

materia

Astronomía Básica

unidade didáctica 5

Coordenadas astronómicas. Medida do tempo

Josefina F. Ling

Departamento de Matemática Aplicada
Facultade de Matemáticas



VICERREITORÍA DE ESTUDANTES,
CULTURA E FORMACIÓN CONTINUA



unidade didáctica 5

Coordenadas astronómicas. Medida do tempo

Josefina F. Ling

Departamento de Matemática Aplicada
Facultade de Matemáticas



© Universidade de Santiago de Compostela, 2013



Esta obra atópase baixo unha licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/legalcode.g>

Deseño
Unidixital
Servizo de Edición Dixital
da Universidade de Santiago de Compostela

Edita
Vicerreitoría de Estudantes,
Cultura e Formación Continua
da Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime
Unidixital
Dep. Legal: C 49 - 2013
ISBN 978-84-9887-964-3

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos. Queda prohibida a duplicación, total ou parcial desta obra, en calquera forma ou por calquera medio (elec-trónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen consentimento expreso por escrito dos editores.

MATERIA: Astronomía Básica
TITULACIÓN: Grao en Óptica e Optometría
PROGRAMA XERAL DO CURSO
Localización da presente unidade didáctica

Unidade 0. Introducción.

Unidade I. Leis de Kepler, lei da gravitación, tipos de órbitas.

Unidade II. Obxectos observables.

A Lúa.
O Sol.
Planetas, satélites e planetas ananos.
Cometas, asteroides e meteoroides.
Unidades de distancia.
Estrelas, constelacións e a Vía Láctea.
Cúmulos estelares, nebulosas e galaxias.

Unidade III. A Terra.

Forma e dimensións.
Movementos.
Coordenadas xeográficas.

Unidade IV. A esfera celeste.

Movemento diúrno.
Movemento anual. Eclíptica.

Unidade V. Coordenadas Astronómicas. Medida do tempo.

Coordenadas horizontais.
Coordenadas ecuatoriais.
Medida do tempo.
Transformación de coordenadas.

Unidade VI. Instrumentación astronómica.

Telescopios.
Prismáticos.
Receptores e accesorios.

Unidade VII. Radiación electromagnética.

Fórmula de Planck e Lei de Boltzmann.
Lei de Weber-Fechner.

Unidade VIII. Magnitudes estelares. Luminosidade Tipos espectrais.

Prácticas no observatorio astronómico Ramón María Aller.

Observación telescópica de varios obxectos.

Manexo do Planisferio e identificación de constelacións.

Manexo dun telescopio altacimutal automatizado.

Montaxe e desmontaxe dun telescopio.

ÍNDICE

Presentación	7
Os obxectivos	7
Os principios metodolóxicos	7
Os contidos básicos	8
1. Introducción	8
2. Sistemas de coordenadas astronómicas.	9
2.1. Coordenadas Horizontais	11
2.2. Coordenadas Ecuatoriais	12
2.2.1. Coordenadas Ecuatoriais Horarias	13
2.2.2. Coordenadas Ecuatoriais Absolutas	14
3. Medida do tempo	16
3.1. Escalas de tempo rotacionais	16
3.1.1. Tempo sidéreo	16
3.1.2. Tempo solar verdadeiro	17
3.1.3. Tempo medio	17
3.1.4. Ecuación do Tempo	17
3.1.5. Relación entre o Tempo Sidéreo e o Tempo Medio. ..	18
3.1.6. Tempo Civil, Tempo Universal e Tempo Oficial	19
4. Transformación de coordenadas	20
4.1. Xiros matriciais	21
4.1.1. Caso xeral	21
4.1.2. Casos particulares	22
4.2. Transformacións entre coordenadas horizontais e ecuatoriais horarias	23
4.3. Transformación entre coordenadas ecuatoriais horarias e absolutas	25
Problemas e exercicios	26
Prácticas no Observatorio Astronómico R. M. Aller	26
1. Manexo do Planisferio e Identificación de constelacións. (Duración 2.5 horas)	26
1.1. Fundamento	26
1.2. Descrición	27
1.3. Manexo	27
1.4. Exercicios	29
2. Manexo dun telescopio Altacimutal automatizado. (Duración 1.5 horas)	29
2.1. Tipos de monturas	29
2.2. Descrición do telescopio altazimutal	29
2.3. Utilización do telescopio altazimutal	31
Avaliación	32
Bibliografía	32

PRESENTACIÓN

Esta unidade didáctica complementa a anterior (Unidade IV) referida á esfera celeste e é fundamental para saber posicionar os astros nela. Ademais está estreitamente relacionada coa seguinte (Unidade VI) onde se describe a instrumentación óptica específica que se usa na Astronomía, xa que é precisamente nesta Unidade V onde se establecen as bases teóricas dos sistemas de referencia que dan lugar aos diferentes tipos de montura. O alumnado desta titulación de Grao en Óptica e Optometría, que para o futuro exercicio da súa profesión debe ter coñecementos sobre telescopios e prismáticos, aínda que só sexa a nivel elemental, aprenderá aquí os fundamentos destes aparatos tanto no que se refire a seus principios astronómicos como a seu manexo e posta en práctica. Esta unidade didáctica terá unha duración total de 9 horas.

OS OBXECTIVOS

Os obxectivos xerais da materia Astronomía Básica, na que está encadrada esta unidade didáctica, son:

- Realizar unha primeira toma de contacto cos aspectos básicos da Astronomía.
- Coñecer o instrumental óptico destinado à Astronomía.
- Capacitar ao alumnado para a realización de diversas observacións astronómicas.

No caso concreto da unidade didáctica que nos atinxe os obxectivos específicos, que contribuirían especialmente á consecución do último obxectivo xeral, son :

- Coñecer os sistemas de coordenadas máis comunmente utilizados na Astronomía.
- Comprender os fundamentos da medida do tempo astronómico.
- Transformar unhas coordenadas noutras.
- Localizar obxectos astronómicos a simple vista coa axuda do planisferio.
- Utilizar un telescopio altazimutal automatizado.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

A metodoloxía de ensino axustarase ás pautas do Espazo Europeo de Educación Superior (EEES), que computa as horas totais de traballo do alumno como a suma das horas presenciais e non presenciais. Nesta materia a docencia teórica e práctica están intimamente ligadas para poder acadar os obxectivos propostos. Para iso o método está estruturado de acordo aos seguintes tipos de docencia:

- Clases expositivas. Consistirán na presentación e desenvolvemento dos contidos teóricos fundamentais, que se realizará en grupos grandes e de carácter principalmente maxistral. O equipo docente empregará ademais do encerado novos recursos didácticos basados en presentacións, a través de medios audiovisuais, que contribuirán a mellorar a visión espacial e temporal de moitos dos conceptos que se presentan ao alumnado.

- Clases interactivas. Trátase dun conxunto de actividades nos que a participación do alumnado é parte fundamental. Durante o seu desenvolvemento os alumnos resolverán exercicios e problemas similares aos enunciados nesta unidade didáctica, que lles permitan poñer a punto e aplicar de forma práctica os coñecementos teóricos derivados das clases expositivas. Para un aproveitamento axeitado será preciso que o alumnado dispoña dunha calculadora, non programable, que teña as funcións circulares e as súas inversas, así como a preparación previa das cuestións que se tratarán nas clases expositivas.
- Prácticas no observatorio. O alumnado, en grupos reducidos, aplicará os coñecementos adquiridos na aula, mediante o uso do instrumental do Observatorio Astronómico Ramón María Aller da USC. Realizaranse dúas sesións de observación nocturna asociadas a esta unidade didáctica, segundo se describe no apartado correspondente. Estas prácticas non poden ter un horario prefixado, senon que serán consensuadas convenientemente, cos diferentes grupos de estudantes, por estar suxeitas ás condicións meteorolóxicas.
- Finalmente a materia dispón dun curso virtual, na plataforma do Campus Virtual da USC, onde os matriculados nela teñen acceso directo ao material esencial para o seguimento da mesma e aos recursos multimedia que se presentan na aula. Tamen gozan da posibilidade de poñerse en contacto co profesorado a través de varias ferramentas de comunicación para resolver dúbidas puntuais.

Do total das 9 horas de docencia, 5 estarán adicadas a docencia expositiva e interactiva e 4 ás prácticas no observatorio.

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Introducción

Unha vez establecido o concepto de esfera celeste e despois de estudar o seu movemento e de coñecer distintos puntos e liñas fundamentais da mesma, imos definir os sistemas de coordenadas que nos permitirán identificar a posición, sobre o ceo, das estrelas, planetas, nebulosas, galaxias etc. Para iso identificaremos a todo astro cun punto de dita esfera. De maneira similar a como facemos para situar os distintos lugares na superficie da Terra mediante as coñecidas coordenadas lonxitude e latitude. Isto permitirá orientarnos e predicir as posicións dos obxectos celestes, nas diferentes horas do día, días do ano e segundo o noso lugar de observación. Entre os distintos sistemas de coordenadas utilizados na Astronomía estudaremos unicamente os máis comúns e popularmente usados: os sistemas horizontais e ecuatoriais. Aprenderemos a transformar uns noutros. Para isto é necesario introducir algúns conceptos sobre a medida do tempo que seran imprescindibles; por exemplo definir a hora sidérea como elemento de nexo entre os dous tipos de coordenadas ecuatoriais. A aplicación práctica dos coñecementos

8- UNIDADE DIDÁCTICA V. COORDENADAS ASTRONÓMICAS. MEDIDA DO TEMPO

adquiridos levarase a cabo mediante o uso do planisferio e a colocación das coordenadas nos telescopios.

2. Sistemas de coordenadas astronómicas

Os sistemas de referencia que se utilizan na Astronomía son sistemas de coordenadas esféricas polares, chamando O á orixe, Z ao eixo polar e XY ao plano fundamental ou polar.

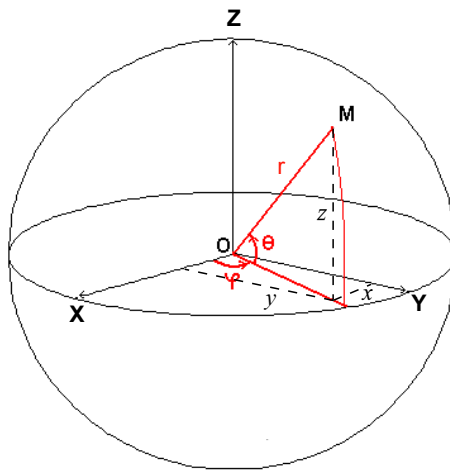


Figura 1: Coordenadas esféricas polares

Cada punto M (Figura 1) ven determinado por tres coordenadas (r, θ, φ) onde:

r = raio desde a orixe O ata o punto M

θ = ángulo entre o raio r e o plano fundamental XY

φ = ángulo entre o eixo X e a proxección ortogonal do raio r sobre o plano XY.

Asociado ás coordenadas polares temos o sistema cartesiano ortogonal onde o punto M ten as seguintes tres coordenadas (x, y, z) .

A relación entre as coordenadas esféricas e as rectangulares veñen expresadas mediante estas expresións:

$$\begin{aligned}x &= r \cdot \cos \theta \cdot \cos \varphi \\y &= r \cdot \cos \theta \cdot \sin \varphi \\z &= r \cdot \sin \theta\end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned}r &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \tan \varphi &= \frac{y}{x} \\ \tan \theta &= \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\end{aligned}$$

(1)

O sistema denomínase *dextroxiro*, cando o sentido de xiro positivo é contrario ao percorrido das agullas do reloxio, e *levoxiro* se ten o mesmo sentido (Figura 2).

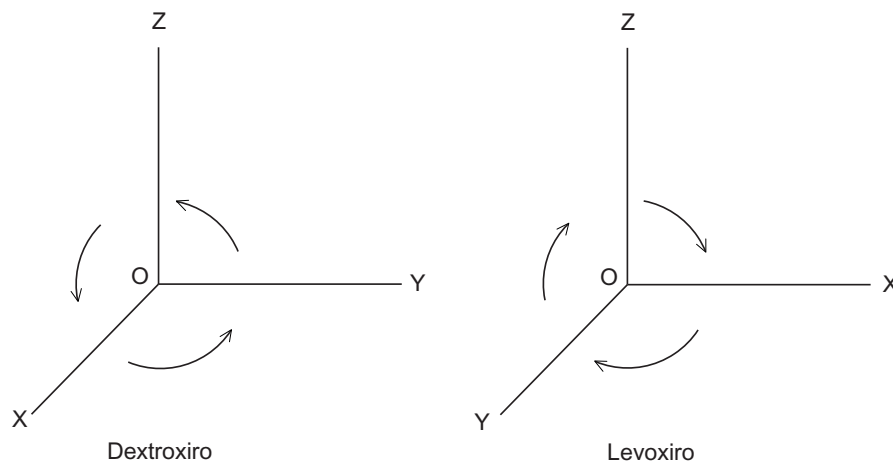


Figura 2: Sistemas dextroxiro e levoxiro

Dependendo de quen ocupe o centro da esfera celeste os sistemas se clasifican do seguinte xeito:

$$\text{Centro da esfera celeste} \left\{ \begin{array}{l} - \text{Lugar de observación} \rightarrow \text{Topocéntrico} \\ - \text{Centro da Terra} \rightarrow \text{Xeocéntrico} \\ - \text{O Sol} \rightarrow \text{Heliocéntrico} \end{array} \right.$$

Se agora atendemos ao plano polar ou fundamental do sistema temos a seguinte clasificación:

$$\text{Plano fundamental} \left\{ \begin{array}{l} - \text{Horizonte do lugar de observación} \rightarrow \text{Horizontais} \\ - \text{Ecuador celeste} \rightarrow \text{Ecuatoriais} \\ - \text{Eclíptica} \rightarrow \text{Eclípticas} \\ - \text{Plano da nosa Galaxia} \rightarrow \text{Galácticas} \end{array} \right.$$

De entre todos eles imos estudar unicamente os máis popularmente utilizados, é dicir os sistemas de coordenadas horizontais e os ecuatoriais, prescindindo da posición da orixe de coordenadas.

2.1. Coordenadas Horizontais

Este é un sistema ortogonal levoxiro. O seu eixo polar Z é a vertical do lugar, sendo positivo cara ao zenit. O plano fundamental XY correspóndese co plano do horizonte, onde o eixo X é a liña meridiana Norte-Sur, positivo cara ao Sur, e o eixo Y e a liña Leste-Oeste, positivo hacia o Oeste e formando triedro ortogonal cos dous eixos anteriores.

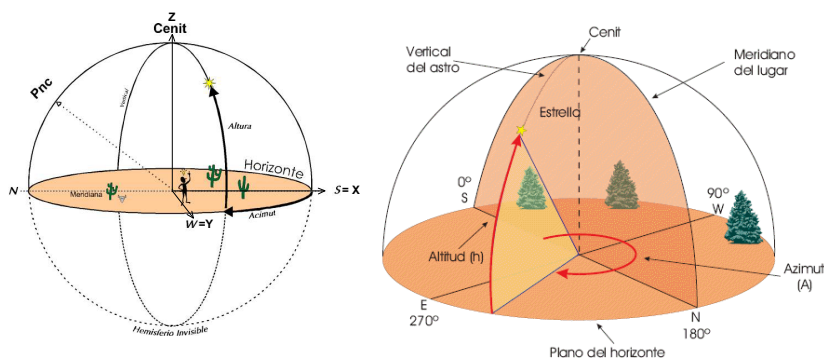


Figura 3: Coordenadas horizontais

As coordenadas do sistema (Figura 3) son:

Altura = ángulo que forma a visual dirixida ao astro co plano do horizonte. Representase pola letra h . Cóntase de 0° a $+90^\circ$ (positivamente) desde o horizonte ata o zenit e de 0° a -90° (negativamente) desde o horizonte ata o nadir neste caso chámase *depresión*. O seu valor complementario $90^\circ - h$ coñécese polo nome de *distancia cenital*, represéntase pola letra z e cóntase de 0° a 180° desde o zenit ata o nadir, polo que as distancias cenitais maiores de 90° corresponden a alturas negativas ou depresións. Neste senso a latitude xeográfica dun lugar vén sendo a distancia cenital do ecuador ou o que é o mesmo a altura do polo.

Acimut = ángulo diedro que forma o meridiano superior do lugar co vertical que pasa polo astro. Noméase coa letra A . Mídese no senso Sur-Oeste-Norte-Leste de 0° a 360° .

Tendo en conta que, como xa se viu no tema anterior, o raio da esfera celeste toma o valor unidade a relación entre as coordenadas polares (h, A) ou

(z, A) e as cartesianas (x, y, z) aplicando as fórmulas de (1) adoptan as seguintes expresións

$$\begin{aligned} x &= \cos h \cdot \cos A = \sin z \cdot \cos A \\ y &= \cos h \cdot \sin A = \sin z \cdot \sin A \\ z &= \sin h = \cos z \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} 1 &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \tan A &= \frac{y}{x} \\ \tan h &= \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{aligned} \tag{2}$$

Este é un sistema *local* pois os valores das coordenadas dos astros dependen do lugar de observación e ademais varían segundo o movemento diúrno. Isto pode apreciarse na Figura 4, onde a medida que a estrela E vai percorrendo o seu paralelo nas distintas posicións E_1 e E_2 a súas correspondentes coordenadas horizontais (h_1, A_1) e (h_2, A_2) van variando. Así pois a posición na esfera celeste dun astro queda determinada en cada momento polo almicantarae e o vertical que se cortan nel.

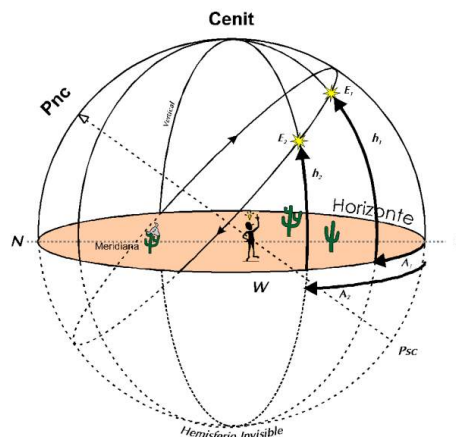


Figura 4: As coordenadas horizontais dependen do movemento diúrno

2.2. Coordenadas Ecuatoriais

Os sistemas de coordenadas ecuatoriais teñen por eixo polar Z o eixo do mundo PP', positivo cara ó polo Norte P, e como plano fundamental XY o do ecuador celeste. Agora ben dependendo de cal sexa o eixo X elixido estes

se clasifican en: sistemas de coordenadas ecuatoriais horarias e sistemas de coordenadas ecuatoriais absolutas.

2.2.1. Coordenadas Ecuatoriais Horarias

É este un sistema ortogonal levoxiro onde o eixo X, situado no plano do ecuador, está orientado positivamente cara ó meridiano superior do lugar. As coordenadas que o definen son (Figura 5):

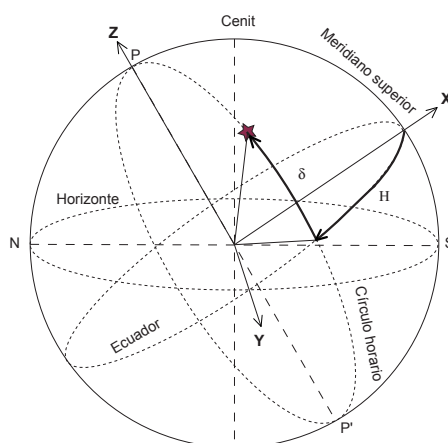


Figura 5: Coordenadas ecuatoriais horarias

Declinación = ángulo que forma a visual dirixida ao astro co plano do ecuador. Denótase pola letra grega δ . Cóntase de 0° a $+90^\circ$ (positivamente), desde o ecuador ata o polo norte celeste P, e de 0° a -90° (negativamente), desde o ecuador ata o polo sur celeste P'. O seu valor complementario $90^\circ - \delta$ chámase distancia polar, represéntase pola letra p e cóntase de 0° a 180° desde P ata P'. Así pois as declinacións negativas corresponden a distancias polares maiores de 90° .

Ángulo horario = ángulo diedro que forma o meridiano superior do lugar co círculo horario que pasa polo astro. Noméase coa letra H . Mídese no mesmo sentido que o Acimut, é dicir no do movemento diúrno, de 0° a 360° ou de 0 a 24 horas. Sendo as relacións entre as unidades sesaxesimais e as unidades de tempo as seguintes:

$$\begin{aligned} 360^\circ &= 24^h \\ 15^\circ &= 1^h \\ 15' &= 1^m \\ 15'' &= 1^s \end{aligned}$$

A relación entre as coordenadas polares (δ, H) ou (p, H) e as cartesianas (x, y, z) son:

$$\begin{aligned}x &= \cos \delta \cdot \cos H = \sin p \cdot \cos H \\y &= \cos \delta \cdot \sin H = \sin p \cdot \sin H \\z &= \sin \delta = \cos p\end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned}1 &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \tan H &= \frac{y}{x} \\ \tan \delta &= \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\end{aligned}\tag{3}$$

Nesta ocasión o sistema é *semilocal* pois unha das coordenadas a H , do mesmo xeito que nas coordenadas horizontais, depende do lugar de observación e varía segundo o movemento diúrno, mentres que isto non ocorre coa a coordenada δ que permanece invariante.

2.2.2. Coordenadas Ecuatoriais Absolutas

A diferenza co sistema anterior estriba en que nesta ocasión o sistema ortogonal é dextroxiro sendo o eixo X a liña dos equinoccios, orientado positivamente cara ó punto vernal ou punto aries (γ). Tomarase como círculo horario orixe o que pasa polo punto γ . Desta maneira as coordenadas (Figuras 6 e 7) son:

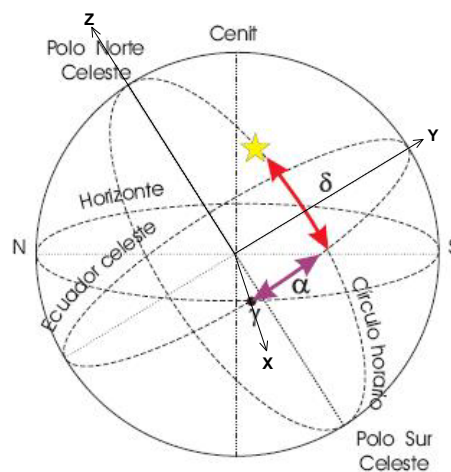


Figura 6: Coordenadas ecuatoriais absolutas

Declinación = é a mesma coordenada que a definida no apartado anterior.

Ascensión recta = ángulo diedro entre o círculo horario que pasa polo astro e o círculo horario orixe. Denótase pola letra grega α . Cóntase de 0° a 360° a partir do punto aries (γ) no senso contrario ao do movemento diúrno.

As fórmulas que relacionan as coordenadas polares (α, δ) ou (α, p) e as cartesianas (x, y, z) son:

$$\begin{aligned}x &= \cos \delta \cdot \cos \alpha = \sin p \cdot \cos \alpha \\y &= \cos \delta \cdot \sin \alpha = \sin p \cdot \sin \alpha \\z &= \sin \delta = \cos p\end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned}1 &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \tan \alpha &= \frac{y}{x} \\ \tan \delta &= \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\end{aligned}$$

(4)

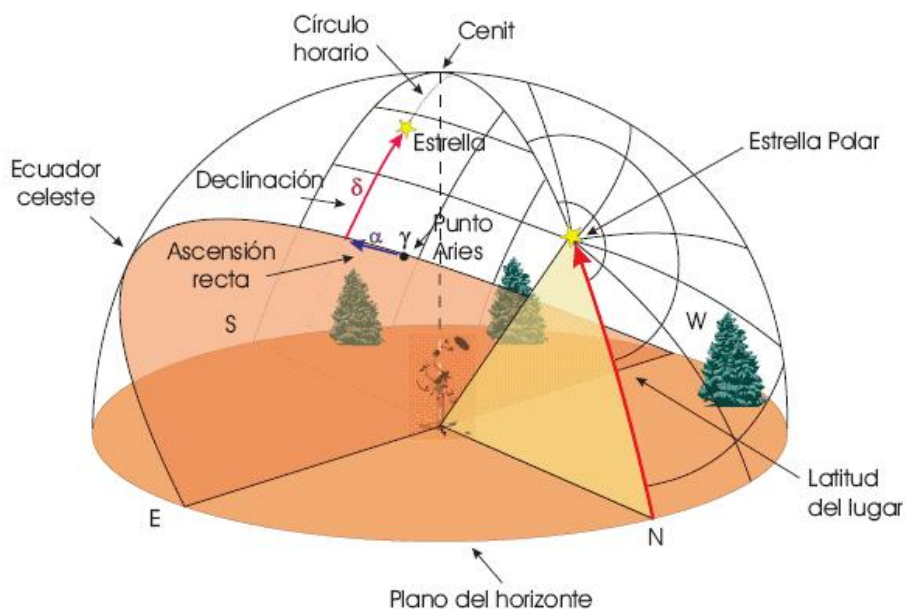


Figura 7: Coordenadas ecuatoriais absolutas desde o lugar de observación

Este sistema é rotante, o sexa rota coa esfera celeste, as coordenadas (α, δ) non dependen do movemento diúrno e se denomina sistema de coordenadas absolutas ou sistema *universal*. A posición na esfera celeste dun astro queda determinada entón polo paralelo e o círculo horario que se cortan nel.

É un dos sistemas máis utilizados en Astronomía e a maioría dos catálogos estelares proporcionan as posicións das estrelas nestas coordenadas.

3. Medida do tempo

Introducimos neste apartado a noción da medida do tempo pois será necesario para definir un parámetro fundamental á hora de establecer a relación entre os dous tipos de coordenadas ecuatoriais.

Desde a antigüidade a humanidade tomou conciencia do transcorrer do tempo a través de dous fenómenos periódicos puramente astronómicos, baseados nos movementos aos que está sometida a Terra: por unha banda a sucesión dos días e das noites, debida á rotación terrestre ao redor dun eixo, e pola outra a sucesión das estacións climatolóxicas ou dos anos, debido á traslación ao redor do Sol. Existe ademais outro acontecer importante como é o movemento orbital da Lúa ao redor da Terra, responsable da división do ano en meses e destes en semanas. Así pois a importancia destes acontecementos na nosa vida e a súa íntima relación coa Astronomía converteron o seu estudo nunha especialidade desta ciencia

3.1. Escalas de tempo rotacionais

Ata mediados do século XX a rotación da Terra foi a base da medida do tempo, por ser un dos fenómenos naturais mais fáciles de medir. Porén ten un inconveniente: a falta de uniformidade, detalle que eludiremos neste curso.

A unidade astronómica elixida para este movemento é o día, dividido en múltiplos (horas) e submúltiplos (minutos e segundos).

1 día = 24 horas

1 hora = 60 minutos

1 minuto = 60 segundos

Defínese o *día* como o intervalo de tempo que transcorre entre dous pasos consecutivos do meridiano superior dun lugar por un determinado punto de referencia da esfera celeste. Segundo cal sexa o punto elixido teremos diferentes tipos de días que darán lugar a distintas escalas de tempo.

3.1.1. Tempo sidéreo

Este tempo está baseado no día sidéreo, onde o punto de referencia elixido na definición de día é o punto vernal ou punto gamma (γ).

Nesta escala denomínase hora sidérea ou tempo sidéreo ao ángulo horario do punto γ , que se corresponde coa posición de dito punto respecto ao meridiano superior do lugar de observación e represéntase polo símbolo θ (ou por TS).

Trátase dunha escala uniforme afectada pola *precesión dos equinoccios* (fenómeno responsable de que o punto vernal se desprace, de forma case lineal, sobre a eclíptica dando unha volta completa en aproximadamente 26.000 anos).

O gran inconveniente desta escala é que non se adecúa as nosas necesidades de tipo civil, xa que é independente do Sol. Efectivamente o Sol, ao percorrer a

eclíptica nun ano, vaíse distanciando do punto gamma día a día. De maneira que cando un reloxo de tempo sidéreo, dependendo da época do ano, marcasse as 12:00 horas unhas veces estaríamos no mediodía, outras no serán, outras na medianoite, outras no amencer, etc.

3.1.2. Tempo solar verdadeiro

Está baseado no día solar verdadeiro onde o punto de referencia é o Sol que se adapta perfectamente ao noso concepto de día e noite coñecido desde sempre. Nesta escala denomínase hora solar verdadeira ao ángulo horario do Sol e represéntase por H_{\odot} .

O seu inconveniente reside na falta de uniformidade, xa que o movemento aparente do Sol na esfera celeste non é lineal. Isto débese a que é o reflexo da órbita elíptica que describe a Terra co velocidade non constante, segundo a lei das áreas. A consecuencia é que ao longo do ano os días teñen diferente duración e outro tanto acontece coa duración das horas solares.

3.1.3. Tempo medio

Para resolver as problemáticas formuladas nas dúas escalas de tempo anteriores, defínese sobre esfera celeste un punto ficticio, denominado *Sol Medio*, que ten a propiedade de percorrer o ecuador co movemento uniforme e de coincidir co Sol verdadeiro no punto vernal medio, ao cabo dunha volta.

Isto permite definir agora unha escala de tempo uniforme, a escala de *Tempo Medio*(TM) baseada no día solar medio que ten como punto de referencia ao Sol Medio, aínda que este non sexa visible, e que está relacionada co concepto natural do día solar.

Igualmente que nos casos anteriores denomínase hora solar media ao ángulo horario do Sol medio e represéntase por H_m

3.1.4. Ecuación do Tempo

A diferenza entre o ángulo horario do Sol verdadeiro e o ángulo horario do Sol medio chámase *Ecuación do Tempo* (E.T.)

$$E.T. = H_{\odot} - H_m \quad (5)$$

Esta expresión utilízase para transformar a hora solar, dada polos reloxos de Sol, en tempo medio. A súa representación gráfica (Figura 8) dá lugar a unha función periódica que ten ao longo do ano dous mínimos, dous máximos e catro ceros, que se producen ao redor das seguintes datas e cos valores aproximados que se indican entre paréntese:

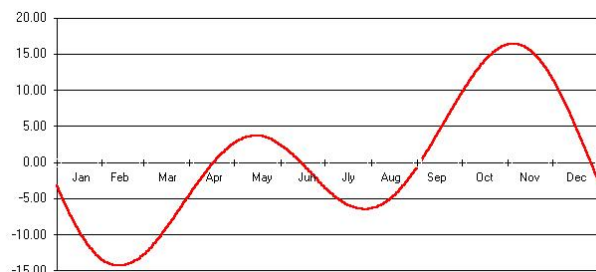


Figura 8: Gráfica da Ecuación do Tempo

$$\begin{array}{l}
 \text{Mínimos} \left\{ \begin{array}{l} 11 \text{ febreiro } (\sim -14^m) \\ 27 \text{ xullo } (\sim -6^m) \end{array} \right. \\
 \text{Máximos} \left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ maio } (\sim +4^m) \\ 4 \text{ novembro } (\sim +16^m) \end{array} \right. \\
 \text{Se anula} \left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ abril} \\ 15 \text{ xuño} \\ 2 \text{ setembro} \\ 25 \text{ decembro} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Cando a E.T. crece os Ortos e os Ocasos dos astros se atrasan e recíprocamente cando decrece se adiantan.

3.1.5. Relación entre o Tempo Sidéreo e o Tempo Medio.

Estas escalas de tempo teñen distintos puntos de referencia de maneira que os seus correspondentes reloxos marcarán horas distintas e ademais a duración de 1 minuto de tempo sidéreo non é igual que a de 1 minuto de tempo medio. Vexamos que en realidade un día solar medio é maior que un día sidéreo.

Efectivamente, partamos do comezo do ano trópico (T), instante no que o Sol o punto γ (identificado na Figura 9 como unha estrela) e o meridiano superior (m) dun lugar están na mesma dirección. Se facemos xirar a esfera celeste debido ao movemento diurno γ e o Sol dan una volta completa ao mesmo tempo e chegan a m á vez, transcorrendo un día sidéreo e un día medio.

Debido ao seu movemento orbital, ao día seguinte, a Terra se terá desprazado na súa traxectoria a outra posición (T'), de maneira que esta vez ao xirar debido ao movemento diúrno cando o punto γ volve pasar polo meridiano m, ao Sol aínda lle queda por percorrer un ángulo de $360^\circ/365,2422$.

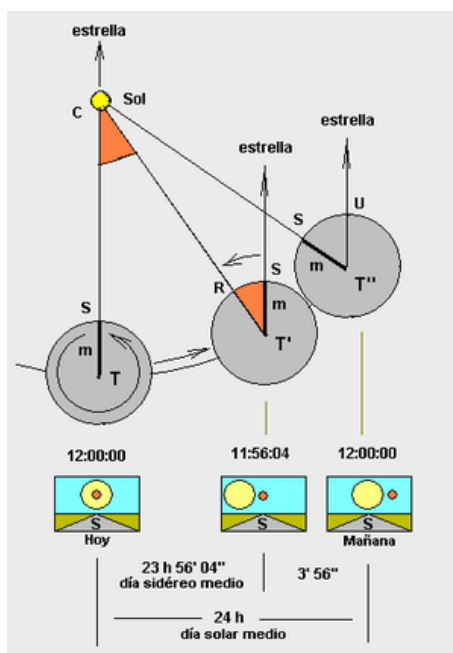


Figura 9: Relación entre o T.S. e o T.M.

Desta maneira o paso das estrelas polo meridiano dun lugar adiantase cada noite en $3^m56^s55 = \frac{24^h}{365,2422}$

Ao cabo dun ano trópico estaremos na situación de partida, de maneira que habrán transcorrido 365,2422 días medios, pero $365,2422+1=366,2422$ días sidéreos (xa que o punto γ habra atravesado un día más o meridiano m pois a Terra deu unha volta no ano trópico). Isto permite establecer a relación para pasar dunha escala a outra mediante a expresión

$$1 \text{ día medio} = \frac{366,2422}{365,2422} = 1,0027379 \text{ días sidéreos.}$$

Obsérvase pois que o día medio e maior que o día sidéreo tal como anunciamos.

Analógamente

1 minuto de TM = 1,0027379 minutos de TS, e

1 segundo de TM = 1,0027379 segundos de TS

3.1.6. Tempo Civil, Tempo Universal e Tempo Oficial

A escala de Tempo Medio conduce a definición doutras escalas de importante aplicación para o uso das nosas necesidades civís.

Compróbase que a definición de hora solar media H_m , non concorda co uso civil onde o día comeza a media noite, é dicir cando o Sol ten un ángulo horario de 12^h . Este desfase corríxese sumando dita cantidade ao tempo medio, o que dá lugar ao denominado *Tempo Civil* ou *Hora Civil* (H_c)

$$H_c = H_m + 12^h$$

A hora civil é unha escala de tempo local, vai cambiando dun meridiano a outro, o que non é práctico para establecer unha hora que sexa independente da posición do observador. Por esta razón establécese o *Tempo Universal* (TU) que se corresponde coa hora civil do meridiano 0 (meridiano que atravesa o observatorio de Greenwich) e que ten o mesmo valor para calquera lugar da Terra.

$$TU = (H_c)_G = (H_m)_G + 12^h$$

Coiñecida a hora solar H_\odot , nun determinado momento, para un lugar de lonxitude xeográfica λ , é posible obter o valor do TU atendendo ao seguinte proceso:

- Mediante ecuación do tempo (5) obtemos a hora solar media $H_m = H_\odot - E.T.$
- Sumando 12 horas temos a hora civil do lugar de observación $H_c = H_m + 12^h$
- Restando o valor da lonxitude xeográfica calculamos o Tempo Universal $TU = H_c - \lambda$

A partir do TU os diferentes países do mundo decretan a seu *Tempo Oficial* ou *Hora Oficial* (TO), sumando ou restando un numero enteiro de horas, dependendo do fuso horario no que se encontren, é dicir da súa lonxitude xeográfica, ou das normativas ou acordos políticos establecidos. Así por exemplo, na actualidade, a hora oficial en España, segundo as directrices da normativa da Unión Europea, é a seguinte:

$$TO \text{ na península e Baleares} = \begin{cases} TU + 1^h & \text{no horario de outono-inverno} \\ TU + 2^h & \text{no horario de primavera-verán} \end{cases}$$

TO en Canarias = Unha hora menos que no caso anterior

4. Transformación de coordenadas

Dependendo das circunstancias da observación, do instrumental para a localización dos astros, da información dispoñible, etc, as veces é conveniente ou necesario pasar dun tipo de coordenadas a outras. Se ben tradicionalmente isto se fai utilizado a formulación matemática correspondente á trigonometría esférica, nos utilizaremos un recurso moi sinxelo baseado nas expresións matriciais asociadas aos xiros que teñen lugar entre sistemas de referencia ortogonais.

20- UNIDADE DIDÁCTICA V. COORDENADAS ASTRONÓMICAS. MEDIDA DO TEMPO

4.1. Xiros matriciais

4.1.1. Caso xeral

Para fixar ideas consideremos dous sistemas ortogonais dextroxiros $OXYZ$ e $OX'Y'Z'$ coa mesma orixe, onde o segundo obtense a partir do primeiro mediante un xiro (Figura 10). Imos obter a matriz asociada ao xiro que relaciona ambos sistemas.

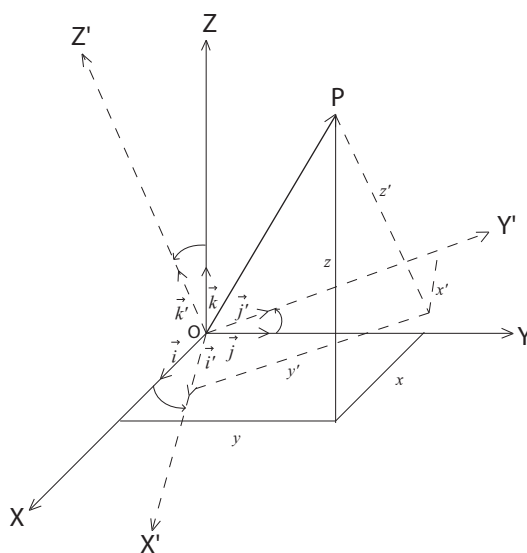


Figura 10: Xiro nun sistema de coordenadas dextroxiros

Dado un punto P de coordenadas (x, y, z) no primeiro sistema e (x', y', z') no segundo, temos que as respectivas expresións do vector \overrightarrow{OP} en cada un dos sistemas, en función dos vectores unitarios ou versores, será igual a

$$x' \vec{i}' + y' \vec{j}' + z' \vec{k}' = \overrightarrow{OP} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$$

Multiplicando escalarmente ambos membros da expresión anterior por \vec{i}' , \vec{j}' e \vec{k}' sucesivamente, se obtén

$$\begin{aligned}
 x' &= x \cos(\vec{i}, \vec{i}') + y \cos(\vec{j}, \vec{i}') + z \cos(\vec{k}, \vec{i}') \\
 y' &= x \cos(\vec{i}, \vec{j}') + y \cos(\vec{j}, \vec{j}') + z \cos(\vec{k}, \vec{j}') \\
 z' &= x \cos(\vec{i}, \vec{k}') + y \cos(\vec{j}, \vec{k}') + z \cos(\vec{k}, \vec{k}')
 \end{aligned} \tag{6}$$

xa que no caso da primeira igualdade:

$$\begin{aligned}
 \vec{i}' \cdot \vec{i}' &= |\vec{i}'| |\vec{i}'| \cos 0 = 1 & \vec{i} \cdot \vec{i}' &= |\vec{i}| |\vec{i}'| \cos(\vec{i}, \vec{i}') = \cos(\vec{i}, \vec{i}') \\
 \vec{j}' \cdot \vec{i}' &= |\vec{j}'| |\vec{i}'| \cos 90 = 0 & \vec{j} \cdot \vec{i}' &= |\vec{j}| |\vec{i}'| \cos(\vec{j}, \vec{i}') = \cos(\vec{j}, \vec{i}') \\
 \vec{k}' \cdot \vec{i}' &= |\vec{k}'| |\vec{i}'| \cos 90 = 0 & \vec{k} \cdot \vec{i}' &= |\vec{k}| |\vec{i}'| \cos(\vec{k}, \vec{i}') = \cos(\vec{k}, \vec{i}')
 \end{aligned}$$

Analogamente sucede coas outras dúas igualdades.

Podemos agora escribir as expresiones (6) en forma matricial da seguinte maneira

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\vec{i}, \vec{i}') & \cos(\vec{j}, \vec{i}') & \cos(\vec{k}, \vec{i}') \\ \cos(\vec{i}, \vec{j}') & \cos(\vec{j}, \vec{j}') & \cos(\vec{k}, \vec{j}') \\ \cos(\vec{i}, \vec{k}') & \cos(\vec{j}, \vec{k}') & \cos(\vec{k}, \vec{k}') \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Onde

$$G = \begin{pmatrix} \cos(\vec{i}, \vec{i}') & \cos(\vec{i}, \vec{j}') & \cos(\vec{i}, \vec{k}') \\ \cos(\vec{j}, \vec{i}') & \cos(\vec{j}, \vec{j}') & \cos(\vec{j}, \vec{k}') \\ \cos(\vec{k}, \vec{i}') & \cos(\vec{k}, \vec{j}') & \cos(\vec{k}, \vec{k}') \end{pmatrix} \tag{7}$$

é a matriz que define o xiro positivo entre os dous sistemas dextroxiros.

4.1.2. Casos particulares

Vexamos agora cal é a expresión da matriz se facemos coincidir o eixo de xiro cun dos eixos coordenados.

Chamemos $G_y(\alpha)$ á matriz asociada a un xiro positivo respecto ao eixo Y de argumento α .

Nese caso tal como se observa na Figura 11

$$\begin{aligned}
 \text{ángulo}(\vec{i}, \vec{i}') &= \text{ángulo}(\vec{k}, \vec{k}') = \alpha \\
 \text{ángulo}(\vec{i}, \vec{j}') &= \text{ángulo}(\vec{j}, \vec{i}') = \text{ángulo}(\vec{j}, \vec{k}') = \text{ángulo}(\vec{k}, \vec{j}') = 90^\circ \\
 \text{ángulo}(\vec{j}, \vec{j}') &= 0^\circ \\
 \text{ángulo}(\vec{k}, \vec{i}') &= 90^\circ + \alpha \\
 \text{ángulo}(\vec{i}, \vec{k}') &= 90^\circ - \alpha
 \end{aligned}$$

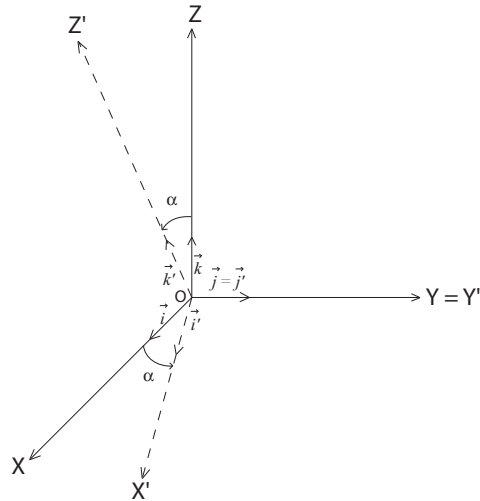


Figura 11: Xiro positivo respecto ao eixo Y de argumento α

Co cal a matriz (7) convértese en

$$G_y(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \cos 90 & \cos(90 + \alpha) \\ \cos 90 & \cos 0 & \cos 90 \\ \cos(90 - \alpha) & \cos 90 & \cos \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & -\sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

Procedendo de maneira similar obtense as matrices de xiro positivo respecto ao eixo X e a o eixo Z

$$G_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$$G_z(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

4.2. Transformacións entre coordenadas horizontais e ecuatoriais horarias

Aplicaremos o visto anteriormente para obter as fórmulas que nos van permitir pasar das coordenadas horizontais ás ecuatoriais horarias e viceversa

Chamemos (x, y, z) ás coordenadas cartesianas rectangulares asociadas ao sistema de coordenadas horizontais (h, A) e (x', y', z') as do sistema de coordenadas ecuatoriais horarias (δ, H) (Figura 12).

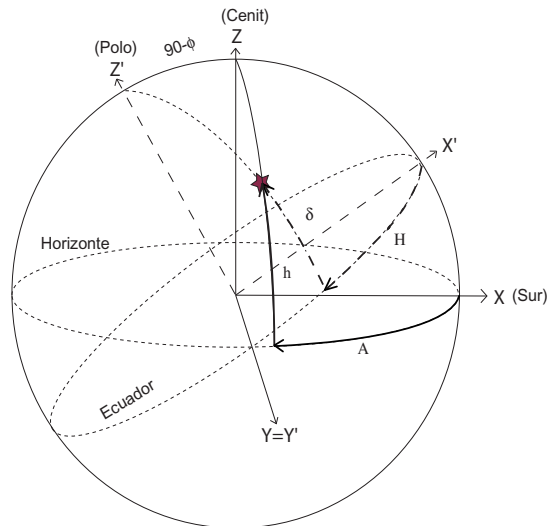


Figura 12: Relación entre coordenadas horizontais e ecuatoriais horarias

Posto que neste caso ambos sistemas son levoxiros e teñen en común o eixo Y, a transformación das primeiras nas segundas é o resultado de facer un xiro respecto a dito eixo Y de amplitude igual á colatitude do lugar $90-\phi$ en sentido negativo.

A expresión da matriz asociada a dito xiro é:

$$G_y(-(90 - \phi)) = \begin{pmatrix} \cos(90 - \phi) & 0 & \sin(90 - \phi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(90 - \phi) & 0 & \cos(90 - \phi) \end{pmatrix}$$

Sendo a relación matricial entrambos sistemas de coordenadas a seguinte:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \phi & 0 & \cos \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos \phi & 0 & \sin \phi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (8)$$

E substituíndo en (8) a tres primeiras fórmulas de (2) e (3)

$$\begin{pmatrix} \cos \delta \cdot \cos H \\ \cos \delta \cdot \sin H \\ \sin \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \phi & 0 & \cos \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos \phi & 0 & \sin \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos h \cdot \cos A \\ \cos h \cdot \sin A \\ \sin h \end{pmatrix}$$

A expresión inversa, a das coordenadas horizontais en función das ecuatoriais horarias se obtén sen máis que substituír a matriz de xiro pola súa inversa que neste caso coincide coa súa traspоста.

$$\begin{pmatrix} \cos h \cdot \cos A \\ \cos h \cdot \sin A \\ \sin h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \phi & 0 & -\cos \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos \phi & 0 & \sin \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \delta \cdot \cos H \\ \cos \delta \cdot \sin H \\ \sin \delta \end{pmatrix}$$

4.3. Transformación entre coordenadas ecuatoriais horarias e absolutas

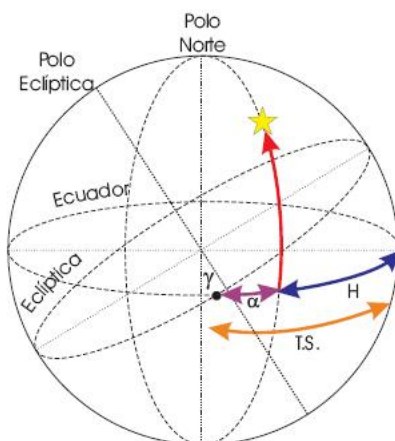


Figura 13: Relación entre H e α

Neste caso ao ter común unha das coordenadas, a declinación δ , a única transformación a realizar é entre o ángulo horario H e a ascensión recta α ou viceversa (Figura 13). Dita transformación faise a través da hora sidérea local θ (TS), que nos dá a posición do punto γ respecto ao noso meridiano e polo tanto establece a relación entre ás orixes de coordenadas de ambos sistemas. Tendo en conta que o sistema de coordenadas horarias é levoxiro e o de absolutas dextroxiro a relación entre H e α é a seguinte:

$$\begin{aligned} \theta &= H + \alpha \quad \text{se } H \leq \theta \\ 24^h + \theta &= H + \alpha \quad \text{se } H > \theta \end{aligned}$$

PROBLEMAS E EXERCICIOS

1. Obter a expresións das matrices de xiro positivo respecto aos eixos X e Y, respectivamente, nun sistema dextroxiro.
2. Que coordenadas hai que introducir nun telescopio altazimutal, en Santiago de Compostela ($\phi = +42^{\circ}52'31''8$), para poder observar o planeta Xúpiter cando as súas coordenadas ecuatoriais horarias son $H = 2^h 34^m 28^s$ e $\delta = 21^{\circ}52'34''$?
3. No ocaso da estrela Aldebarán ($H = 150^{\circ}25'10''$, $\delta = +16^{\circ}30'33''$) en Sydney ($\phi = -33^{\circ}52'25''$), cal é o seu acimut?
4. Calcular a hora oficial en Tenerife ($\phi = +28^{\circ}17'29''$, $\lambda = -16^{\circ}37'44''$) no momento no que o ángulo horario do Sol é de $H_{\odot} = 22^h 5^m 16^s$

PRÁCTICAS NO OBSERVATORIO ASTRONÓMICO R. M. ALLER

1. Manexo do Planisferio e Identificación de constelacións. (Duración 2.5 horas)



Figura 14: O planisferio celeste

1.1. Fundamento

O planisferio ou Carta Celeste (Figura 14) é a proxección estereográfica da Esfera Celeste nun plano ou superficie plana. De maneira que para representar as

estrelas do hemisferio Norte, sobre o plano do ecuador celeste, tomase como punto ou vértice da proxección o polo Sur celeste, ou viceversa se estamos a falar das estrelas do hemisferio Sur.

Este tipo de proxección ten estas propiedades:

- O ecuador celeste se proxecta nun círculo, así como os círculos de declinación.
- Se conservan os ángulos. É dicir a distancia angular entre dous puntos da esfera celeste é a mesma que a dos seus proxectados sobre o planisferio.
- Segundo a latitude do lugar quedan proxectadas todas as estrelas do seu hemisferio e algunhas do hemisferio contrario.

1.2. Descrición

Tomaremos como exemplo, para describir a súa composición, un planisferio construído para observadores situados a 40° de latitude Norte, pois será o que utilizaremos nesta práctica.

Consta esencialmente de dúas pezas:

- Unha fixa (Figura 15), de cartón e fondo escuro, onde se atopan proxectados os obxectos astronómicos mais brillantes do hemisferio Norte e algúns do hemisferio Sur. Na parte máis externa desta peza, que ten forma circular, se sinalan os meses do ano co seus correspondentes días e as constelacións do zodíaco asociadas. Desde a parte central que está ocupada polo “polo celeste Norte” parten uns raios que se corresponden ás proxeccións dos círculos horarios, establecidos cada 15° sexagesimais de 0° a 360° , ou cada hora de tempo de 0^h a 24^h . Os círculos de declinación móstranse como tales, divididos de 15° en 15° , desde 90° ata -30° . Temos pois que o sistema de coordenadas utilizado é o de coordenadas ecuatoriais. Tamén aparecen indicadas a eclíptica, en forma de curva a trazos, a Vía Láctea, as constelacións e seus nomes, as estrelas coa nomenclatura de Bayer, ou no caso das mais luminosas co seu nome propio, e algúns obxectos do catálogo Messier.
- Unha parte móbil (Figura 16), de plástico opaco, que vira sobre a peza de cartón, cunha xanela transparente cuxa fronteira se corresponde coa proxección da liña do horizonte do lugar sobre o plano do ecuador. Nesta parte aparecen representados os 4 puntos cardinais, a liña meridiana, o zenit e as horas do reloxo que imos a utilizar.

1.3. Manexo

A aplicación máis básica do planisferio é a de coñecer que astros poden observarse nun día calquera a unha hora determinada, procedendo da seguinte forma:

1. Buscar a data, día do mes na parte externa da peza de cartón, e facela coincidir coa hora do momento da observación do reloxo incluído na peza móbil do planisferio. Ter en conta que este reloxo é de Tempo Universal, polo que haberá que facer as correspondentes transformacións de Tempo Oficial a Tempo Universal.

2. Orientarse, é dicir buscar a dirección Norte do noso lugar de observación (para os non iniciados unha bruxula pode servir como primeira axuda), e despois colocar o planisferio por enriba das nosas cabezas cos nomes dos 4 puntos cardinais apuntando ás súas respectivas direccións. Na ventá transparente aparecerán os astros que poden verse no ceo, nese intre, desde a nosa posición.
3. Realizar as primeiras identificacións como poden ser: o Polo Norte, o zenit, a constelación da Osa Maior, a liña meridiana, o ecuador.

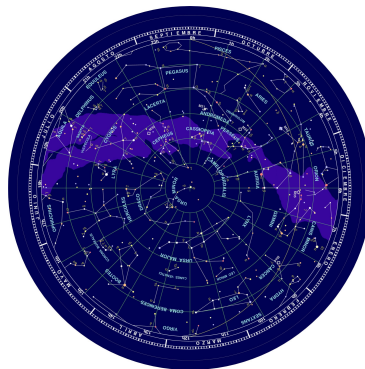


Figura 15: Parte fixa do planisferio

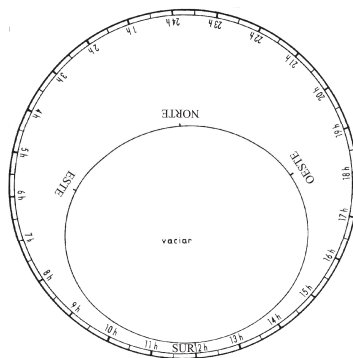


Figura 16: Parte móbil do planisferio

1.4. Exercicios

- Identificar as constelacións visibles.
- Recoñecer as estrelas que están no orto, na culminación e no ocaso nese momento.
- Indicar as coordenadas ecuatoriais absolutas das estrelas mais brillantes a esa hora.
- Determinar as estrelas circumpolares.
- Identificar a eclíptica
- Situar o Sol e indicar a súas coordenadas.

A realización práctica dos apartados 1.3 e 1.4 procurarase facer nun lugar onde a contaminación lumínica sexa a mínima posible.

2. Manexo dun telescopio altacimutal automatizado. (Duración 1.5 horas)

2.1. Tipos de monturas

Segundo cal sexa o sistema utilizado para introducir as coordenadas dos astros nos instrumentos astronómicos, existen dous tipos de monturas (Figura 17):

- *Montura altazimutal* ou horizontal, correspondente ao sistema de coordenadas horizontais. Os eixos en torno aos cales pode rotar o aparello son o vertical, en azimut, e o horizontal, en altura. Os instrumentos máis comúns neste tipo de montura son o teodolito, ou instrumento universal, e os telescopios altazimutais.
- *Montura ecuatorial*, baseada nos sistemas de coordenadas ecuatoriais. Os eixos de rotación neste caso son: o dirixido cara aos polos celestes, en ángulo horario ou ascensión recta, e o seu perpendicular no plano paralelo ao ecuador, en declinación. Esta clase de montaxe facilita que a imaxe dos obxectos poida permanecer moito tempo no ocular do instrumento. A maioría dos telescopios dedicados á fotografía astronómica utilizan esta montura.

2.2. Descrición do telescopio altazimutal automatizado

Ata hai pouco os telescopios portátiles, de tamaño medio, que se usaban para unha observación continuada dos astros, ben sexa con fins fotográficos ou de outra índole, eran normalmente instrumentos de montura ecuatorial. Xa que efectivamente mantendo fixa unha das coordenadas, a declinación, permite axustar nun solo eixo un dispositivo de seguimento síncrono co movemento diúrno, para poder seguir aos astros. Porén ten a desvantaxe de ser menos estable que a montura altazimutal.

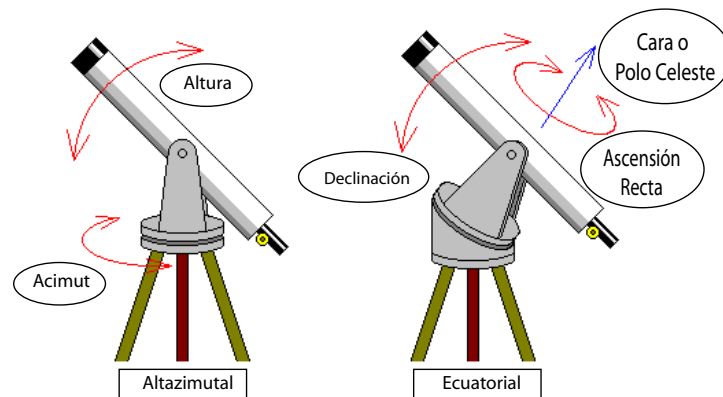


Figura 17: Tipos de montura

Recentemente os avances da electrónica e a computación permiten, grazas a o emprego de dous motores paso a paso, fabricar telescopios de montura altazimutal, de maior estabilidade, e coas mesmas prestacións que os de montura ecuatorial. Ademais a incorporación de sistemas de navegación GPS e de nivelación gravimétrica fan moi doado a posta en estación dos aparellos, ou sexa a súa nivelación e orientación, o cal é un paso previo de grande importancia, antes da súa utilización e que ata agora resultaba unha manobra latosa.



Figura 18: Telescopio altazimutal automatizado

Nesta práctica utilizarase un telescopio da marca MEADE modelo LX200GPS 10" (Figura 18) que ten as seguintes especificacións:

- Telescopio reflector tipo Schmidt-Cassegrain
- Espello primario de 10 pulgadas (254 mm)
- Distancia focal 2500 mm, relación focal f/10
- Montura altazimutal de horquilla,

30- UNIDADE DIDÁCTICA V. COORDENADAS ASTRONÓMICAS. MEDIDA DO TEMPO

- Control por ordenador mediante raqueta.
- Aumento máximo 650x
- Buscador de 8x50 mm
- Sistema de GPS (16 canais de recepción)
- Sensores de nivelación e de orientación
- Sistema de apuntado de alta precisión
- Base de datos que contén máis de 145.000 obxectos
- Funciona con corrente a 12V ou con 8 pilas tipo C-cell que lle dan unha autonomía de 20 horas.
- Nove niveis de velocidade para o movemento dos motores
- Material dos espellos Pyrex
- Peso do telescopio 42 kg
- Prezo aproximado 3.500,00 euros

2.3. Utilización do telescopio altazimutal automatizado

O alumnado, nos xardíns do observatorio, astronómico R. M. Aller montará o telescopio no trpode e despois manexará o instrumento de acordo cos seguintes pasos:

1. Bloquear as chaves de ascensión recta e declinación.
2. Conectar a raqueta no porto HBX.
3. Encender o interruptor do telescopio na posición ON.
4. Esperar a que a raqueta inicialize o Smart Drive para que funcionen os motores en ascensión recta (R.A) e declinación (Dec).
5. Ler a mensaxe de advertencia sobre a observación ao Sol. Ao finalizar pulsar a tecla "5" que se indica.
6. Pulsar ENTER cando apareza a frase "Automatic Alignment". O sistema comeza entón a desenvolver a súas rutinas .
 - a) Busca a posición de inicio. Unha vez atopada o sistema sabe as posicións límites do telescopio.
 - b) Nivel a base do instrumento. Para o cal fai medidas de gravimetría en tres puntos de compás, realizando cálculos xeométricos para a determinación dun plano.
 - c) Establece conexión co GPS Fix. O receptor LX200 GPS intenta adquirir e sincronizarse cos sinais dos satélites GPS. Cando aparece a frase "Getting GPS Fix" ten información da localización do lugar de observación, do día e da hora.
 - d) Sitúa o Norte. Primeiro busca o norte magnético, usando un sensor magnético, e despois calcula o verdadeiro utilizando o emprazamento do lugar de observación determinado polo GPS.
 - e) Aliñamento estelar: Elixe dúas estrelas para aliñarse. Aparece a frase "Searching.." Cando o telescopio se move cara á primeira estrela, pode que non apareza no campo, entón hai que atopala no buscador e centrala utilizando os botóns de movemento da raqueta. Unha vez feito prémese ENTER. Repítese o proceso coa segunda estrela.

Se todo acontece correctamente aparece na pantalla a frase "Alignment Successful". No caso contrario hai que comezar o proceso de novo.

7. Observar un obxecto usando a característica automática. Unha vez completada a alineación automática aparece na pantalla "Select Object"
8. Seleccionar un obxecto dos diversos menús. Por exemplo para elixir un elemento do Catalogo Messier pulsar a tecla "M", despois o número desexado, a continuación premer ENTER e logo GO TO. O telescopio apuntará directamente ao obxecto seleccionado e ademais na pantalla da raqueta visualízase información sobre o mesmo.
9. Seguir practicando con outros astros.

AVALIACIÓN

O proceso de avaliación da aprendizaxe do alumnado, para esta unidade didáctica, enmárcase dentro dos criterios xerais elixidos para valorar o seguemento da materia no seu conxunto e que se establecen do seguinte xeito:

- Terase en conta a asistencia e a participación activa do alumnado tanto nas clases expositivas como interactivas.
- A realización das prácticas no observatorio é obrigatoria para poder superar a materia.
- Os coñecementos adquiridos, nos diferentes tipos de docencia, valoraranse mediante un control, no que intervirán ademais dos contidos propios da presente unidade os das outras máis afíns, que xa se citaron no apartado de presentación. Este control constará dunha serie de preguntas curtas ou de tipo test, onde as respostas incorrectas poderán cualificarse negativamente, ademais dun problema tipo.
- Os contidos da unidade tamén formarán parte do exame final que terá un formato semellante ao dos controis.
- Valorarase a entrega voluntaria de traballos, exercicios complementarios e memorias de prácticas, do mesmo xeito que no resto do temario do programa, e que podería ter un peso de ata un 30 % da nota global.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, A.; J. A. DOCOBO e A. ELIPE (2002): *Curso de Astronomía*, Prensas Universitarias de Zaragoza.
- ALLER, R. M. (1957): *Introducción a la Astronomía*, C.S.I.C.
- ARRANZ, P. (2003): *Guía de campo de las constelaciones*, Equipo Sirius.
- GALADI, D. e G. GUTIERREZ (2001): *Astronomía general: teoría y práctica*, Omega.
- MARTINEZ, V. e outros (2005): *Astronomía Fundamental*, Univ. Valencia.
- PASACHOFF, J. M. (1991): *Astronomy: from the Earth to the Universe*, Saunders College.
- VORONTOSOV-VELIAMINOV, B. A. (1979): *Problemas y ejercicios prácticos de Astronomía*, Moscú Mir.

32- UNIDADE DIDÁCTICA V. COORDENADAS ASTRONÓMICAS. MEDIDA DO TEMPO



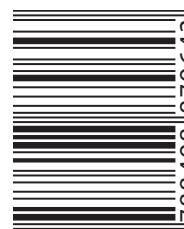
Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade



Impreso en papel 100% reciclado e libre de cloro



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN
LINGÜÍSTICA



9 788498 879643