



PROVA PRESENCIAL – TEÓRICA P1
SELEÇÃO DAS EQUIPES BRASILEIRAS PARA
XIV IOAA e XII OLAA de 2020

Nota Final _____

Escreva aqui a sua identificação:

Instruções

1. Escreva o número da sua identificação em TODAS as folhas de respostas;
2. A duração da prova é de **4 (quatro) horas**;
3. Essa prova vale **10 pontos** e tem **peso 3** para a média final;
4. A soma dos valores de todos os itens é igual a 130, o que significa que a nota da prova será igual 1/13 da soma dos pontos obtidos pelo estudante;
5. A prova é individual e sem consultas;
6. O uso de calculadoras é permitido, desde que não sejam programáveis/gráficas;
7. Não é permitido o uso de celulares ou similares, nem calculadoras de celulares;
8. Uma tabela de constantes com informações relevantes para a Prova Teórica está disponibilizada. Não a rabisque, pois ela poderá ser reutilizada;
9. Todo o desenvolvimento, cálculos e respostas das questões devem ser feitos nas folhas de respostas. Se necessário, use o verso da folha de resposta para o cálculo;
10. Folhas de rascunho serão disponibilizadas e devem ser entregues junto com o caderno de questões e as folhas de respostas;
11. Os cálculos na solução de cada questão são obrigatórios! Eles podem ser feitos a lápis, mas a resposta final deverá ser a caneta. Escreva suas respostas nos locais apropriados para cada questão nas folhas de respostas. As respostas, ainda que corretas, sem o desenvolvimento não serão pontuadas;
12. Ao final da prova devolva o caderno de questões, as folhas de respostas e as folhas de rascunho.

1) Complete as afirmativas abaixo na folha de respostas:

- a) O dia sideral é medido em relação ao/às _____.
- b) O mês sideral possui aproximadamente ____ dias.
- c) Galileu descobriu através de observações telescópicas ____ luas que orbitam Júpiter. Ele também descobriu que o planeta _____ possui diferentes fases.
- d) A teoria mais aceita atualmente para a formação da nossa Lua é de que um objeto de tamanho aproximadamente igual ao planeta _____ colidiu com a Terra e deste modo criou nosso satélite natural.
- e) No Sistema Solar ____ planetas possuem anéis.
- f) O céu é dividido em _____ constelações reconhecidas pela União Astronômica Internacional.
- g) Existem 7 principais tipos espectrais de estrelas, sendo eles em ordem decrescente de temperatura: __, __, __, __, __, __, __.
- h) Telescópios que usam apenas lentes em sua óptica são chamados de _____.
- i) A magnitude aparente da estrela Vega (α Lyr) é ____.
- j) O astro mais brilhante no céu da Terra, depois do Sol é o/a _____.
- k) O _____ é o elemento químico encontrado em maior abundância nas estrelas.
- l) A distância média da Terra ao Sol é conhecida por _____.
- m) A Coroa Solar possui uma temperatura muito mais _____ do que a temperatura da superfície visível do Sol.

2) Há cerca de 250 milhões de estrelas na galáxia elíptica M32 (uma galáxia satélite de M31, a grande galáxia espiral de Andrômeda). A magnitude aparente de M32 é $m = +8,2$.

Em primeira aproximação, vamos supor que as luminosidades de todas as estrelas sejam iguais.

- a) Qual a magnitude aparente de uma estrela, isoladamente, de M32?
- b) Se supusermos que todas as estrelas são semelhantes ao Sol, a que distância, em anos-luz, está M32 de nós? Desconsidere a extinção interestelar.

3) O Telescópio Espacial Hubble orbita a Terra a uma altura de cerca de 400 km, em relação à sua superfície. Seu sistema óptico tem uma resolução angular $\alpha = 0,05''$ (segundo de arco).

Com estas informações, responda:

- a) Qual é a dimensão linear **S** do menor objeto que pode ser visto por ele na superfície da Lua? Dê sua resposta em metros.
- b) É possível, com o Telescópio Espacial Hubble, enxergarmos o *Lunar Roving Vehicle* (ou jipe lunar) deixado na superfície da Lua pela missão Apolo 15?

Considere que o veículo tem 3,1 m de comprimento e 2,3 m de largura. Justifique sua resposta.

Dados: distância média Terra-Lua $d_{TL} = 3,84 \times 10^5$ km

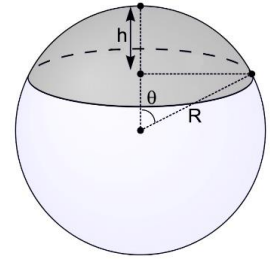
4) Vamos considerar que há cerca de 6000 estrelas, em todo o céu, visíveis a olho nu.

Considere também, em primeira aproximação, que as 6000 estrelas estejam **distribuídas uniformemente** pelo céu.

Sendo assim, estime quantas estrelas visíveis são circumpolares:

- Se você está a 1° do Polo Norte.
- Se você está a 1° do Equador, no Hemisfério Sul.

Dica: a área superficial de uma calota esférica vale $A = 2\pi hR$.



5) O raio R de expansão do remanescente de uma supernova (RSN) é dado pela seguinte expressão:

$$R = \left(\frac{2E}{\rho}\right)^a t^b$$

onde ρ é a densidade da matéria do espaço circundante, E é a energia liberada durante a explosão da estrela e t é o tempo de expansão do RSN.

- Através da análise dimensional da equação, encontre os valores das constantes **a** e **b**.
- Sabendo que um RSN se expande num meio com uma densidade $\rho = 10^{-24} \text{ g cm}^{-3}$ e que $E = 10^{42} \text{ J}$, determine as ordens de grandeza (10^n) do raio R do RSN (i) mil anos e (ii) 1 milhão de anos depois da explosão da supernova. Dê sua resposta em parsec.

6) O Limite de Roche (R_R) é o raio orbital mínimo que um satélite pode orbitar um corpo central sem ser destruído pelas forças de maré. Para satélites rochosos, ele pode ser escrito como:

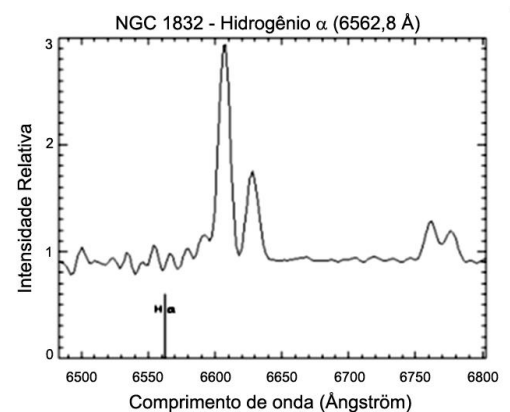
$$R_R = (1,26)R_p \left(\frac{\rho_p}{\rho_s}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Onde R_p é o raio do planeta e ρ_p e ρ_s são, respectivamente, as densidades médias do planeta e do satélite.

- Encontre o limite de Roche do sistema Terra-Lua em termos do raio da Terra.
- Explique, de forma sucinta, por que o Telescópio Espacial Hubble, que está apenas a cerca de 400 km de distância da superfície da Terra, não é destruído pelas forças de maré que o planeta exerce sobre ele.

7) O gráfico a seguir traz o espectro da galáxia NGC 1832, em torno da linha de emissão $H\alpha$, que pode ser facilmente identificada como a linha mais intensa do gráfico e cujo comprimento de onda de repouso, medido em laboratório vale $\lambda_{\text{Lab}} = 6562,8 \text{ Angstroms}$ (indicado na parte inferior do gráfico, como referência).

- Utilize o gráfico maior na Folha de resposta e uma régua para determinar o comprimento de onda observado λ_{obs} de $H\alpha$;
- Pelo deslocamento Doppler da linha, determine o redshift de NGC 1832;
- Através da Lei de Hubble–Lemaître e da velocidade de recessão da galáxia, determine a distância de NGC 1832 até nós.



8) A imagem a seguir traz o negativo de uma fotografia mostrando as linhas seguidas pelas estrelas quando o obturador de uma câmera fica aberto por um certo período de tempo. Esse tipo de fotografia é conhecido como “star trails” (trilha de estrelas).

Na imagem, estão marcados: o Horizonte, a posição do Polo Celeste Elevado (+) e as posições de duas estrelas (★1 e ★2).



A declinação da estrela ★1 vale $\delta_1 = -60^\circ 49'$.

Utilize a imagem maior da folha de resposta e uma régua para estimar:

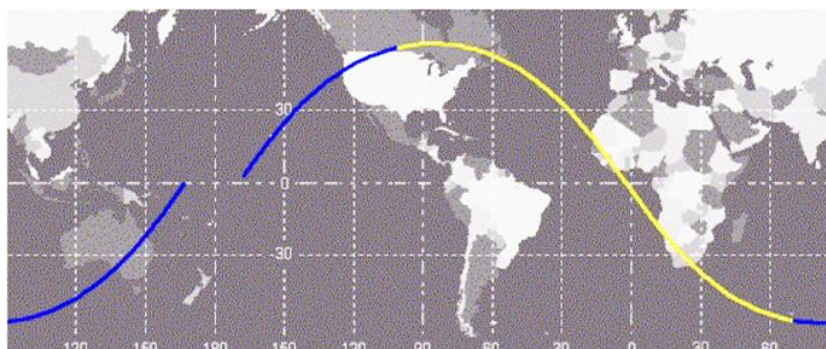
- A latitude geográfica ϕ do lugar;
- A declinação δ_2 da estrela ★2;
- O tempo de exposição da fotografia;
- Qual será o valor do ângulo horário H_1 da ★1 quando ela se encontrar na culminação inferior?

Sabendo que a diferença de ângulo horário entre ★1 e ★2 vale $\Delta H = 5,33$ h:

- Encontre a distância angular entre as estrelas ★1 e ★2 (para isso você deverá usar trigonometria esférica).

9) A Estação Espacial Internacional (ISS, em inglês) viaja de oeste para leste em uma órbita com inclinação de $51,6^\circ$, em relação à Linha do Equador. A trilha de uma órbita completa é mostrada na figura abaixo.

Vemos que órbita muda para oeste em relação à superfície da Terra pelo quanto que a Terra gira durante a revolução da Estação. Assim, a órbita abaixo começa na Linha do Equador sobre o Oceano Pacífico e termina, novamente, na Linha do Equador, mas a oeste de onde começou.



O período orbital da ISS depende, naturalmente, da altura de sua órbita. Neste problema vamos considerar que sua altura seja tal que a ISS completa uma órbita a cada 92 min, exatamente.

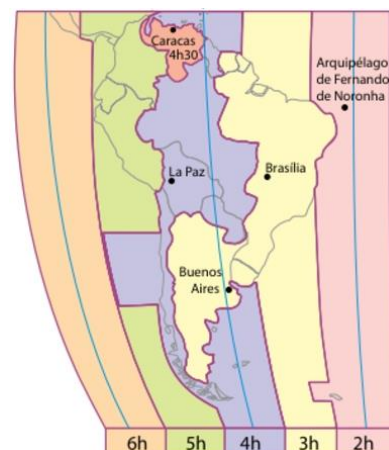
Se uma pessoa, em algum lugar sobre a Linha do Equador, vê a ISS passar no zênite às 19h, quantos dias ela terá que esperar para ver novamente a ISS passar próximo ao zênite, com, no máximo 1° de diferença?

10) A figura a seguir traz o esquema do fuso horário oficial da América do Sul, onde se vê que a Argentina adota o mesmo fuso horário de Brasília (UTC - 3).

Com esta informação, utilize o gabarito no caderno de respostas para projetar o mostrador de um Relógio de Sol, para a cidade de Rosário, na Argentina (Lat. $32^{\circ} 57' 35''$ S, Long. $60^{\circ} 25' 08''$ O), com as seguintes características:

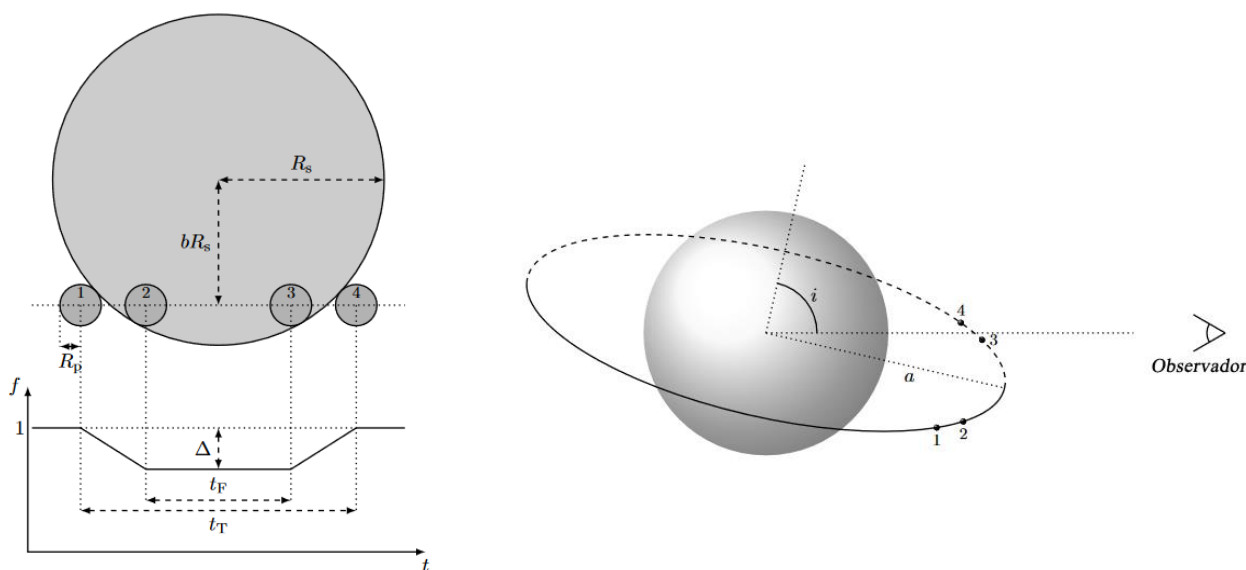
- de parede (vertical);
- face voltada para o Ponto Cardeal Norte;
- com correção de longitude.

Marque no gabarito apenas a posição das horas do Relógio de Sol, com precisão de 1° ($\cong 4$ min).



11) À medida que um planeta orbita sua estrela hospedeira, para planos orbitais vistos quase de perfil ($i \approx 90^{\circ}$), ele passa periodicamente, ou "transita", em frente ao disco estelar, conforme visto pelo observador. Isso causa uma pequena diminuição no fluxo estelar observado, que pode ser medido.

Os diagramas esquemáticos abaixo (NÃO desenhados em escala) mostram a **curva de luz do trânsito** resultante (fluxo normalizado f versus tempo t) para um disco estelar uniformemente brilhante (à esquerda) e a geometria da perspectiva do observador (à direita).



Se o ângulo de inclinação i for exatamente 90° , o planeta atravessa o disco estelar ao longo do diâmetro. Para outros valores de i , o trânsito ocorre ao longo de uma corda, cujo centro fica a uma distância bR_s do centro do disco estelar, como mostrado. O fluxo sem trânsito está normalizado para 1 e a queda máxima durante o trânsito é dada por Δ .

Considere um trânsito planetário com $i = 90^{\circ}$ em torno de uma estrela que tem uma mancha estelar no seu equador, comparável ao tamanho do planeta. O período de rotação da estrela é o dobro do período de translação do planeta ($P_e = 2P_p$).

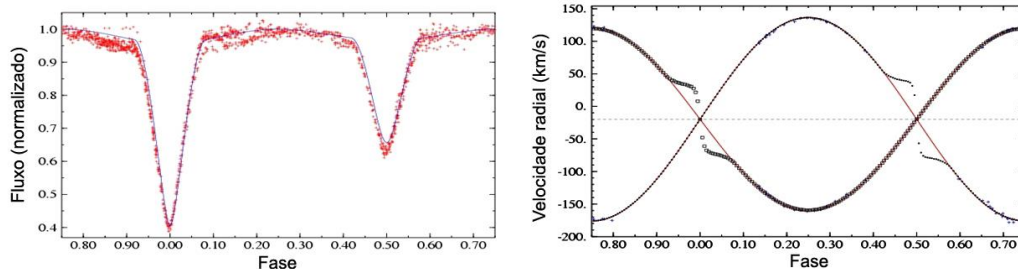
Desenhe os diagramas esquemáticos da curva da luz de trânsito para cinco trânsitos sucessivos do planeta (nos modelos fornecidos nas folhas de respostas).

O fluxo sem trânsito, para cada trânsito, deve ser normalizado independentemente.

Suponha que o planeta não encontre a mancha estelar no primeiro trânsito, mas no segundo, sim.

12) BH Vir é um sistema binário localizado na constelação de Virgem, com paralaxe de $\pi = 6,70 \text{ mas}$ (milissegundos de arco). O sistema é eclipsante ($i = 90^\circ$, ver desenho da questão 11) e tem órbitas aproximadamente circulares. Sabe-se que a magnitude aparente total do sistema na banda V é de $m_v = 9,64$ e o raio de cada uma de suas componentes é $R_1 = 1,250 R_{\text{Sol}}$ e $R_2 = 1,114 R_{\text{Sol}}$. Considere que a estrela 1 é mais massiva e mais quente que a estrela 2.

Abaixo, encontramos os gráficos do fluxo normalizado do sistema e das velocidades radiais v_1 e v_2 de cada componente do binário.



Utilize os gráficos maiores da folha de resposta para, com base neles e nos dados fornecidos:

- Calcular, em km/s, a velocidade radial do centro de massa do sistema em relação à Terra. Com base na sua resposta, diga se o sistema binário está se aproximando ou se afastando da Terra.
- Calcular a razão entre as massas das componentes;
- Calcular a magnitude absoluta $M_{v,1}$ e $M_{v,2}$ de cada uma das componentes na banda V.

13) Betelgeuse (α Ori) é uma das estrelas mais brilhantes do céu e uma das estrelas mais reconhecidas, pois fica na constelação de Orion, onde também estão as Três Marias. Betelgeuse é uma estrela supergigante vermelha, de brilho variável, mas a recente queda no seu brilho tem gerado uma grande discussão se não seria isso um prenúncio de que ela pode explodir a qualquer momento como uma supernova.

Os modelos de evolução estelar confirmam que ela irá explodir, mas isso poderá acontecer em até 100 mil anos! Quando isso acontecer, espera-se que ela brilhe no céu tanto quanto a Lua Cheia!!

Vamos usar essa última informação para:

- calcular, em primeira aproximação, a energia liberada em apenas 1 segundo desta explosão, durante o seu brilho máximo e
- comparar com a energia que o Sol libera em 1 segundo.

Atualmente Betelgeuse está com magnitude aparente $m_B = +1,50$ e temperatura superficial de 3500 K.

- Determine o fluxo de fótons da estrela Betelgeuse que chegam à Terra a cada segundo.

Considere, para simplificar, que todos os fótons têm o mesmo comprimento de onda igual ao comprimento de onda de máxima emissão da estrela, que é função de sua temperatura.

Dados: magnitude aparente da Lua Cheia $m_{\text{Lua}} = -12,80$; distância de Betelgeuse $d_B = 700$ anos-luz.