la esfera Este a la derecha del N

Oeste a la izquierda del N

Colatitud $c=90^{\circ}-l$

a =altura sobre el horizonte

Z distancia zenital $=90^{\circ}-a$

Azimut arco del horizonte desde el N hacia el E hasta la vertical del astro de 000° a 360°

Ecuador :arco de circulo maximo que corta a la esfera celeste en dos partes iguales

Declinacion distancia del ecuador hasta el astro medida en el meridiano

Codeclinacion $\Delta=90^{\circ}-d$ $d=l$

$=90^{\circ}+d$ dn distinto l

Horario del lugar hl arco del ecuador celeste desde el meridiano superior del lugar hasta la declinacion, de 000° a 360° y tambien de 000° a 180° oriental E u Occidental W

$hcg^*=hl^*+L$

$hl^*=hcl_y+AS^*$

$HcG_y + L = hcl_y$

ANGULOS:

P angulo en el polo

$P=hl$ de 000° a 180°

Z angulo en el zenit =azimut de 000° a 180°

$$\sin a = (\sin l \sin d) + (\cos l \cos d \cos P)$$

$$\cot gZ = (\tan d \cos l \operatorname{cosec} P) - (\sin l \cot gP)$$

$$\sin d = (\sin l \sin a) + (\cos l \cos a \cos Z)$$

d + mismo nombre que l

d - distinto nombre que l

$$\cot gP = (\operatorname{tg} a \cos l \operatorname{cosec} Z) - (\cos l \cot gZ)$$

Pagina 43 ejercicios impresos, preguntas solo

Pag 44

COORDENADAS HORIZONTALES

Altura arco vertical cortado desde el horizonte hasta el almicantrat que pasa por el centro del astro

Distancia zenital complemento de la altura, $90^\circ - a$

Azimet: arco de horizonte desde en N hasta la vertical del astro

COORDENADAS HORARIAS

Horario del lugar Arco de ecuador contado desde el ecuador por el W hasta el circulo horario del astro

Declinacion arco del circulo maximo comprendido entre el ecuador y el astro

Codeclinacion $90^\circ - d$ arco desde el polo hasta el astro

COORDENADAS ECUATORIALES

Angulo siderico arco de cuador contado desde aries en el sentido de las agujas del reloj.

Vistod esde el Pn hasta el meridiano celeste que pasa por el astro

Declinacion arco de maxima ascension

TIPOS DE ESFERAS

ESFERA CELESTE PARALELA

ESFERA CELESTE RECTA

ESFERA CELESTE OBLICUA

Ejercicio p46

FIGURA.

$$\text{Sen } d^* = (\text{sen } l \cdot \text{sen } a) + (\text{Cos } l \cdot \text{cos } a \cdot \text{cos } \hat{Z})$$

= siempre +
+ si $l = z$
- si $l \neq z$

$$\text{Sen } d^* = (\text{sen } 33^\circ \cdot \text{sen } 27^\circ 38') + (\text{cos } 33^\circ \cdot \text{cos } 27^\circ 37' \cdot \text{cos } 47')$$

$$\text{Sen } d^* = 0.252581 + 0.506744$$

$$d^* = 49^\circ 24' 17''$$

$$\text{cot } \hat{P} = (\text{tga} \cdot \text{cos } l \cdot \text{cosec } z) - (\text{sen } l \cdot \text{cotg } Z)$$

siempre +
+ l si $l = z$
- l $l \neq z$

$$\text{cot } \hat{P} = (\text{tg } 27^\circ 38' \cdot \text{cos } 33^\circ \cdot \text{cosec } 47') - (\text{sen } 33^\circ \cdot \text{cotg } 47')$$

$$\text{cot } \hat{P} = 0.09238039$$

$$\hat{P} = 84^\circ 43' 19'' 11 \text{ W}$$

$$\hat{r} = h l^*$$

Codedinacion	$c =$	$\Delta = 90^\circ - d = 40^\circ 35' 42''$
colatitud	c	$= 90^\circ - l = 57^\circ$
Dist zenital	$z =$	$90^\circ - a = 62^\circ 22' 12''$

EJERCICIO:

Dibujar $l = 24^{\circ} 35' S$ $As h_0^* AS = 158^{\circ} 29' 7$
 $d^* = 11^{\circ} 14.5$
 $h_l \gamma = 259^{\circ} 34'$

Figura:

$$h_l^* = h_l \gamma + AS^* \quad h_l^* = 259^{\circ} 34' + 158^{\circ} 29' 7$$
$$h_l^* = 58^{\circ} 3' 42'' W$$

$$\text{sen } a^* = (\text{sen } l \cdot \text{sen } d) + (\cos l \cdot \cos d \cdot \cos \hat{P})$$

$+ l = d$	$+ P < 90^{\circ}$
$- l \neq d$	$- P > 90^{\circ}$

$$\text{sen } a^* = (\text{sen } 24^{\circ} 35' \cdot \text{sen } 11^{\circ} 14.5) + (\cos 24^{\circ} 35' \cdot \cos 11^{\circ} 14.5 \cdot \cos 58^{\circ} 3' 42'')$$

$$\text{sen } a^* = 0,081101406 + 0,471825$$

$$\underline{a^* = 33^{\circ} 34' 5'' S}$$

$$\cot Z = 0,212987 - 0,259336$$

$$Z = -87^{\circ} 20' 47'' NW$$
$$+ 360^{\circ}$$

$$Z = \underline{272^{\circ} 39' 12''} \rightarrow Z = 92^{\circ} 29' 12''$$

$$\text{colatitud } c = 90^{\circ} - l = 90^{\circ} - 24^{\circ} 35' 5'' = 65^{\circ} 25'$$

$$\text{co declinacion } \Delta = 90^{\circ} - d = 78^{\circ} 45' 30''$$

$$\text{Dist. Zenital } z = 90^{\circ}$$

EJERCICIO:

Figura:

Observador en $\ell = 26^{\circ} 11' N$
 $L = 076^{\circ} 21.7' W$

Astro* $d_* = 17^{\circ} 54.4' S$
 $AS_* = 348^{\circ} 55'$
 $h_{G\gamma} = 128^{\circ} 36.2'$

Solución: $h_{G\gamma} - L = h_{L\gamma} = 128^{\circ} 36.2' - 076^{\circ} 21.7'$
 $= 52^{\circ} 14' 30''$

$$h_{L*} = h_{L\gamma} + AS_* = 52^{\circ} 14' 30'' + 348^{\circ} 55'$$

$$h_{L*} = 41^{\circ} 09' 30''$$

$$\text{sen } a_* = (\text{sen } \ell \cdot \text{sen } d) + (\cos \ell \cdot \cos d \cdot \cos P)$$

$+ \ell = d$	$+ P < 90^{\circ}$
$- \ell \neq d$	$- P > 90^{\circ}$

aplicando los valores,

$$\text{Sen } a_* = 0.13487 + 0.64381 \quad a_* = 30^{\circ} 35' 36''$$

$$\cot Z = (\text{tg } d \cdot \cos \ell \cdot \cos P) - (\cos d \cdot \cot \hat{P})$$

$+ \ell = d$	$+ P < 90^{\circ}$
$- \ell \neq d$	$- P > 90^{\circ}$

$$\cot Z = 0.44120054 - 0.501811 = -0.943012312$$

$$Z = -46^{\circ} 40' 47'' \quad S \quad W$$

$$c = 90^{\circ} - p = 63^{\circ} 58' 54''$$

$$A = 90^{\circ} - d = 107^{\circ} 54' 24''$$

$$z = 90^{\circ} - a = 54^{\circ} 24' 23''$$

Cálculo de la Altura estimada

$$\text{sen } H_e = \underbrace{\text{sen } l \cdot \text{sen } d}_A + \underbrace{\text{cos } l \cdot \text{cos } d \cdot \text{cos } P}_B$$

$$A \begin{cases} + \text{ si } l \text{ y } d = \text{signo} \\ - \text{ si } l \text{ y } d \neq \text{signo} \end{cases}$$

$$B \begin{cases} + \text{ si } P < 90^\circ \\ - \text{ si } P > 90^\circ \end{cases}$$

Cálculo del Azimut

$$\text{coig } Z_o = \text{cos } l \cdot \left(\frac{\text{tag } d}{\text{sen } P} - \frac{\text{tag } l}{\text{tag } P} \right)$$

$$p = p' + p''$$

$$p \begin{cases} + \Rightarrow Z_o = \text{signo } l \\ - \Rightarrow Z_o \neq \text{signo } l \end{cases}$$

$$Z_o \text{ E si } P_E \quad Z_o \text{ W si } P_W$$

$$p' \begin{cases} + \text{ si } l \text{ y } d = \text{signo} \\ - \text{ si } l \text{ y } d \neq \text{signo} \end{cases}$$

$$p'' \begin{cases} + \text{ si } P > 90^\circ \\ - \text{ si } P < 90^\circ \end{cases}$$

Cálculo del Azimut verdadero del Sol al Orto y al Ocaso

$$\text{cos } Z_o \odot = \text{sen } d / \text{cos } l$$

$$Z_o \odot = \begin{cases} + \text{ si } l \neq \text{signo } d \\ - \text{ si } l = \text{signo } d \end{cases}$$

+ correc. = (0,9 · tag l / sen Z_o)

Cálculo del Intervalo Uniforme

$$\text{Intero. Unif.} = P / \text{Variación horaria } \odot c^a$$

$$\text{Variación horaria } \odot = 15^\circ 00'$$

$$(1b.) \Delta P' = \text{sen } P \cdot \text{Vel.} / \text{cos } \ln$$

$$\text{Variación horaria } \odot c^a = \begin{cases} E+ \\ W- \end{cases}$$

Cálculo de la Declinación de ★?

$$\text{sen } d_{\star?} = \underbrace{\text{sen } l \cdot \text{sen } a}_{A} + \underbrace{\text{cos } l \cdot \text{cos } a \cdot \text{cos } Z}_{B}$$

$$A \Rightarrow \text{Siempre } +$$

$$B \begin{cases} + \text{ si } l \text{ y } Z_o = \text{signo} \\ - \text{ si } l \text{ y } Z_o \neq \text{signo} \end{cases}$$

$$A+B \rightarrow + \Rightarrow d_{\star?} = \text{signo } l \quad A+B \rightarrow - \Rightarrow d_{\star?} \neq \text{signo } l$$

Cálculo del P ★?

$$\text{coig } P_{\star?} = \underbrace{\frac{\text{cos } l \cdot \text{tag } a}{\text{sen } Z_o}}_A - \underbrace{\frac{\text{sen } l}{\text{tag } Z_o}}_B$$

$$A \Rightarrow \text{Siempre } +$$

$$B \begin{cases} + \text{ si } l \text{ y } Z_o = \text{signo} \\ - \text{ si } l \text{ y } Z_o \neq \text{signo} \end{cases}$$

$$A-B \rightarrow + \Rightarrow P < 90^\circ \quad A-B \rightarrow - \Rightarrow P > 90^\circ \quad P_E \text{ si } Z_o \text{ E} \quad P_W \text{ si } Z_o \text{ W}$$

Cálculo del Ri (ORTODRÓMICO)

$$\text{coig } Ri = \frac{\text{cos } l \cdot \text{tag } l'}{\text{sen } \Delta P} - \frac{\text{sen } l}{\text{tag } \Delta P}$$

$$A + \text{ si } l \text{ y } l' = \text{signo} \quad B + \text{ si } \Delta P < 90^\circ$$

$$A - \text{ si } l \text{ y } l' \neq \text{signo} \quad B - \text{ si } \Delta P > 90^\circ$$

$$A-B \rightarrow + \Rightarrow Ri = \text{signo } l \quad A-B \rightarrow - \Rightarrow Ri \neq \text{signo } l$$

