Aulas - FIS02016

basilio.santiago

March 2020

1 Sistemas de Tempo

Hora solar verdadeira: $V = H_\odot + 12h$

Sol médio é uma objeto fictício obrigado a percorrer o equador celeste a uma velocidade angular constante

Hora solar média: $M = H_M + 12h$

Hora legal (do relógio): HL é o ângulo horário do Sol médio, acrescido de 12h, medido a partir do meridiano central do nosso fuso horário.

$$HL - M_\lambda = \lambda - \lambda_c$$

Para Porto Alegre: $\lambda \simeq 51^o = 3h24^m$; $\lambda_c = 45^o = 3h$

$$HL - M_{PoA} = 24m$$

$$M_{PoA} = HL - 24m$$

A diferença de posição no céu entre o Sol médio e o Sol verdadeiro é a equação do tempo:

$$\epsilon = \alpha_M - \alpha_V$$

A eq. do tempo é uma efeméride, tabelada e encontrada na internet.

Hora sideral: É o ângulo horário do ponto vernal

$$S = H_\gamma$$

Conversão de graus para horas e vice-versa

$1^o = 1/15\ h$; $1' = 1/15\ m$; $1" = 1/15\ s$

Exemplo: converter $51^o13'48"$ em $hh : mm : ss$. Melhor converter para graus decimais primeiro. Depois dividimos por 15 e aí convertemos de volta para sexagesimal:

$$51^o13'48" = 51^o + \frac{13'}{60'/grau} + \frac{48"}{3600"/grau} =$$

$$= 51^o + 0.21667^o + 0.01333^o$$

$$= 51,23000^o = \frac{51.23^o}{15^o/h} = 3.41533\ h$$

$$= 3h + (0.41533 \times 60)m = 3h + 24.92m$$

$$= 3h + 24m + (0.92 \times 60)s = 03h24m55s$$

2 Dia Solar, Dia sideral, Ano sideral, Ano Trópico

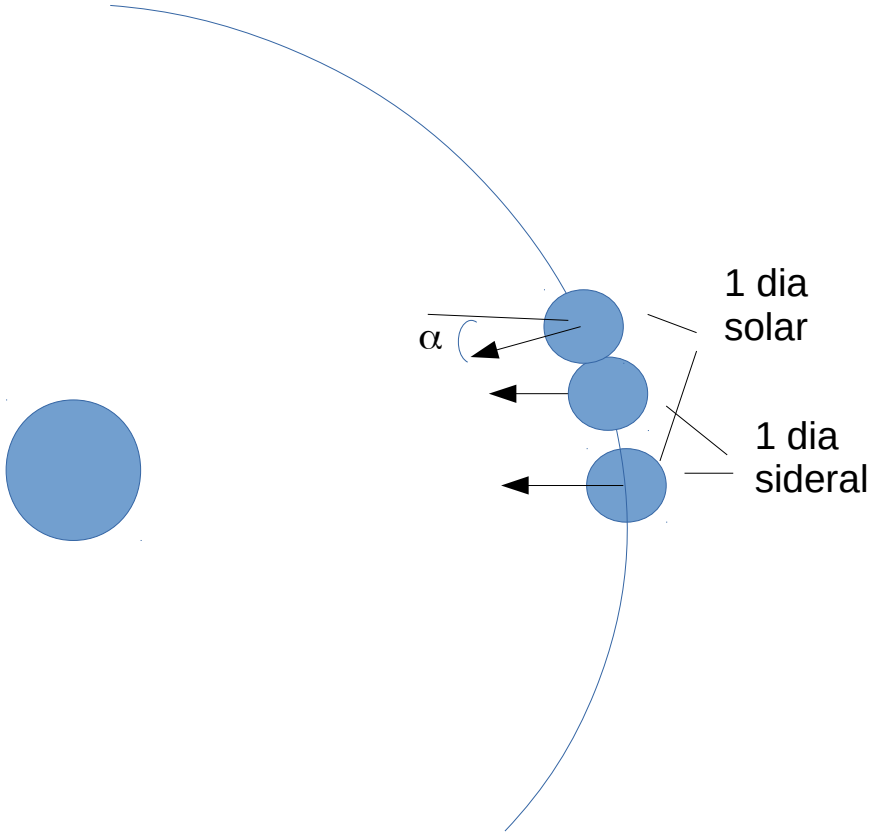
Dia Solar Médio: intervalo entre duas culminações superiores sucessivas do Sol Médio em um dado meridiano. 1 DSol = 24h solares médias.

Dia sideral: intervalo entre duas culminações superiores sucessivas do ponto γ (Ponto Vernal) em um dado meridiano. 1 Dsid= 24h siderais = 23h56m04s solares médias.

A Figura anexa mostra a Terra (círculo menor) em três posições ao longo de sua órbita em torno do Sol (círculo maior à esquerda). A figura não respeita as escalas de tamanho dos objetos e da órbita. Mas isso não é relevante para o que desejamos mostrar.

A seta indica a orientação no espaço de um dado meridiano sobre a Terra. Entre as duas primeiras posições mostradas, o meridiano varreu 360° devido à rotação da Terra, voltando então a apontar na mesma direção do espaço. Ou seja, decorreu-se um dia sideral.

Entre a primeira e a terceira posições mostradas,


α
1 dia
solar
1 dia
sideral

o meridiano voltou a apontar para a direção do Sol. Ou seja, decorreu-se um dia solar. Sendo que a direção ao Sol no espaço mudou por um ângulo α devido ao movimento orbital terrestre. A Terra teve então que girar $360^o + \alpha$ entre a primeira e a terceira posições.

Assim podemos construir duas regras de 3:

$$\frac{1\ DSid}{360^o} = \frac{1\ Dsol}{360^o + \alpha}$$

$$\frac{1\ ano}{360^o} = \frac{1\ Dsol}{\alpha}$$

Se aproximarmos 1 ano = 365.25 Dsol (ver discussão sobre calendários), sabemos o valor de α: $\alpha = 360^o/365.25 Dsol = 0,986^o/Dsol$

Além disso, da regra de três envolvendo os dias solar e sideral, podemos ver que

$$1\ DSol = (1 + \frac{\alpha}{360^o})\ Dsid = (1 + 0.0027378)$$

$$1\ DSol = 1.0027378\ DSid$$

$$1\, ano = 365.25\, DSol = 365.25 \times 1.0027378\, DSid = 366.25\, DSid$$

Ou seja, a duração do ano corresponde a 366.25 rotações completas da Terra em torno do seu eixo, já que uma rotação completa ocorre num dia sideral.

Mas o que exatamente representa um ano?

Ano sideral = intervalo de tempo entre duas conjunções sucessivas do Sol com uma mesma direção no espaço, que pode ser materializada como uma estrela sobre a eclíptica. 1 ASid = 365.256363004 DSol

Ano Trópico = intervalo de tempo entre duas conjunções sucessivas do Sol com o ponto vernal. Em outras palavras, é o intervalo entre dois equinócios de Março. O ponto vernal se move lentamente ao longo da eclíptica por causa da precessão luni-solar, que atua sobre o eixo rotacional da Terra, mudando sua direção no espaço, e portanto, mudando também a orientação do plano equatorial. 1 ATrop = 365.242190402 DSol. Uns 20 minutos mais curto, portanto, do que o ano sideral.

Os calendários, pela necessidade de manterem-se sintonizados com as estações do ano, acompanham a sucessão dos Anos Trópicos.

3 Calendários

O calendário é um conjunto de regras para a contagem do tempo, usando as unidades naturais de tempo, como dia, mês e ano. Existem vários calendários usados no presente. O calendário ocidental, em que o ano tem 365 ou 366 dias (este último, o ano bisexto, ocorre em geral de quatro em quatro anos, como veremos) não é usado em grande parte do Oriente Médio, por exemplo. Há ainda o calendário chinês, o judaico, etc.

Os calendários também evoluem com o tempo. O Calendário Juliano começou a ser adotado na época do imperador romano Julio Cesar. O calendário Juliano é justamente aquele que invariavelmente atribui 365 dias a cada três anos, seguido de um ano bisexto. Mas em 1582 começou a ser adotado na Europa o Calendário Gregoriano, em homenagem ao Papa Gregório XIII, que o introduziu. A evolução do calendário do Juliano para o Gregoriano se deve ao aumento da precisão com que conhecemos o ano.

Calendário Juliano: 1 ano = 365,25 dias = 365 + 1/4 dias

Calendário Gregoriano: 1 ano = 365,2425 dias

= 365 + 1/4 -1/100 + 1/400

Então, pela nova regra, os anos múltiplos de 100 deixaram de ser bisextos desde que não fossem múltiplos de 400. Ou seja, 1700, 1800 e 1900 não foram bisextos por essa nova regra, mas 1600 e 2000 o foram.

O ano trópico na verdade tem 365,2422 dias. Então ainda se faz necessário adicionar mais uma fração:

1 ano trópico = 365 + 1/4 - 1/100 + 1/400 - 1/3300

Logo, quantos dias o ano 3300 terá?

Resposta: 3300 A.D terá 364 dias solares médios.

4 Exercícios

Exercício 2 da Lista 2

A diferença entre a hora solar média local (M) e a hora legal (HL) é igual à diferença de longitude entre o meridiano central do fuso horário e o local considerado:

$$M - HL = \lambda_c - \lambda$$

Todas as cidades mencionadas compartilham do fuso $F = -3h$ com relação ao meridiano de Green-

wich, de forma que o meridiano central desse fuso tem longitude $\lambda_c = 45^oW = 3h$

a) Recife

$$M - HL = 45^o - 34^o52'51" = 10^o07'09" = 0h40m29s$$

b) Belo Horizonte

$$M - HL = 45^o - 43^o57'21'' = 01^o02'39'' = 0h04m10s$$

c) Porto Alegre

$$M - HL = 45^o - 51^o13'48'' = -06^o13'48'' = -0h24m55s$$

Exercício 2A

Determine a hora legal em que o Sol faz sua culminação superior nas cidades listadas no problema anterior no dia 15/7. Neste dia a equação do tempo é $\epsilon = H_V - H_M = -5m58s$

$$HL = M - \Delta\lambda$$

onde $\Delta\lambda$ é a diferença de longitude calculada na questão acima. Além disso, temos que lembrar que a equação do tempo é

$$\epsilon = H_V - H_M = H_V + 12h - H_M - 12h = V - M$$

Logo

$$HL = V - \epsilon - \Delta\lambda$$

Como estamos interessados no instante em que o Sol está sobre o meridiano (culminação superior), $H_V = 0h \quad \rightarrow \quad V = 12h$. Logo temos

$$HL = 12h - \epsilon - \Delta\lambda$$

a) Recife

$$HL = 12h + 5m58s - 0h40m29s = 11h25m29s$$

b) Belo Horizonte

$$HL = 12h05m58s - 0h04m10s = 12h01m48s$$

c) Porto Alegre

$$HL = 12h05m58s + 0h24m55s = 12h30m53s$$

Exercício 2B

Determine a hora sideral num instante em que a hora solar verdadeira é $V = 04^h11^m31^s$ e a ascensão reta do Sol é $\alpha_\odot = 13^h56^m23^s$. Expresse a hora sideral em horas, minutos e segundos.

A hora sideral S é igual ao ângulo horário do ponto vernal (ponto γ):

$$S = H_\gamma$$

Mas como esse ponto é a origem da ascensão reta α, temos

$$S = H_* + \alpha_*$$

A expressão acima vale para o Sol também:

$$S = H_V + \alpha_V = V - 12h + \alpha_V =$$

$$= 04^h 11^m 31^s - 12h + 13^h 56^m 23^s = 06h07m54s$$

Exercício 2C

Seja a estrela Arcturus ($\alpha\ Bootes$), de ascensão reta $\alpha = 14h15m40s$. Determine a ascensão reta do Sol médio no dia do ano em que essa estrela faz sua culminação superior às $HL = 5h00m00s$ de hora legal na cidade de Porto Alegre, $\lambda = +51^o13'48''$. Exprimir a resposta em horas, minutos e segundos.

Na culminação superior, o ângulo horário de Arcturus será $H_* = 0h$. Logo, a hora sideral S será

$$S = H_* + \alpha_* = \alpha_*$$

Mas podemos escrever uma expressão semelhante para a hora sideral envolvendo o Sol Médio:

$$S = H_M + \alpha_M = M - 12h + \alpha_M$$

A incógnita a ser determinada no problema é a ascensão reta do Sol Médio, α_M:

$$\alpha_M = S - M + 12h = \alpha_* - M + 12h$$

Falta substituir a hora solar média M pela hora legal, usando

$$M = HL + \lambda_c - \lambda$$

Logo:

$$\alpha_M = \alpha_* - HL + \lambda - \lambda_c + 12h =$$

$$= 14h15m40s - 05h00m00s + 51^o13'48'' - 45^o00'00" + 12h$$

$$= 21h15m40s + 0h24m49s = 21h40m29s$$