

Propedéutico Feb/2009

IAUNAM-OAN

Sistemas de Coordenadas Astronómicas

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

1

Sistemas de Coordenadas

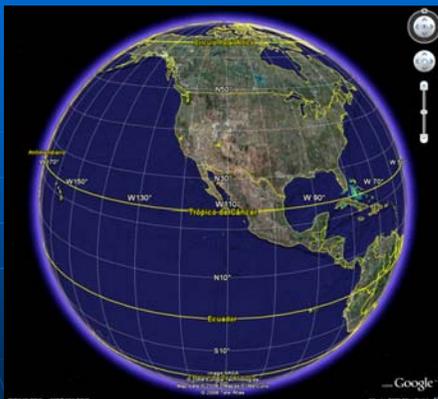
1. Sistema Horizontal
2. Sistema Ecuatorial
3. Coordenadas Galácticas

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

2

Coordenadas Terrestres

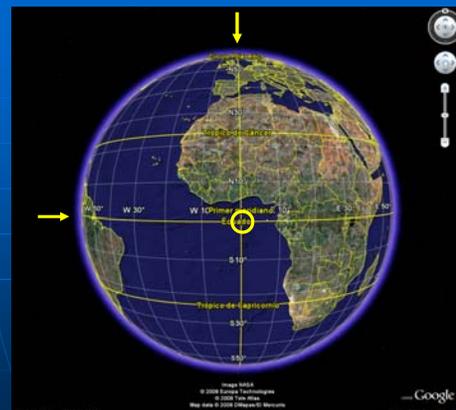


4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

3

Origen del sistema de coordenadas



4 Febrero 2009

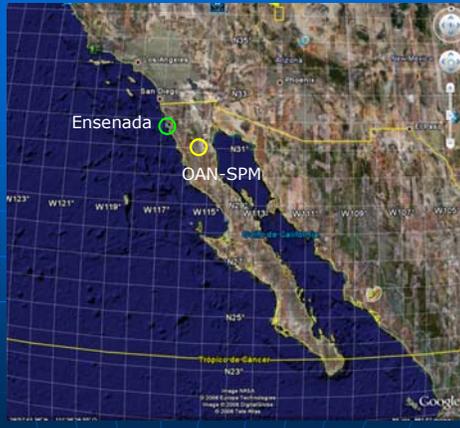
IAUNAM - OAN - Ensenada BC

4

OAN-SPM

Lat:
31° 02' 46"

Long:
115° 29' 13"



4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

5

La Esfera Celeste

- Todos los objetos del cielo están fijos en una gran esfera y a la misma distancia de la Tierra.
- La esfera es de radio infinito y podemos despreciar los efectos del cambio de posición del observador causados por los movimientos de la Tierra.
- De esta manera, solo necesitamos dos coordenadas para especificar la posición de un objeto en la esfera celeste.

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

6

1. Sistema Horizontal

El plano de referencia es el plano tangente a la superficie de la Tierra y que pasa por el observador. Este intersecta la esfera celeste en el horizonte.

- El punto justo sobre la cabeza del observador es el **cenit**.
- El punto exactamente opuesto al cenit es el **nadir**.
- Cenit y nadir serían los polos correspondientes al horizonte.

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

7

- Los grandes círculos que pasan por el cenit son llamados **verticales**.
- El vertical que pasa por los puntos **Norte-Cenit-Sur** recibe el nombre de **meridiano**.

Las coordenadas horizontales son la **altitud** o **elevación** y el **acimut**:

- **altitud**: se designa como a y es el ángulo medido con respecto al horizonte y a lo largo de la vertical que pasa por el objeto $a [-90, +90]$. (distancia cenital: ángulo entre el objeto y el cenit $z = 90^\circ - a$)
- **acimut**: es el ángulo entre la vertical del objeto y algún punto de referencia en el horizonte, típicamente el norte, medido *comúnmente* en la dirección de las manecillas del reloj (NESO).

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

8

- Dificultades con este sistema:
 - Los objetos celestes cambian de posición a lo largo del día, por lo que sus coordenadas cambian continuamente.
 - Dependen de la ubicación del observador, por lo que dos observadores en diferentes lugares medirían diferentes coordenadas.
 - Debido a la dependencia en posición y en el tiempo de las coordenadas horizontales, no son útiles para usarse en los catálogos astronómicos.

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

9

Ejercicio

Suponga que una estrella sigue una trayectoria exactamente este-oeste en el cielo

- 1) ¿Cuáles son las coordenadas horizontales al empezar a levantarse por el horizonte?
- 2) ¿Y al empezar a ocultarse?

(Use el norte como punto de referencia del acimut).

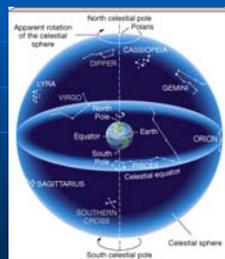
4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

10

2. Coordenadas ecuatoriales

- Podemos imaginarlas como una extensión del sistema de coordenadas terrestres, pero proyectadas en la esfera celeste.

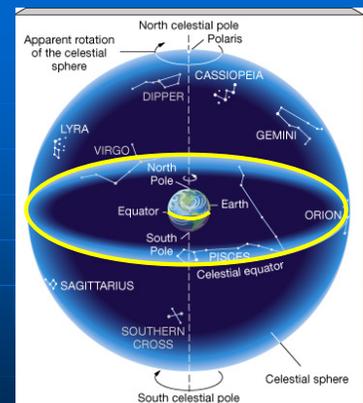


4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

11

La intersección del plano ecuatorial terrestre y la esfera celeste, define el *ecuador de la esfera celeste*.



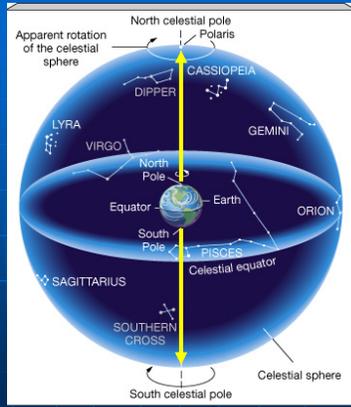
4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

12

El polo norte de la esfera celeste es el punto donde la extensión norte del eje de giro de la Tierra se encuentra con la esfera celeste.

Exactamente opuesto al polo norte celeste se encuentra el polo sur celeste.



- Las coordenadas del sistema ecuatorial son la *declinación δ* (DEC) y la *ascensión recta α* (A.R.).

- **Declinación:** es la separación angular de entre el objeto y el ecuador celeste.

- **Ascensión recta:** es el ángulo entre el objeto y un punto de referencia sobre el ecuador celeste medido en contra de las manecillas del reloj. Al punto de referencia se le llama *equinoccio vernal* o *primer punto de Aries*.

- Las coordenadas ecuatoriales de un objeto son independientes de la posición del observador y de la rotación de la Tierra y por eso son usadas en los catálogos astronómicos.

- Pero.....

Para localizar un objeto en el cielo cuando tenemos sus coordenadas ecuatoriales, necesitamos un elemento más: *el tiempo sideral*.

Tiempo sideral

- El **ángulo horario h** : es el ángulo entre el meridiano del sitio y el objeto, medido en el sentido de las manecillas del reloj y sobre el ecuador celeste.

El ángulo horario NO es constante, sino que crece al pasar el tiempo, debido a la rotación terrestre.

- El **ángulo horario del punto vernal es el tiempo sideral:**

$$\theta = h + \alpha$$

- Debido a que tanto h como θ cambian en el tiempo a una tasa constante, se les expresa en unidades de tiempo. Lo mismo pasa con la ascensión recta α .

- De esta manera:

$$24 \text{ horas} = 360^\circ$$

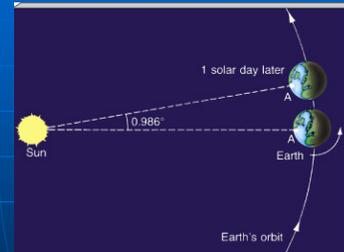
$$1 \text{ hora} = 15^\circ$$

$$1 \text{ min de tiempo} = 15 \text{ min de arco} = 15'$$

$$1 \text{ seg de tiempo} = 15 \text{ seg de arco} = 15''$$

- El rango de las cantidades h , θ y α es de $[0h, 24h)$
- Generalmente no tenemos que calcular el tiempo sideral personalmente, solo usamos las tablas calculadas previamente por alguna institución astronómica o utilizar un sistema referencial de tiempo.

- Nota: un reloj sideral corre más rápido que un reloj solar.
24 h tiempo solar = 24h 3m 56.56s



Un experimento: seguir una estrella por varios días tomando el tiempo en que cruza el meridiano.

Cálculo aproximado del tiempo sideral

- La **cero** horas del tiempo sideral ocurren a las 12 horas (mediodía) del 21 de marzo.
- A las 12 de la noche del 21 de marzo (o cero horas del día 22 de marzo) son aproximadamente las 12 horas de tiempo sideral.
- Cada día hay un desfase en los relojes solar y sideral de aprox. 4 minutos. Estos se acumulan hasta formar dos horas en un mes. A lo largo de 12 meses los relojes vuelven a coincidir.
- De esta manera, podemos calcular el tiempo sideral **aproximado** para un día particular del año y ayudarnos a identificar si un objeto estará visible en el cielo o no.

Hora sideral, 2007				
A las 0h del meridiano 10° W. S.				
día	hora	minuto	segundo	milisegundo
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3	0	00	00	00
4	0	00	00	00
5	0	00	00	00
6	0	00	00	00
7	0	00	00	00
8	0	00	00	00
9	0	00	00	00
10	0	00	00	00
11	0	00	00	00
12	0	00	00	00
13	0	00	00	00
14	0	00	00	00
15	0	00	00	00
16	0	00	00	00
17	0	00	00	00
18	0	00	00	00
19	0	00	00	00
20	0	00	00	00
21	0	00	00	00
22	0	00	00	00
23	0	00	00	00
24	0	00	00	00
25	0	00	00	00
26	0	00	00	00
27	0	00	00	00
28	0	00	00	00
29	0	00	00	00
30	0	00	00	00
31	0	00	00	00
1	0	00	00	00
2	0	00	00	00
3				

Ejemplo

- Estime el tiempo sideral a la media noche del día 1 de junio de 2006.
 - ▶ Para el día 21 de mayo habrán pasado dos meses desde el 21 de marzo, lo que significa que el reloj sideral habrá avanzado 4 horas con respecto al reloj solar.
 - ▶ Del 21 de mayo al 1 de junio hay 11 días que corresponden a $\sim 4 \times 11 = 44$ minutos más de adelanto.
 - ▶ Así que el tiempo sideral aproximado el día 1 de junio a la media noche (cero horas del día 2) es 16h 44m.

Ejercicio

- Estime el tiempo sideral a las 10pm del día 17 de agosto.
- 21 de agosto media noche: TS ~ 22 hr
- 4 días antes: $4 \times 4' = 16'$ menos
- El día 17 agosto a las 10pm: TS $\sim 19h 44m$
- Pero... ¿y el horario de verano?
- TS $\sim 18h 44m$

Ejercicio

- Estime el tiempo sideral a las 10pm del día 17 de agosto.

¿Es un objeto observable desde un *cierto* lugar de la Tierra?

- Definir primero si un objeto es *observable* basándonos en su declinación (no importa la fecha).
- **Observable**: que se puede observar a simple vista suponiendo que no hay obstáculos que impidan la visión.
- ¿Qué intervalo en declinación es posible observar (en principio) desde un lugar con latitud L?

- Intervalo en declinación observable:

$$\delta(\max) = \min[L+90, +90]$$

$$\delta(\min) = \max[L-90, -90]$$

- Ejemplos:

- En el ecuador: $L = 0$
 $\delta(\max) = +90$ y $\delta(\min) = -90$
- En el polo norte: $L=90$
 $\delta(\max) = +90$ y $\delta(\min) = 0$
- En el polo sur: $L=-90$
 $\delta(\max) = 0$ y $\delta(\min) = -90$

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

25

¿Es un objeto observable desde un sitio X?

- Definir si un objeto es **observable** basándonos primero en su declinación (no importa la fecha).
- Ejemplo: decida si la estrella **HD8890** con coordenadas **02h 31m 49s** y **+89° 15' 51"** es observable desde Ensenada.
 - Las coordenadas de Ensenada son latitud $+31^\circ$ y longitud 115° W. Esto quiere decir que las declinaciones que son posible de observar desde Ensenada son aproximadamente desde $+90^\circ$ en el norte hasta $31^\circ - 90^\circ = -59^\circ$ en el sur.

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

26

- En conclusión: por declinación el objeto SI es observable.

- ¿Es posible observar el objeto el día 24 de febrero a las 11pm hora local?

- En el norte, las estrellas con declinación mayor a $90 - \text{latitud del sitio}$ nunca se ponen! ... solo se les ve girar alrededor del polo norte celeste a lo largo de la noche.
- En el caso de la estrella del problema, tiene declinación $+89^\circ$ que es mayor que $90^\circ - 31^\circ = +59^\circ$ por lo tanto nunca se pone. De hecho, HD 8890 es la estrella **Polaris**, que es la estrella visible a simple vista más cercana al polo norte celeste.

4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

27

Perturbación de coordenadas

- Movimientos terrestres que afectan el sistema de coordenadas:
 - Precesión:** el eje de rotación precesa debido a las torcas ejercidas por el Sol y la Luna. El ciclo de es $\sim 26,000$ años.
 - Nutación:** efecto de la precesión del plano de la Luna sobre la Tierra. Periodo de 18.6 años. Esto afecta las coordenadas, por lo que debe ser tomada en cuenta.



4 Febrero 2009

IAUNAM - OAN - Ensenada BC

28

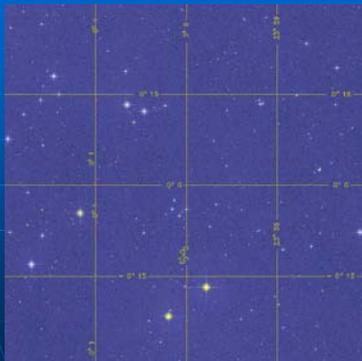
- ✦ La estrella del norte ahora es **Polaris**, pero cambiará en el futuro.
- ✦ Para tomar en cuenta el efecto de la precesión en las coordenadas ecuatoriales, hay que definir una *época*.

- Hay programas que toman en cuenta los efectos anteriores y corrigen las coordenadas a la época de observación. En una próxima práctica veremos su uso.
- Ejemplo de la variación de coordenadas.

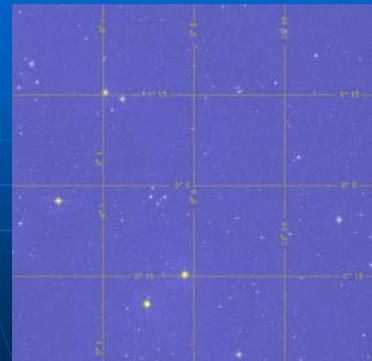
Época: 2000.00



Época: 2000.00

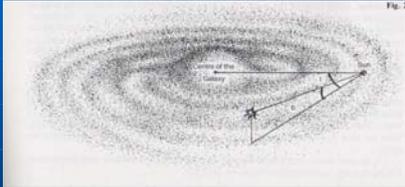


Época: 2006.25



3. Coordenadas Galácticas

- El plano de referencia es el de la Vía Láctea.



Latitud galáctica l : ángulo medido desde el plano de la galaxia, $l \in [-90, +90]$

Longitud galáctica b : ángulo medido sobre el plano galáctico a partir del centro de la galaxia y en sentido contrario a las manecillas del reloj $b \in [0, 360)$.

- Hay un sistema de coordenadas galácticas *viejo*. Se usa un supraíndice l .
- En ocasiones se usa el supraíndice ll para las coordenadas *nuevas*.
- La diferencia entre unas y otras es el origen de latitud y longitud.

Bibliografía

- Fundamental Astronomy**
H. Karttunen et al. (Springer Verlag, cualquier edición)
- An Introduction to Modern Astrophysics**
B. W. Carroll & D. A. Ostlie

Software (gratis)

- Home Planet (Windows)**
<http://www.fourmilab.ch/homeplanet/>
- XEPHEM (Linux)**
<http://www.clearskyinstitute.com/xephem/>

Direcciones de contacto:

mcontreras@astrosen.unam.mx

lorenzo@astrosen.unam.mx

Página Web:

<http://www.astrosen.unam.mx/~mcontreras/>

(sección [clases/Prope2009I](#))