

FIS02016 - Exercícios sobre Sistemas de Coordenadas  
e Passagem Meridiana  
Prof. Basílio X. Santiago

1) Se uma estrela nasce no céu de um observador exatamente no ponto cardeal leste, quais os valores de suas coordenadas horizontais neste instante? Será que toda estrela nasce exatamente neste ponto sobre o horizonte?

2) Alguém lhe diz que uma dada estrela está bem baixa no céu mais ou menos na direção NE (ou seja, entre os pontos cardiais norte e leste). Qual o domínio de valores de azimute possível para este objeto? E qual o domínio de valores de azimute de uma estrela cujo vertical está entre os pontos cardiais norte e oeste (ou seja, a NW)?

3) Qual o domínio de valores de azimute permitido para o Sol quando este está se pondo (ocaso)?

4) Qual a distância zenital  $z$  de uma estrela cuja altura é  $h = 20^\circ$ ? E se sua altura fosse de mesmo módulo, mas negativa, qual o valor de  $z$ ?

5) Seja uma estrela que em dado instante tem altura  $h = 30^\circ$  e azimute  $A = 130^\circ$ . Dali a alguns instantes, o que você pode esperar sobre a altura desta estrela? E se o azimute dela estivesse no domínio  $180^\circ < A < 360^\circ$ , o que esperar da altura em instantes posteriores?

6) Defina zênite, nadir e pólos norte e sul celestes. Defina também plano meridiano e linha meridiana local.

Desenhe um diagrama do plano meridiano de um observador, incluindo nele a posição do observador (O), a horizontal do observador, a linha meridiana local, o zênite (Z) e os pontos cardiais norte (N) e sul (S). Se este observador estiver em um ponto do Hemisfério Norte da Terra cuja latitude é  $\phi$ , indique a direção do pólo celeste visível pelo observador. Que pólo é este e qual o valor de suas coordenadas horizontais (altura  $h$  e azimute  $A$ )?

*Resposta:*

*Zênite: é um dos pontos de intersecção entre a vertical de um observador e a esfera celeste. Ou seja, é o resultado do prolongamento ad infinitum da vertical de um observador no sentido que vai do centro da Terra para o céu, passando pelo observador.*

*Nadir: é um dos pontos de intersecção entre a vertical de um observador e a esfera celeste. Ou seja, é o resultado do prolongamento ad infinitum da vertical de um observador no sentido que vai do céu para o centro da Terra, passando pelo observador.*

*Pólos celestes: são os dois pontos que resultam da intersecção entre o eixo de rotação da Terra e a esfera celeste. Ou seja, resultam do prolongamento ad infinitum do eixo de rotação da Terra. Se no sentido centro da Terra para o céu passando pelo pólo norte geográfico, temos o pólo norte celeste. No sentido oposto, temos o pólo sul celeste.*

*Plano meridiano: é o plano que contém os meridianos geográfico e astronômico do observador. Ou seja, o plano que contém o observador e os pólos geográficos (e celestes), incluindo também o zênite e o nadir.*

*Linha meridiana local: pode se referir ao meridiano geográfico ou ao meridiano astronômico. O primeiro é a linha que conecta os pólos geográficos norte e sul passando pelo observador. O segundo é a linha que conecta os pontos cardeais norte e sul, passando pelo zênite do observador.*

7) Seja o mapa do céu mostrado na figura 1. Nele vemos o céu de Porto Alegre (latitude  $\phi \simeq -30^\circ$  e longitude  $\lambda \simeq +51^\circ$ ) do dia 14 de março de 2011 às 18h37m57s horário local.

a) Procure encontrar no mapa o Equador celeste, que é o grande círculo que liga os pontos cardeais leste (E) e oeste (W). Identifique também a posição do Sol (Sun), exatamente sobre o horizonte, próximo ao ponto cardinal oeste. Agora identifique a eclíptica, que é o grande círculo que o Sol percorre ao longo do ano.

b) Tendo identificado no mapa o que foi pedido no item anterior, procure agora achar o ponto vernal (ou ponto  $\gamma$ ), que é a intersecção entre o Equador celeste e a eclíptica.

c) Agora localize as seguintes estrelas: Rigel ( $\beta$  Orionis), Capella ( $\alpha$  Aurigae) e Achernar ( $\alpha$  Eridani). Usando a grade de coordenadas equatoriais superposta ao mapa, e lembrando que o ponto  $\gamma$  é a origem da coordenada ascensão reta ( $\alpha$ ), estime os valores aproximados da ascensão reta  $\alpha$  e declinação  $\delta$  destas estrelas.

d) Localize a Lua (Moon) no céu e dê seus valores de coordenadas equatoriais. Dê também as coordenadas equatoriais do Sol.

e) Estime o valor de ângulo horário de todos os objetos dos dois itens anteriores. Lembre-se que o ângulo horário  $H$  é o ângulo entre o círculo horário do objetos e o meridiano astronômico e, contrariamente à ascensão reta, cresce para oeste.

8) Seja o mapa do céu mostrado na figura 2. Nele vemos o céu de Porto Alegre (latitude  $\phi \simeq -30^\circ$  e longitude  $\lambda \simeq +51^\circ$ ) do dia 17 de junho de 2011 às 23h00m00s horário local. É noite fechada, portanto, em Porto Alegre e, por conseguinte, o Sol está abaixo do horizonte.

a) Qual o sistema de coordenadas que está superposto ao mapa nesta figura?

b) Localize no mapa os pontos cardeais e também o Equador celeste. Localize também a eclíptica. Esta é a projeção na esfera celeste do plano orbital de Terra em torno do Sol. Ou seja, o Sol está sempre sobre a eclíptica. Na verdade, os outros objetos do sistema solar, como os planeta e a Lua também estão sempre próximos à eclíptica.

c) Localize agora os planetas Saturno e Netuno e dê os valores de suas coordenadas horizontais (altura  $h$  e azimute  $A$ ) no instante considerado.

d) Localize também as estrelas Altair, Arcturus, Spica e Fomalhaut e estime suas coordenadas horizontais.

e) Localize agora a estrela Antares ( $\alpha$  Scorpii). No instante mostrado ela está muito próxima do meridiano do observador, perto do zênite. Estime suas coordenadas horizontais.

f) Com base na posição do Equador celeste, e sabendo que este último está inclinado por uns  $30^\circ$  com relação à vertical (zênite), estime também o valor de declinação  $\delta$  de Antares.

g) Veja se você consegue construir uma relação entre a declinação  $\delta$  de uma estrela, sua altura  $h$  na passagem meridiana e a latitude  $\phi$  do observador.

9) Seja um observador situado no Hemisfério Sul da Terra e que observe as culminações inferior e superior de uma estrela circumpolar. Ele(a) obtém  $h_i = 20^\circ 12' 32.4''$  e  $A_i = 180^\circ$ , respectivamente, para a altura e azimute da culminação inferior. Para a culminação superior, ele(a) obtém  $h_s = 50^\circ 23' 08.2''$  e  $A_s = 180^\circ$ . Determine a latitude do observador.

10) Suponha que o observador do problema anterior tivesse obtido  $A_s = 0^\circ$  para o azimute da culminação superior da estrela em questão. Qual seria sua latitude nesse caso?

11) Um observador do Hemisfério Norte terrestre mede  $h_i = 10^\circ 42' 16.0''$ ,  $A_i = 0^\circ$ , respectivamente, para a altura e azimute da culminação inferior de uma estrela circumpolar. Para a culminação superior, ele obtém  $h_s = 70^\circ 50' 24.8''$  e  $A_s = 180^\circ$ . Determine sua latitude.

12) Seja um observador situado no Hemisfério Sul da Terra e que observe as culminações inferior e superior de uma estrela circumpolar. Ele(a) obtém  $h_i = 60^\circ 22' 05.9''$  e  $A_i = 180^\circ$ , respectivamente, para a altura e azimute da culminação inferior. Para a culminação superior, ele(a) obtém  $h_s = 70^\circ 33' 18.2''$  e  $A_s = 180^\circ$ . Qual a latitude do observador e em que hemisfério ele se situa?

Suponha agora que  $A_s = 0^\circ$  e que  $h_s$  seja o mesmo que antes. Dado que este observador está em terra firme, em que continente você sugere que ele(a) esteja?

13) Seja um observador que observe as culminações inferior e superior de uma estrela circumpolar. Ele(a) obtém  $h_i = 40^\circ 31' 44.8''$  e  $A_i = 180^\circ$ , respectivamente, para a altura e azimute da culminação inferior. Para a culminação superior, ele(a) obtém  $h_s = 60^\circ 29' 12.7''$  e  $A_s = 0^\circ$ . Em que Hemisfério ele(a) se situa? Determine a latitude do observador.

14) Qual a declinação de uma estrela que, no momento de sua passagem meridiana, tem  $h_s = 30^\circ 19' 16.7''$  e  $A_s = 180^\circ$  medidos por um observador a uma latitude  $\phi = 40^\circ 50' 28.0''$ ?

15) Determine a altura máxima no céu que o aglomerado globular  $\omega Cen$  (declinação  $\delta = -47^\circ 29'$ ) atinge quando observado do Observatório Interamericano de Cerro Tololo, Chile (latitude  $\phi = -30^\circ 10' 20.9''$ ).

16) Durante quanto tempo o alvo da questão anterior satisfará o critério  $z < 50^\circ$  (ou equivalentemente  $h > 40^\circ$ )?

17) Determine a altura máxima no céu que o aglomerado globular  $\omega Cen$  (declinação  $\delta = -47^\circ 29'$ ) atinge quando observado do Observatório de Kitt Peak, EUA (latitude  $\phi = +31^\circ 58' 48''$ ).

$$\text{Resp: } h_s = 90^\circ - \phi + \delta = 10^\circ 32' 12''$$

18) Durante quanto tempo o alvo da questão anterior satisfará o critério  $z < 50^\circ$  (ou equivalentemente  $h > 40^\circ$ )? Faça o mesmo cálculo para o critério  $z < 70^\circ$ .

*Resp: O aglomerado nunca satisfaz o critério desejado (ou seja, o intervalo é de  $\Delta H = 0h$ ), dado o resultado do problema anterior, no qual provamos que a altura máxima por ele atingida no sítio considerado é  $h_s = 10^\circ 32' 12''$ .*

19) Qual a latitude de um observador que observa a estrela Sirius passar pelo sua linha meridiana local a uma altura  $h_s = 50^\circ 54' 25.6''$  e azimute  $A_s = 180^\circ$ . Dados: Declinação de Sirius:  $\delta = -16^\circ 43' 24.6''$ .

20) Seja  $\delta$  a declinação de uma estrela,  $z_s$  sua distância zenital durante sua culminação superior tal como vista por um observador cuja latitude é  $\phi$ . Determine a relação entre  $\delta$ ,  $z_s$  e  $\phi$ . Lembre que  $z_s + h_s = 90^\circ$ . Considere tanto os casos de pontos no Hemisfério Norte da Terra, quanto de pontos no Hemisfério Sul.

21) Qual a latitude de um observador que observa a estrela Procyon ( $\alpha$  Cão Menor) passar pelo seu meridiano local a uma altura  $h_s = 48^\circ 56' 43''$  e azimute  $A_s = 0^\circ$ . Dados: Declinação de Procyon:  $\delta = 5^\circ 13' 30''$ .

22) Defina linha meridiana, equador celeste e eclíptica. Defina também passagem meridiana e descreva o movimento diurno aparente dos astros.

*Resposta:*

*Linha meridiana: é sinônimo de semi-meridiano superior ou meridiano astronômico. Trata-se do semi-círculo que conecta os pontos cardeais norte (N) e sul (S), passando pelo zênite do observador e pelo pólo celeste visível do observador.*

*Equador celeste: é a intersecção entre o plano do equador geográfico terrestre e a esfera celeste. Em outras palavras, é o grande círculo sobre o céu que resulta da projeção do equador da Terra no mesmo.*

*Eclíptica: é a intersecção entre o plano da órbita da Terra em torno do Sol e a esfera celeste. Em outras palavras, é o grande círculo sobre o céu que resulta da projeção da órbita da Terra sobre o mesmo.*

*Passagem meridiana: é o instante em que uma fonte astronômica está sobre o semi-meridiano superior de um observador. Neste instante, a altura da fonte no céu é máxima.*

*O movimento diurno faz com que qualquer estrela desenhe um círculo completo no céu paralelo ao equador celeste, ou seja, em torno dos pólos celestes. Em geral, este círculo está apenas parcialmente acima do horizonte de um observador. Se ele está totalmente acima do horizonte, a estrela é circumpolar; se ele está totalmente abaixo, a estrela é invisível.*

23) Seja a estrela Canopus ( $\alpha$  Carena), de declinação  $\delta = -52^\circ 42' 08''$ . Qual o domínio de latitudes  $\phi$  para as quais Canopus é circumpolar? E qual o domínio de latitudes  $\phi$  para as quais Canopus é invisível?

24) Seja a mesma estrela do problema anterior. Qual a latitude de um observador que a observa passar pelo seu meridiano local a uma altura  $h_s = 35^\circ 04' 22''$  e azimute  $A_s = 180^\circ$ ?

25) Considere a tabela em anexo que, entre outras coisas, contém as coordenadas equatoriais das 25 estrelas mais brilhantes do céu. Quais destas estrelas são circumpolares para um observador situado em um ponto da Terra de latitude  $\phi = 40^\circ$  (Nova Iorque, Madrid)? Quais delas nunca nascem?

26) Seja agora um observador em Porto Alegre ( $\phi = -30^\circ$ ). Quais das estrelas da tabela usada no problema anterior são circumpolares? Quais são invisíveis?

27) Seja um observador a uma latitude  $\phi = +35^\circ$ . Quais das seguintes estrelas serão circumpolares para este observador? Quais serão invisíveis? A:  $\delta_A = 40^\circ$ ; B:  $\delta_B = -80^\circ$ ; C:  $\delta_C = -50^\circ$ ; D:  $\delta_D = 75^\circ$ .

28) Seja um observador no Pólo Norte da Terra. Derive a condição para uma estrela ser circumpolar para este observador. Derive a condição para uma estrela não nascer nunca (ser invisível). Comente o resultado.

Faça agora o mesmo para um observador no Pólo Sul.

29) Seja um observador situado sobre o Equador da Terra. Quais as condições de circumpolaridade e invisibilidade de uma estrela para este observador? Comente os resultados.

30) Você foi capturado(a) por uma gangue de bandidos interplanetários e abandonado(a) em um planeta desconhecido. Na sua primeira noite estrelada no planeta você observa, pelo movimento aparente das estrelas, que a direção do eixo de rotação do planeta faz um ângulo de  $50^\circ$  com a horizontal.

Qual a sua latitude ( $\phi$ ) no planeta? *Resp:  $\phi = 50^\circ$ .*

A vida segue e você observa, usando seu relógio de pulso, que o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do Sol deste planeta pelo seu meridiano local é de 28h12m. Você observa também que o intervalo entre duas passagens meridianas sucessivas de uma estrela brilhante qualquer é de 28h02m.

Que nome você daria a estes intervalos de tempo? *Resp: dia solar e dia sideral, respectivamente.*

Qual a duração do ano sideral deste planeta? Expresse sua resposta em **dias solares terrestres**. (Dados: 28h12m = 1.1750 dias solares terrestres. 28h02m = 1.1681 dias solares terrestres.)

*Resposta: 1ano = 1 / (1.1750-1.1681) = 145 dias solares terrestres*

31) Os anos planetários se passam e você continua no planeta para onde foi levado(a). Você observa que, a cada ano sideral planetário, o Sol do planeta atinge uma distância zenital mínima de  $10^\circ$ . Isso se dá sempre durante a passagem meridiana em um único dia do ano planetário.

Determine a declinação do seu Sol neste dia. Use a mesma definição de declinação que você usaria na Terra.

*Resposta:  $\delta = h_{max} - 90 + \phi = 80 - 90 + 50 = 40^\circ$*

Qual o valor da obliquidade da eclíptica deste planeta?

*Resposta: ora, essa altura máxima ocorre no solstício de verão do observador. Neste dia, a declinação do Sol é igual à obliquidade da eclíptica*

Qual a diferença entre sua latitude ( $\phi$ ) e a latitude do trópico localizado no seu hemisfério planetário ( $\phi_{tr}$ )?

*Resposta: a latitude do trópico é igual à obliquidade de eclíptica. Neste caso,  $\phi_{tr} = 40^\circ$ . A diferença com relação à latitude do observador é  $\Delta\phi = 10^\circ$ , portanto.*

Que denominação você dá a este dia em que o Sol está mais próximo do seu zênite?

*Resposta: conforme já mencionado, trata-se do solstício de verão*

32) Após 100 anos siderais planetários vivendo em seu novo lar planetário, você observa que a posição do pólo celeste visível de sua latitude mudou com relação às estrelas.

Como você explica este fato?

O pólo celeste visível descreveu nestes 100 anos planetários um arco circular centrado em um ponto P da esfera celeste, tal como indicado no diagrama abaixo. O ângulo compreendido por este arco e com vértice em P é de  $10^\circ$ .

Em quanto tempo o pólo celeste visível retornará ao ponto em que estava quando você chegou ao planeta? Expresse este intervalo de tempo na unidade que você desejar.

Qual a diferença de duração do ano sideral e do ano trópico deste planeta? Novamente, expresse-a na unidade que lhe convier.

33) A altura máxima que o Sol atinge ao longo do ano quando visto de uma dado ponto sobre a Terra é de  $60^\circ$ . Em que dia do ano isso ocorre e qual o valor da latitude deste ponto (desconsidere o sinal da latitude)?

*Resposta: O Sol atinge o seu máximo anual de altura ao fazer a culminação superior no dia do solstício de verão de um observador. Para o hemisfério sul geográfico isso corresponde ao dia 21/12 ou 22/12. Para o hemisfério norte, o solstício de verão é em torno de 21/6.*

*Neste dia, a declinação do Sol é de  $\delta = 23.5^\circ$  no mesmo hemisfério do observador (ou seja,  $\delta = -23.5^\circ$  se o sujeito está no hemisfério sul geográfico. Necessariamente, por se tratar de altura máxima, o Sol está entre o equador celeste e o zênite neste dia e hora. A altura do equador celeste é  $90 - \phi$ . Então, para saber a latitude do observador devemos subtrair o valor absoluto da declinação do valor de  $h_{max}$  e tirar o complemento do resultado (também em valor absoluto):  $\phi = 90 - (h_{max} - \delta) = 90 - 60^\circ + 23.5^\circ = 53.5^\circ$ .*