

Instruções Gerais

1. Cada aluno deve enviar um arquivo único por lista no formato PDF pelo Classroom da seletiva;
2. A lista é composta por 6 problemas, todos com o mesmo peso
3. Antes de enviar o arquivo, verifique se a sua solução está **legível**;
4. Caso opte por deixar uma questão em branco, essa informação deve ficar explícita (coloque "Pulei a questão X" na resolução da questão X+1);
5. O título do arquivo deverá seguir a formatação: " 'Nº aluno' - Lista 2". Por exemplo, se seu número é 19, envie o arquivo com título "19 - Lista 2".
6. As soluções de duas ou mais questões não podem estar em uma mesma página;
7. No canto superior esquerdo das páginas informe: "Nº aluno - Q(Nº questão) ". Por exemplo, "19 - Q1", e no canto inferior direito informe o número da página, por exemplo, "p.1";
8. Use apenas dados presentes nos enunciados e na tabela de constantes para a resolução das questões, a não ser que a questão peça o contrário.
9. A lista é totalmente individual.

Prazo: 25/05/2021 - 23h 59min

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

Tabela de Constantes

Massa ($M_{\oplus}$)	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	Terra
Raio ($R_{\oplus}$)	$6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$	
Aceleração da gravidade superficial ($g_{\oplus}$)	$9,8 \text{ m/s}^2$	
Obliquidade da Eclíptica	$23^{\circ}27'$	
Ano Tropical	365,2422 dias solares médios	
Ano Sideral	365,2564 dias solares médios	
Albedo	0,39	
Dia sideral	$23h \ 56min \ 04s$	
Massa	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$	Lua
Raio	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$	
Distância média à Terra	$3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$	
Inclinação Orbital com relação à Eclíptica	$5,14^{\circ}$	
Albedo	0,14	
Magnitude aparente (lua cheia média)	$-12,74 \text{ mag}$	
Massa ($M_{\odot}$)	$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	Sol
Raio ($R_{\odot}$)	$6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$	
Luminosidade ($L_{\odot}$)	$3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}$	
Magnitude Absoluta ($\mathcal{M}_{\odot}$)	$4,83 \text{ mag}$	
Magnitude Aparente ($m_{\odot}$)	$-26,7 \text{ mag}$	
Diâmetro Angular	$32'$	
Velocidade de Rotação na Galáxia	220 km s^{-1}	
Distância ao Centro Galático	$8,5 \text{ kpc}$	
Diâmetro da pupila humana	6 mm	Distâncias e tamanhos
Magnitude limite do olho humano nu	$+6 \text{ mag}$	
Raio da Via Láctea (R_{VL})	$16,2 \text{ kpc}$	
1 UA	$1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$	
1 pc	206.265 UA	
Constante Gravitacional (G)	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$	Constantes Físicas
Constante Universal dos Gases (R)	$8,314 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	
Constante de Planck (h)	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	
Constante de Boltzmann (k_B)	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-2}$	
Constante de Stefan-Boltzmann (σ)	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$	
Constante de Hubble (H_0)	$67,8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$	
Velocidade da luz no vácuo (c)	$3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	
Massa do Próton	$938,27 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$	
$\lambda_{H\alpha}$ medido em laboratório	656 nm	

Problemas

1. **Lua e Aldebaran** Em fevereiro de 2015, a Lua começou um ciclo de ocultações mensais de Aldebaran (α Tau). Ou seja, todo mês a Lua passava na frente de Aldebaran para um observador na Terra. Vale ressaltar que essas ocultações não ocorriam necessariamente para observadores na mesma posição todo mês. Calcule a data (mês e ano) do fim desse ciclo de ocultações mensais.

Considere que a órbita da Lua é circular

Dados:

- Latitude eclíptica de Aldebaran = $-5,47^\circ$
- Período de precessão nodal da Lua = 18,6 anos

2. **Distância angular** Calcule o ângulo $\angle 132$ do triângulo esférico formado pelas estrelas 1, 2 e 3.

Coordenadas		
1	2	3
Sistema eclíptico	Sistema equatorial	Sistema azimutal
$\ell = 92^\circ 15'$	$\alpha = 6^h 22^m$	$A = 152^\circ 48'$
$b = 50^\circ 00'$	$\delta = 47^\circ 32'$	$z = 17^\circ 52'$

A estrela 3 é vista de um local com latitude $\phi = 53^\circ 36'$ e tempo sideral $T = 5^h 00^m 0^s$. Considere que o azimute cresce no sentido horário a partir do ponto cardeal Norte.

Legenda:

ℓ : longitude eclíptica

b : latitude eclíptica

α : ascensão reta

δ : declinação

A : azimute

z : distância zenital

3. **Grande Conjunção** Num futuro distante, o Sistema Solar foi completamente transformado: as órbitas dos planetas possuem agora novas inclinações orbitais e a vida já é possível em alguns deles. Um dos fenômenos astronômicos mais importantes deste sistema é a Grande Conjunção, conjunção de Júpiter e Saturno observada a partir do Sol(ou seja, os 2 planetas possuem a mesma longitude eclíptica). O grandioso astrônomo Shoji observa uma destas conjunções e fica muito empolgado, pois descobre que na próxima vez que esse fenômeno ocorrer o eixo de rotação de Saturno se encontrará coplanar ao eixo Norte-Sul do Sol, e será "verão" no hemisfério Sul do planeta. Assim, ele decide juntar o máximo de informações possíveis sobre tal evento, porém ele percebe que não terá tempo o suficiente de calcular tudo. Assim, ajude Shoji e descubra quais as declinações do Sol e de Júpiter para um observador em Saturno quando este evento ocorrer novamente, sabendo que a longitude eclíptica dos planetas na conjunção mais recente era de 19° . Considere que o eixo de rotação de Saturno possui uma inclinação de $\epsilon = 27^\circ$ em relação a seu plano de translação, que as inclinações orbitais de Júpiter e Saturno são $i_J = 15,3^\circ$ e $i_S = 22,7^\circ$, os raios de suas órbitas $D_J = 5,2$ UA e $D_S = 9,6$ UA, e que as longitudes dos nodos ascendentes de ambos são $\Omega = 105^\circ$.

Considere todas as órbitas circulares.

4. **JuvSat** Após longos anos de trabalho, Juvelhinho muda-se para Lagos ($\varphi = 6,52^\circ N$), na Nigéria, com o intuito de aproveitar sua aposentadoria. No entanto, não demora muito para que ele sinta falta de seus experimentos astronômicos e decide lançar um satélite, o JuvSat. O cientista opta por uma órbita circular de período T igual ao de rotação da Terra, com inclinação $\epsilon = 30^\circ$ em relação ao Equador. O lançamento foi planejado de tal modo que o nodo ascendente da órbita se encontre na direção do ponto vernal. Além disso, no momento em que o satélite passa pelo

nodo ascendente, encontra-se sobre o meridiano local de Juvelinho. Para os itens que seguem, deixe suas respostas em função das variáveis anteriormente apresentadas, isto é, apenas substitua o valor numérico quando explicitamente solicitado.

- (1 ponto)** Determine as coordenadas equatoriais geocêntricas (α_g, δ_g) do satélite em função do tempo. Considere $t = 0$ o instante de passagem pelo nodo ascendente.
- (3 pontos)** Com base na expressão anterior, indique quantas vezes o satélite passa sobre o meridiano local do observador ao percorrer a órbita completa.

Ainda entediado, Juvelinho resolve lançar seu segundo satélite, o JuvSat2, mantendo todas as condições da órbita do JuvSat, exceto pelo período, que passa a ser $T' = T/8$.

- (4 pontos)** Calcule as coordenadas de declinação e ascensão reta aparentes (α_a, δ_a) do JuvSat2, quando medidas por Juvelinho, ou seja, em seu referencial em Lagos, em função do tempo. Considere, novamente, $t = 0$ como o instante de passagem do satélite pelo nodo ascendente. Restrinja a análise ao domínio de tempo $[0, T'/4]$ (isto é, $[0, T/32]$).
- (2 pontos)** Usando as expressões do item anterior, obtenha os valores numéricos das coordenadas aparentes do JuvSat-2 para $t = T'/8$. Nesse instante de tempo, Juvelinho avista o satélite angularmente mais próximo de qual das estrelas da tabela abaixo?

Desconsidere os efeitos de altitude da cidade de Lagos.

Estrela	Ascensão Reta	Declinação
α And	00h09m31s	+29°12'37"
α Tau	4h37m10s	+16°33'07"
α Ari	2h08m24s	+23°33'54"
α Cet	03h03m25s	+4°10'27"
β Cet	00h44m41s	-17°52'3"

5. **Nascer do Sol** Miguel vive em uma ilha isolada no oceano pacífico sul, em uma longitude $\lambda = 176^\circ 09' 37,7'' W$. Ao longo do ano, o local onde o Sol nasce visto por Miguel varia $\Delta A = 67^\circ 38'$ no horizonte. Para os dois primeiros itens, desconsidere a refração atmosférica. Com essas informações, descubra:

- A latitude ϕ e o nome da ilha. (Consulte o Google Earth ou software similar)
- O intervalo de horários em que o Sol nasce na ilha, dado o fuso horário peculiar $UT + 12^3/4$.
- Considerando a refração atmosférica, o tamanho do intervalo do item anterior iria diminuir, aumentar ou se manter constante?

6. Carta Celeste

Parte A Traçando o Analema

Shelldon, grande astrônomo e engenheiro contemporâneo, estava fazendo uma avaliação de sistemas ópticos. Subitamente, durante a checagem de qualidade dos equipamentos, um espelho primário de 8,2 m de diâmetro caiu em sua cabeça, fazendo com que ele perdesse a memória. Agora, o pesquisador não sabia sua localização, época do ano e sobrenome – em mãos, ele possuía apenas um astrolábio e uma carta celeste do local, que projetava um momento de hora solar média $H_{\odot \text{ médio}}$.

No verso de sua carta celeste, havia uma tabela com as coordenadas horizontais do Sol para cada mês do ano, visto por um observador naquela mesma localização. A única informação que Shelldon sabe é que ele está observando o céu de algum desses meses.

Data	Azimute	Altura
21 de Janeiro	+82°52'04"	+72°35'13"
21 de Fevereiro	+58°10'41"	+67°56'28"
21 de Março	+38°01'51"	+61°07'48"
21 de Abril	+0°20'04"	+54°56'43"
21 de Maio	+359°35'05"	+46°42'53"
21 de Junho	+1°16'53"	+43°35'34"
21 de Julho	+2°56'25"	+46°39'27"
21 de Agosto	+2°13'19"	+55°08'15"
21 de Setembro	+31°39'10"	+63°01'34"
21 de Outubro	+44°43'57"	+73°35'54"
21 de Novembro	+77°41'06"	+78°26'49"
21 de Dezembro	+76°07'24"	+76°07'24"

Utilizando a tabela e a carta celeste da página seguinte, resolva os itens a seguir

- (A.1) Marque as posições do Sol na carta e trace a caminho que ele percorre durante o ano. A figura formada é conhecida como “analema”.
- (A.2) Marque as posições do analema que indicam solstícios e equinócios. Em sua marcação, deixe claro qual o solstício (verão/inverno) e qual o equinócio (outono/primavera).
- (A.3) Estime a latitude do local de observação.

Parte B Que dia é hoje?

- (B.1) Na carta abaixo, trace a linha do equador (Eq) e a linha da eclíptica (EC).
- (B.2) Das informações no texto de apoio e da carta celeste, estime o mês de observação do céu acima.

Ao conferir em seu astrolábio, Sheldon chegou à conclusão que essa carta mostrava o céu do dia que ele estava observando.

- (B.3) Nesse caso, estime a declinação do Sol para essa data.

