

Historia corta. Sistemas de coordenadas.

Clase 2

Cronología de estudios importantes en astronomía galáctica.

año importante concepto, teoría, evento u observación

1610 Galileo resuelve con su telescopio la luz difusa de la Vía Láctea en innumerables estrellas débiles.

alrededor 1750 Thomas Wright y Emmanuel Kant describen la Vía Láctea como un disco de estrellas con el sol en el centro. Kant también especula que podría existir otras Vías Lácteas similares a las nuestras y que algunas de las nebulosas conocidas podrían ser tales galaxias, o “universos isla”.

1785 Herschel cuenta estrellas en cientos de direcciones y concluye que el sol está cerca del centro de un sistema elíptico que es 5 veces más grande en el plano de la Vía Láctea en comparación con las direcciones polares.

1838 Bessel mide por primera vez la distancia a una estrella, 61 Cyg a 3.5 pc, basado en mediciones del paralaje anual.

1845 Lord Rosse describe por primera vez una estructura espiral de una nebulosa (M51) que podría ser una galaxia externa.

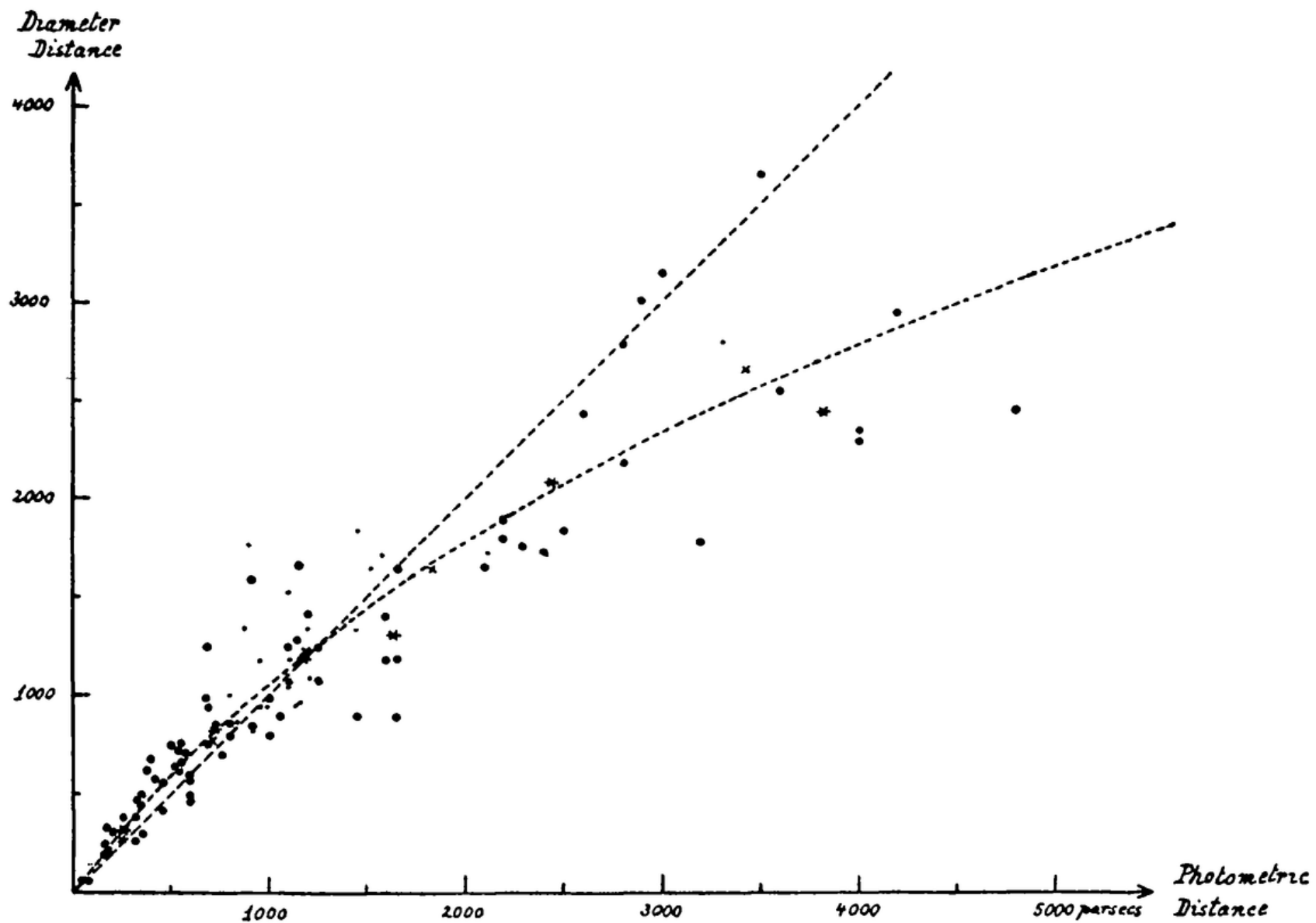
alrededor de 1890 La fotografía se introduce en la astronomía y esto permite registrar miles o millones de estrellas en una sola placa. El concepto de la Vía Láctea de Herschel fue cuantificado con mayor precisión por los estudios fotográficos de **Jacobus Kapteyn**. En el modelo de Kapteyn (1920) el sol está a aproximadamente 650 pc de distancia del centro galáctico. La densidad de estrellas disminuye constantemente desde el centro a aproximadamente 10% de la densidad central a 2.8 kpc en el plano galáctico y a 550 pc en la dirección polar.

1919 Shapley estudia la distribución de los cúmulos globulares que son de igual frecuencia por arriba y por debajo del plano galáctico, y con fuerte concentración hacia la constelación de Sagitario. Shapley concluye que el sol está lejos del centro galáctico (estimó 15 kpc, en cambio de 8 kpc, porque aún no se conocía la extinción interestelar).

1923 Hubble detecta las variables Cefeidas en M31 (Galaxia Andromeda) y esto proporciona pruebas muy sólidas de que las nebulosas con estructura espiral, pero también otras nebulosas, son galaxias como nuestra Vía Láctea.

alrededor de 1928 Lindblad y Oort desarrollan un modelo dinámico básico para la Vía Láctea. En este modelo la giran mayoría de las estrellas y el gas se ubican en el disco galáctico y giran alrededor del centro galáctico con una velocidad de aproximadamente 200 km/s.

1930 Robert Trumpler describe la absorción debido al polvo interestelar. La extinción está en el plano del disco alrededor de 1.8 mag / kpc en la banda V (reduce la radiación por un factor de 5 / kpc). Este efecto explica muchas discrepancias de estudios anteriores.



1944 W. Baade nota que existen diferentes poblaciones de estrellas en las galaxias y en la Vía Láctea. Las estrellas de la **Población I** son estrellas jóvenes ubicadas en los brazos espirales y las estrellas de la **Población II** son estrellas antiguas predominantes en las galaxias elípticas, en los bulbos de las galaxias con disco y en los cúmulos globulares.

1951 Ewen y Purcell detectan con observaciones de radio la alta emisión de la línea de 21 cm, predicha por **van de Hulst** en 1944. Esta línea permite observación del gas interestelar en la Vía Láctea.

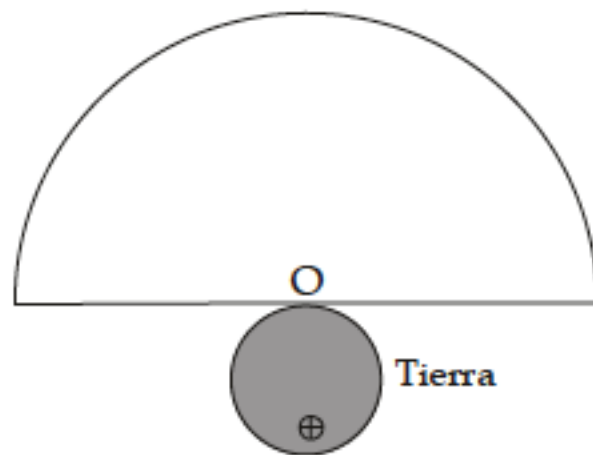
alrededor 1970 Vera Rubin y otros describen el problema de rotación de galaxias basado en espectroscopía de galaxias con disco. Desde entonces, se recogió que este efecto, inicialmente inesperado, se debe a la presencia de la materia oscura, por primera vez postulada por **Fritz Zwicky** en 1933 para los cúmulos de galaxias.

1995 las observaciones sensibles en IR cercano dan una prueba indiscutible de la existencia del agujero negro súper masivo en el centro de nuestra galaxia. Todo esto basado a mediciones del movimiento Kepleriano de las estrellas cercanas al centro.

2014 el satélite GAIA comienza con las mediciones de distancias precisas, posiciones y movimientos propios de millones de estrellas en la Vía Láctea. Alrededor del fin del 2022 debería existir un mapa de posición muy precisa con parámetros de movimiento estelar para la mayoría de las "estrellas en nuestro lado" de la Vía Láctea

Posiciones aparentes y movimiento de los cuerpos celestes

1. Cielo nocturno. Constelaciones.



- Un observador en p. O vea el cielo como media-esfera. Parte de una esfera con radio muy grande;
- durante el día tiene color azul. ¿Porque? Debido a la difusión de Rayleigh $\sigma \sim \nu^4 \sim 1/\lambda^4$
- durante la noche las estrellas están “colgadas” a la parte interna de la esfera.
- Diferentes distancias a las estrellas pero muy grande \Rightarrow las estrellas “casi” no cambian las posiciones sobre la esfera \Rightarrow para 2500 años el cielo es “casi” lo mismo (movimientos propios)
- Hiparco (siglo II a.c.) el primer catalogo

Constelaciones: αστρον (αστρον)α

- figuras de estrellas brillantes
- héroes de las mitologías antiguas, animales, etc.
- Los Griegos reconocieron y nombraron cuarenta y ocho constelaciones. Muchas de estas constelaciones también fueron reconocidas por los árabes, los egipcios, y babilónicos
- los restos del ciclo XV-XVII
- En 1928, la Unión Astronómica Internacional (UAI) fijó los límites de las 88 constelaciones del firmamento; doce de las cuales, corresponden a la eclíptica y que se conocen como las del zodiaco.
- los astrónomos profesionales usan los nombres latinos: Cignus, Lyra, Vela, Sagittarius, Crux etc
- las estrellas más brillantes tienen nombres propios:
- Griegos: Sirius, Vega, Procyon, Polux, Castor, etc.
- Árabes: Rigel, Deneb, Betelgeuse, Altair, Antares, etc.
- se pueden ver sin telescopio aproximadamente 6000 estrellas en todo el cielo

Designaciones

- con letras de alfabeto griego: $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \dots$ Designación de Bayer. El es más famoso por su atlas estelar [Uranometria](#), publicado en 1603 y que fuera el primer atlas en cubrir toda la [esfera celeste](#). Este trabajo introdujo un nuevo sistema para designar las estrellas, que ha venido a conocerse como la nomenclatura, o designación, de Bayer, además de la introducción de varias constelaciones modernas.
- con cifras 1, 2, 3, 4, 5, John Flamsteed (el primer Astrónomo Real)
- estrellas variables letra + nombre de constelación
- catálogos: BD 1734+16, HD270351, SAO290175 etc.

SIMBAD query result

[CDS](#) · [Simbad](#) · [VizieR](#) · [Aladin](#) · [Catalogues](#) · [Nomenclature](#) · [Biblio](#) · [Tutorial](#) · [Developer's corner](#)
other query

Object query : Alpha And C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.045 - 2007.08.21CEST15:38:30

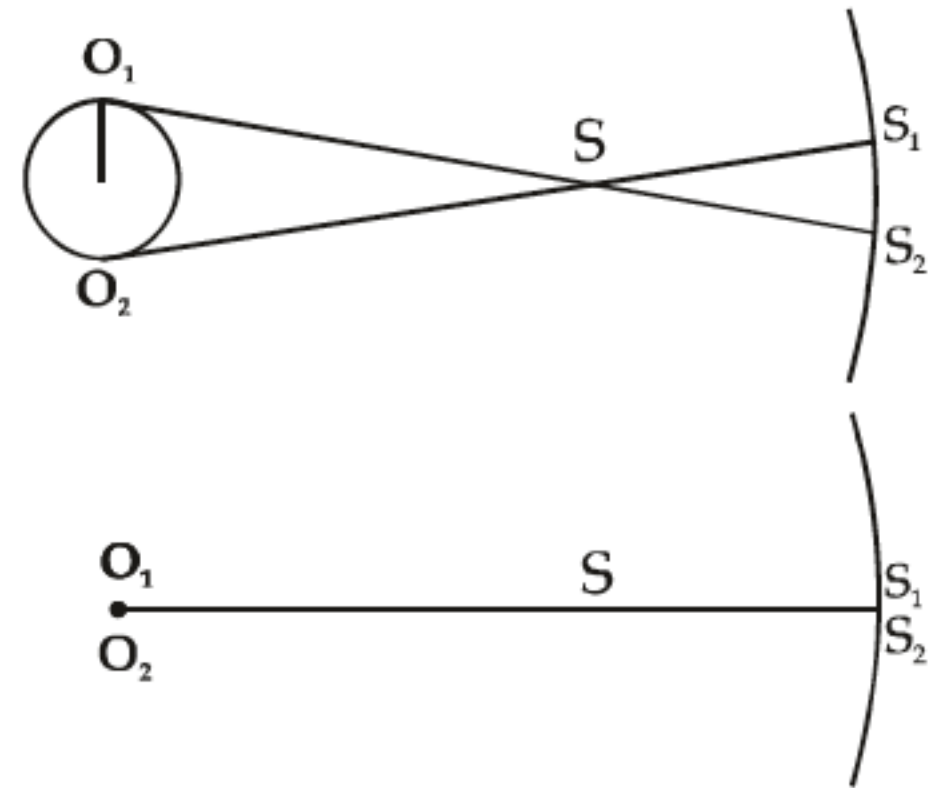
Available data [Basic data](#) [Identifiers](#) [Plot & images](#) [Bibliography](#) [Measurements](#) [External archives](#)
[Notes](#)

Basic data : V* alf And -- Spectroscopic binary with radius arcmin Other object types: *
(*,AG,BD,CSI,FK5,GC,GCRV,GEN#,HD,HGAM,HIC,HIP,HR,JP11,N30,PLX,PMC,PPM,ROT,SA
O,SKY#,SRS,UBV,uvby98,YPAC,[HFE83]), ** (ADS,CCDM,IDS), **PM*** (LTT,NLTT), **IR**
(IRC,2MASS), **UV** (EUVE,TD1), **SB*** (SBC7), **V*** (V*) **ICRS** coord. (ep=2000 eq=2000) : 00 08
23.2586 +29 05 25.555 (~Unknown) [5.91 3.81 101] A [1997A&A...323L..49P](#) FK5 coord.
(ep=2000 eq=2000) : 00 08 23.259 +29 05 25.55 (~Unknown) [5.91 3.81 100] A
[1997A&A...323L..49P](#) FK4 coord. (ep=1950 eq=1950) : 00 05 47.83 +28 48 52.1 (~Unknown) [
32.54 22.33 101] A [1997A&A...323L..49P](#) Gal coord. (ep=2000 eq=2000) : 111.7322 -32.8434 (
~Unknown) [5.91 3.81 100] A [1997A&A...323L..49P](#) Proper motions mas/yr [error ellipse]:
135.68 -162.95 A [0.64 0.44 102] [1997A&A...323L..49P](#) Radial velocity / Redshift / cz : km/s -
11.7 [0.9] / z -0.000039 [0.000003] / cz -11.70 [0.90] A [1979IAUS...30...57E](#) Parallaxes mas:
33.60 [0.73] A [1997A&A...323L..49P](#) Spectral type: B8IVmnp... Fluxes (5) : B 1.95 [~] C ~ V 2.06
[~] C ~ J 2.129 [0.232] C [2003yCat.2246....0C](#) H 2.287 [0.158] C [2003yCat.2246....0C](#) K 2.223
[0.238] C [2003yCat.2246....0C](#)

Identifiers (42) : V* alf And GC 127 LTT 10039 SBC7 4 * 21 And GCRV 62 2MASS
[J00082326+2905253](#) SKY# 244 * del Peg GEN# +1.00000358 N30 16 SRS 30001 * alf And HD
358 NAME SIRRAH TD1 31 ADS 94 A HGAM 2 NAME ALPHERATZ UBV 52 AG+28 11 HIC
677 NLTT 346 UBV M 7157 BD+28 4 HIP 677 PLX 12 uvby98 100000358 V CCDM
[J00083+2905A](#) HR 15 PMC 90-93 1 YPAC 1 CSI+28 4 1 IDS 00032+2832 A PPM 89441
[\[HFE83\] 4](#) EUVE [J0008+29.0](#) IRC +30004 ROT 58 FK5 1 JP11 345 SAO 73765

Esfera celeste

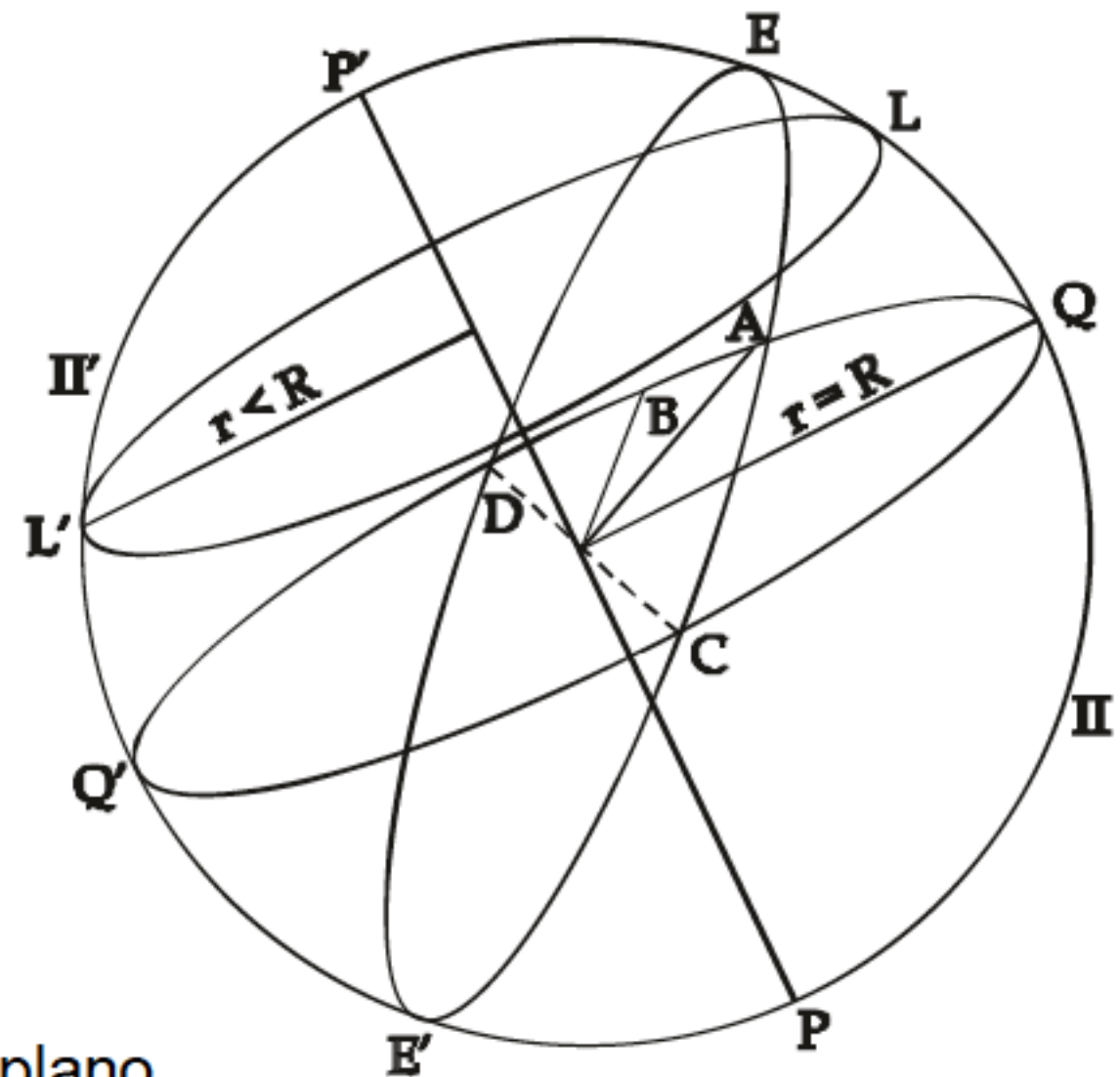
- tiene radio \gg del radio de la tierra
- vale para las estrellas lejanas
- no vale para los objetos del Sistema solar



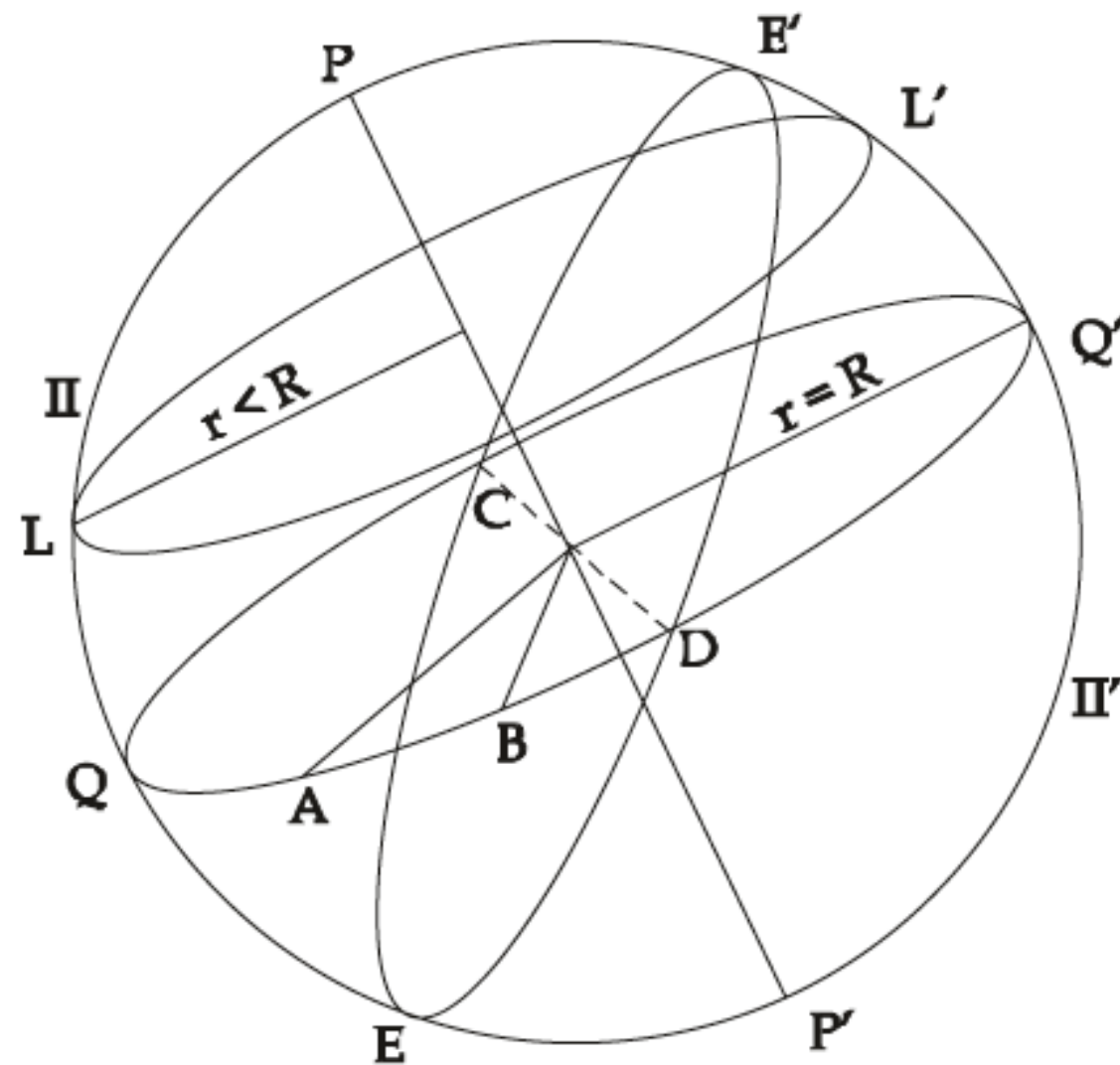
Características de la esfera celeste

- plano que pasa por el centro divide la esfera en dos partes iguales
- círculo máximo
- $r = R$

- Circulo máximo QDQ'C y EDE'C
- polo $\pm 90^\circ$
PP' para QQ'
ΠΠ' para EE'
- plano que no pasa por el centro corta
Circulo que no es máximo (LL')
- dos círculos máximos se cruzan en
puntos opuestos (CD) Obvio $CD=2R$
- por dos puntos opuestos puede pasar
numero infinito de círculos máximos
- por dos puntos arbitrarios (+ el centro)
de la esfera puede pasar solamente un plano
que corta círculo máximo



Esfera celeste vista del observador en el hemisferio norte



Adicionales

- las posiciones sobre la esfera celeste en medidas de ángulo $^{\circ}$ ‘ “
- el observador en el punto O puede medir solamente ángulos entre diferentes posiciones (ángulo AOB , etc.) ángulo central
- el arco del círculo máximo es la distancia mas corta entre dos puntos sobre la esfera celeste (cualquiera)
- dimensiones angulares diámetros del sol y de la luna 0.5° $30'$

Sistema horizontal

Las sistemas de coordenadas fijan la posición de un astro sobre la esfera celeste

Plano fundamental – horizonte

Polos Z y Z'

M – un astro con paralelo celeste $skMp$

s, p diferentes de EW

Circulo máximo ZMZ' **vertical** del astro

2 coordenadas (ángulos) – A, h

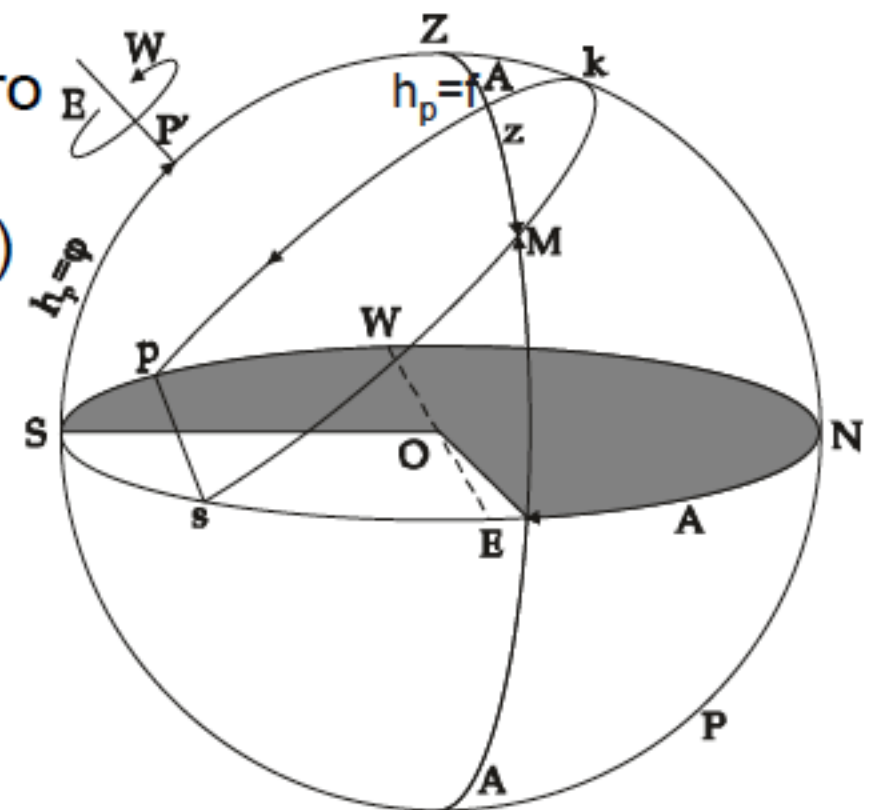
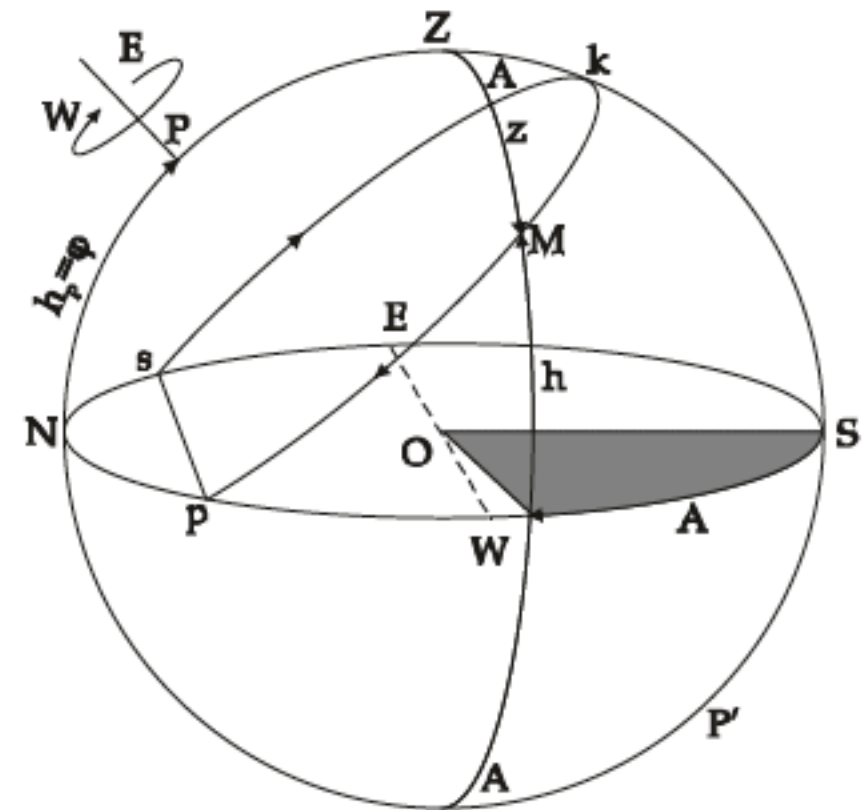
A – el ángulo entre los planos del vertical del astro y la parte sur del meridiano $A = SM' = SOM'$

• $A[0, 360]$ dirección SWNE (rotación de la esfera)

$A(W) = 90, A(N) = 180, A(E) = 270$

• h – la distancia angular entre el astro y el Horizonte, medida por el vertical $h \pm 90$ para ZZ'
 $h = 0$ en el horizonte $h > 0$ astro visible, $h < 0$ astro No-visible

Z - distancia cenital



Sistema horizontal

- a) (h,A) – variable debido a rotación de la esfera celeste
- b) El movimiento no es
- c) (h,A) se pueden medir en una forma directa
- d) El sistema horizontal es muy útil sobre la esfera celeste y cuando
- e) Se puede observar un astro
- f) No es útil para los mapas y catálogos estelares

Sistema(s) ecuatorial(es)

El I-r sistema (coordenadas ecuatoriales celestes)

Coordenadas cuales no se cambian con el tiempo.

Plano fundamental – ecuador celeste QQ'
 CB

PMP' – **circulo horario** (rota con la esfera
Por la razon que no contiene ZZ')

$P\gamma P'$ – **circulo horario** inicial (cero)

El punto (γ) – equinoccio de primavera

1. **Ascensión recta** – α el ángulo entre el circulo
horario cero y el circulo horario del astro $\alpha = \gamma M' = \gamma OM'$

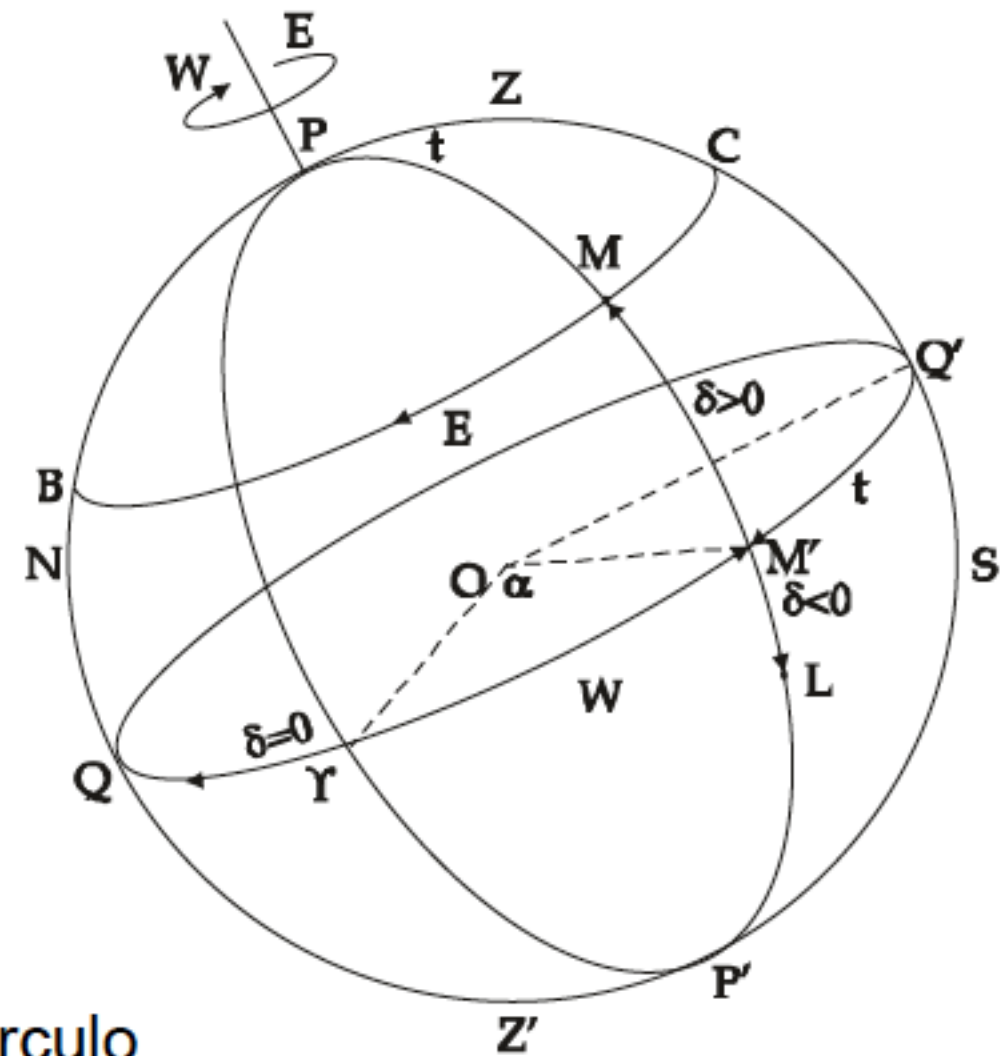
Se mide por el ecuador en dirección opuesta de la dirección de la rotación
De la esfera celeste. Ente 0 y 360 grados o 0 y 24 horas. (ejemplos)

2. **Declinación** – δ es la distancia angular entre el astro y ecuador celeste,
Medida por el circulo horario. $\delta = MM' = MOM'$ (mas $\delta = QB' = Q'C$)

$-90(P') \leq \delta \leq 90(P)$

(α, δ) – no cambian con el tiempo (relativos al respecto a γ) útiles para los
catálogos y mapas

No pueden medirse (α, δ) en una forma directa.



Sistema(s) ecuatorial(es)

El II-o sistema (coordenadas ecuatoriales locales)

De las razones practicas es importante que una de las coordenadas cambia en una forma regular. (A,h) cambian pero en una forma no regular.

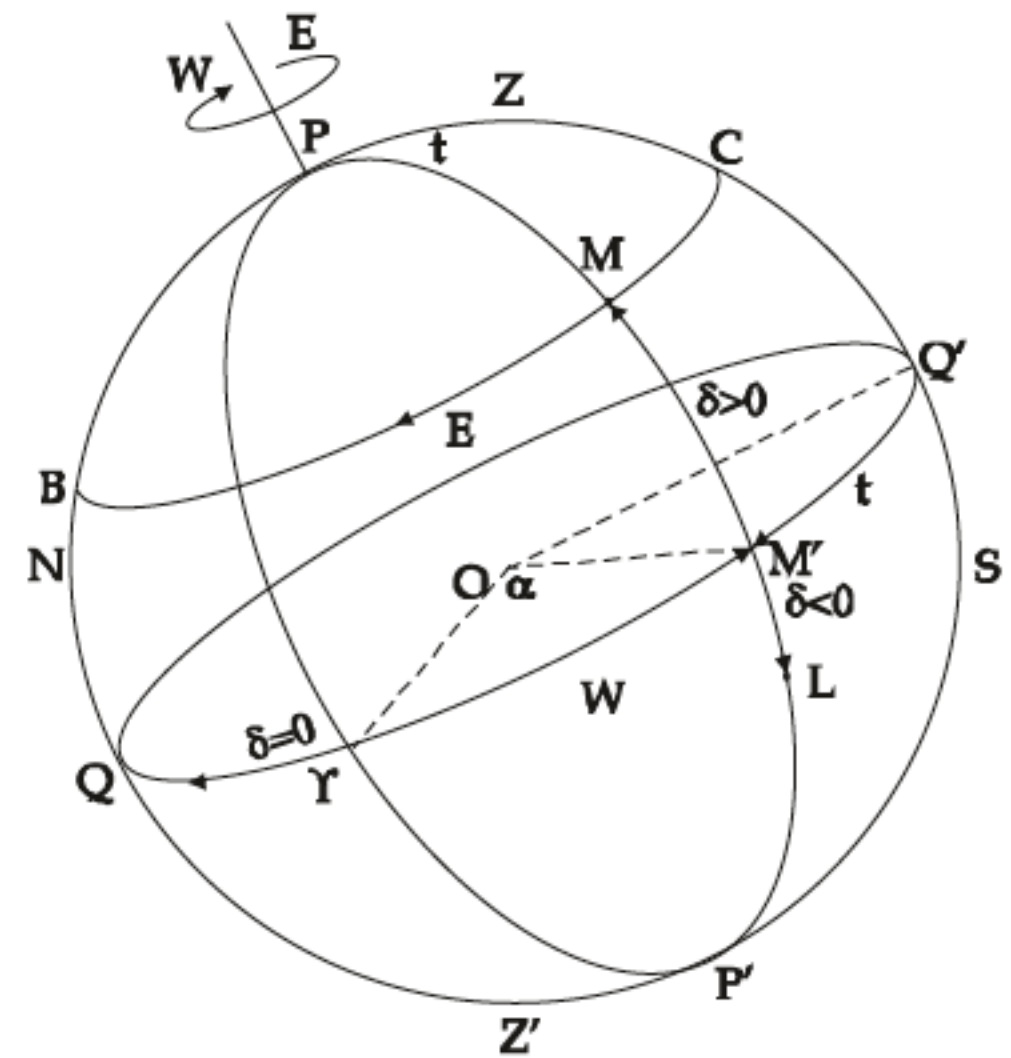
1. Por esto en el lugar de **Ascensión recta** – α se introduce **ángulo horario** – t . El ángulo entre la parte sur del meridiano celeste y circulo horario del astro. $t = Q'M' = Q'OM'$ y se mide en la dirección de rotación del cielo. Entre 0 y 24 horas.

2. **Declinación** – δ es la segunda coordenada. $t_y = Q'\gamma = s$ se llama tempo sidéreo. Obvio $s = \alpha + t$

a) $t=0$ (el astro para por el meridiano) $s = \alpha$

b) Si tenemos (s) $\Rightarrow \alpha = ?$

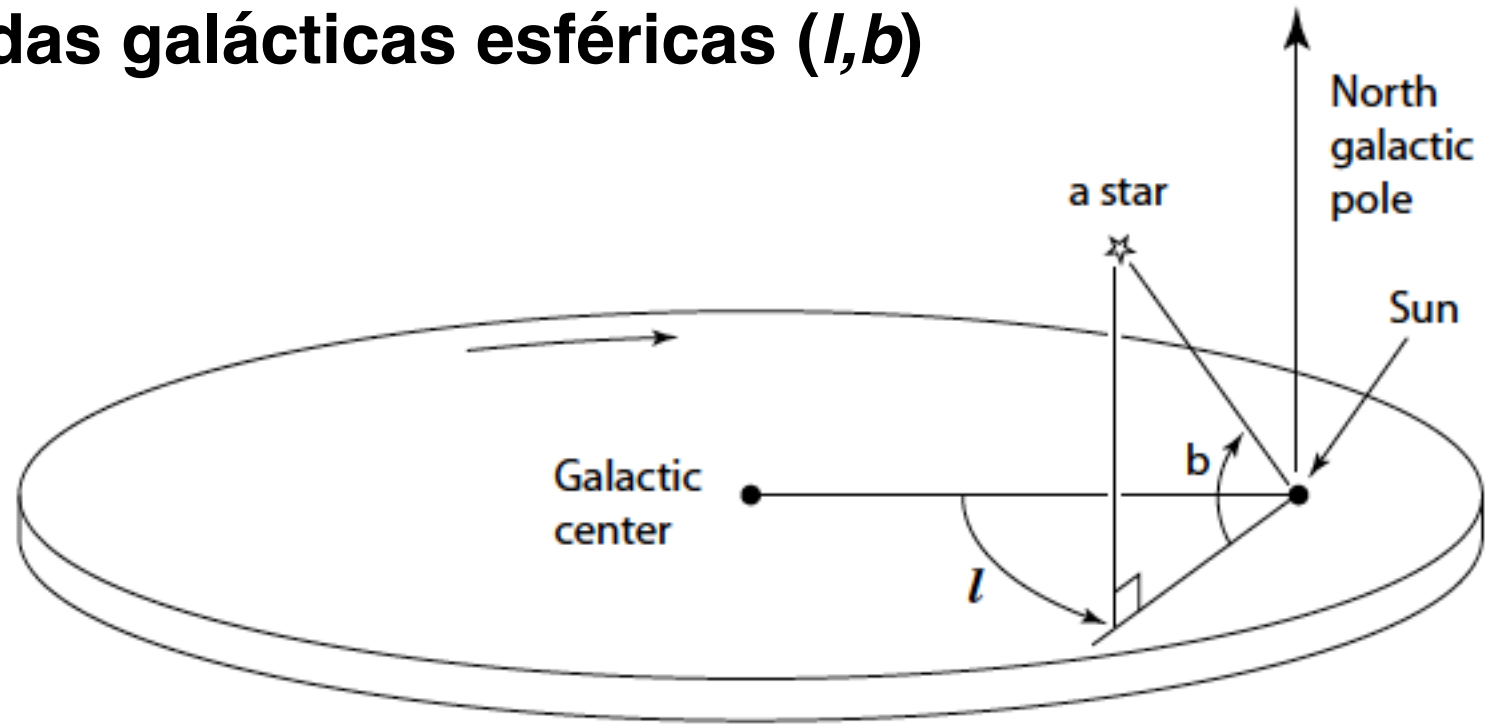
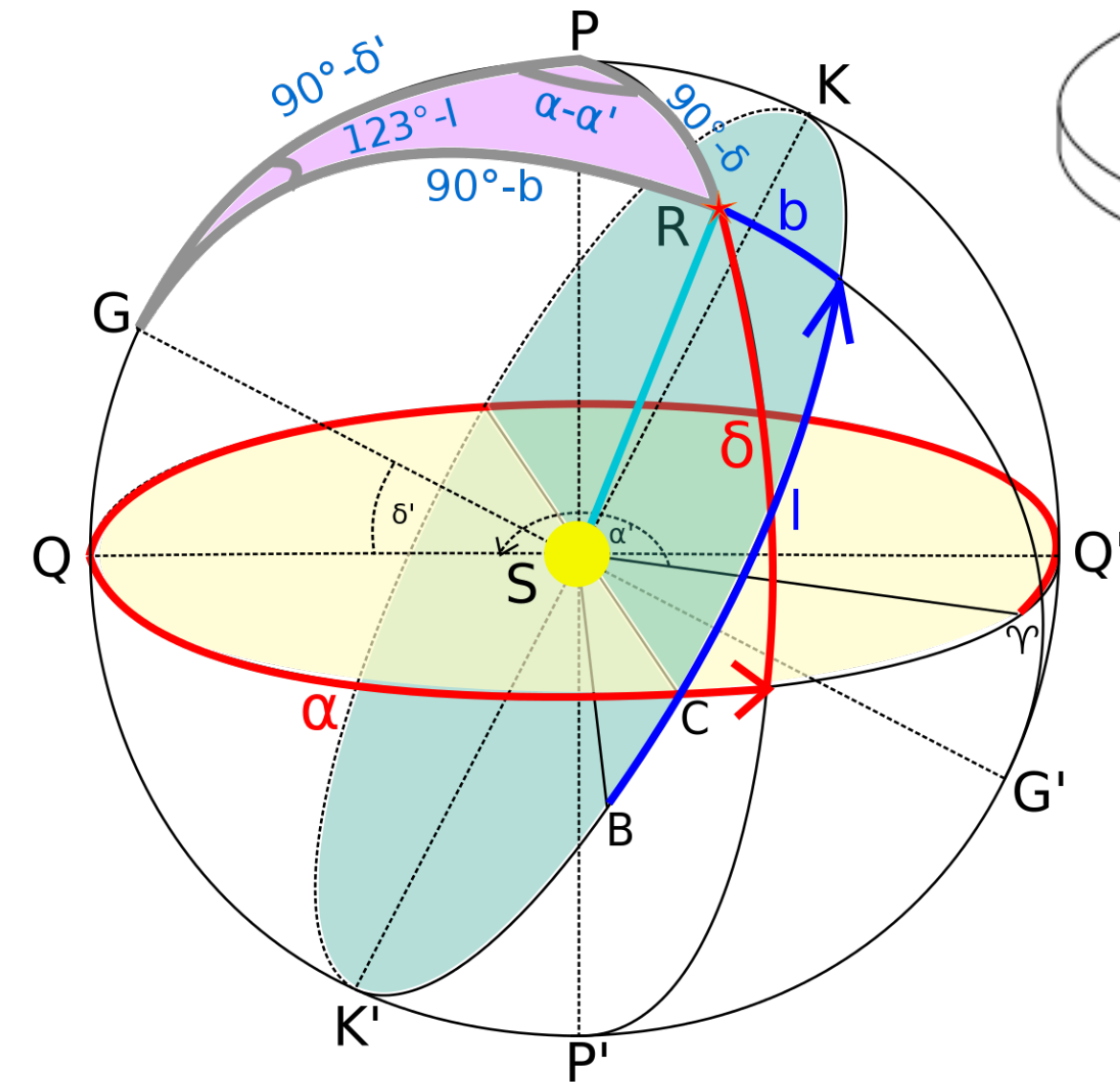
c) Los telescopios se orientan usando $(t, \delta) - s$.



Coordinadas galácticas esféricas (l, b)

$$b \in [-90^\circ, +90^\circ]$$

$$l \in [0^\circ, 360^\circ]$$



The galactic north pole is at RA = 12:51.4, Dec = +27:08 (2000.0), the galactic center at RA = 17:45.6, Dec = -28:56 (2000.0). The inclination of the galactic equator to the celestial equator is thus 62.6°. The intersection, or node line, of the two equators is at RA = 282.85°, Dec = 0:00 (2000.0), and at $l = 33^\circ$, $b = 0$.

equinox	α_{NGP}	δ_{NGP}	α_0	l_0
1950	12:49.0 = 192.25°	27:24	18:49.0 = 282.25°	33.00°
2000	12:51.4 = 192.85°	27:08	18:51.4 = 282.85°	32.93°

$$\begin{aligned} \cos b \cos(l-33^\circ) &= \cos \delta \cos(\alpha - 282.25^\circ) \\ \cos b \sin(l-33^\circ) &= \sin \delta \sin(62.6^\circ) + \cos \delta \sin(\alpha - 282.25^\circ) \cos(62.6^\circ) \\ \sin b &= \sin \delta \cos(62.6^\circ) - \cos \delta \sin(\alpha - 282.25^\circ) \sin(62.6^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \delta \cos(\alpha - 282.25) &= \cos b \cos(l - 33^\circ) \\ \cos \delta \sin(\alpha - 282.25) &= \cos b \sin(l - 33^\circ) \cos(62.6^\circ) - \sin b \sin(62.6^\circ) \\ \sin \delta &= \cos b \sin(l - 33^\circ) \sin(62.6^\circ) + \sin b \cos(62.6^\circ) \end{aligned}$$

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$$

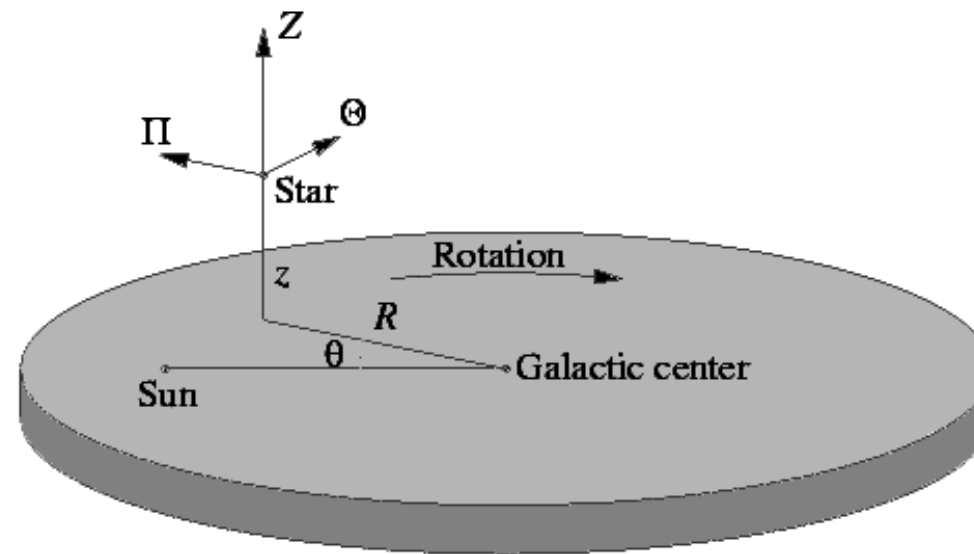
$$\sin a \cos B = \sin c \cos b - \cos c \sin b \cos A$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\sin A \cos b = \sin C \cos B + \cos C \sin B \cos a$$

Coordinadas galácticas cilíndricas (R, θ, z)

Origen: centro galáctico



Advertencia, lo anterior es un sistema zurdo como se define. También se utilizan comúnmente versiones diestros del mismo sistema de coordenadas, con un giro en la orientación Π , $\Pi \rightarrow -\Pi$.

Sistema de coordenadas cartesianas (X_{GC}, Y_{GC}, Z_{GC}) .

$$X_{GC} = d \cos(b) \cos(l) \quad Y_{GC} = d \cos(b) \sin(l) \quad Z_{GC} = d \sin(b)$$

El Sol tiene $(X_{GC}, Y_{GC}, Z_{GC}) = (0,0,0)$

El Centro Galáctico tiene coordenadas de $(X_{GC}, Y_{GC}, Z_{GC}) = (R_0, 0,0)$, donde R_0 es la distancia al Centro Galáctico

Transformación de coordenadas

$$\begin{aligned}\sin A \cos a &= \sin h \cos \delta , \\ \cos A \cos a &= \cos h \cos \delta \sin \phi - \sin \delta \cos \phi , \\ \sin a &= \cos h \cos \delta \cos \phi + \sin \delta \sin \phi .\end{aligned}$$

ϕ la altura del polo norte

$$\begin{aligned}\sin(l_N - l) \cos b &= \cos \delta \sin(\alpha - \alpha_p) , \\ \cos(l_N - l) \cos b &= -\cos \delta \sin \delta_p \cos(\alpha - \alpha_p) \\ &\quad + \sin \delta \cos \delta_p , \\ \sin b &= \cos \delta \cos \delta_p \cos(\alpha - \alpha_p) \\ &\quad + \sin \delta \sin \delta_p ,\end{aligned}$$

where the direction of the Galactic north pole is $\alpha_p = 12 \text{ h } 51.4 \text{ min}$, $\delta_p = 27^\circ 08'$, and the galactic longitude of the celestial pole, $l_N = 123.0^\circ$.