



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA MOSTRA BRASILEIRA DE FOGUETES - MOBFOG

Prof. Dr. João Batista Garcia Canalle – Coordenador Nacional
Instituto de Física – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua São Francisco Xavier, 524, sala 3023 - D, Maracanã.
20550-900 Rio de Janeiro – RJ, Tel./fax: (21) 2334-0082,
Tel.: (21) 4104-4047, Tel.: (21) 2254-1139, Cel.: (21) 98272-3810
E-mail: oba.secretaria@gmail.com, joacanalle@gmail.com
Site: www.oba.org.br



Rio de Janeiro, 18 de maio de 2019.

Ao(À) Professor(a) Representante da Escola junto à Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica,

Ref. GABARITOS DA 22ª OBA

Prezado(a) professor(a), sabemos que você é uma pessoa muito ocupada e que, mesmo assim, decidiu dar uma oportunidade aos seus alunos para participarem da 22ª OBA e ou da 13ª Mostra Brasileira de Foguetes, 13ª MOBFOG, pelo que muito agradecemos. Apesar de seu pouco tempo, ainda assim, recomendamos a atenta e completa leitura das instruções que enviamos junto com as PROVAS. Abaixo apenas destacamos alguns pontos daquela carta além de darmos outras informações.

1. **GABARITOS.** Todos os gabaritos estão disponíveis em nossa home page na área pública, isto é, na página inicial no link “provas e gabaritos” e também dentro da extranet (www.oba.org.br/extranet).
2. **DÚVIDAS QUANTO AOS GABARITOS.** Dúvidas quanto à correção ou ao gabarito devem ser encaminhadas ao Coordenador Nacional da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, por telefone celular (**21 98272-3810 – Operadora Vivo**), e-mail joacanalle@gmail.com ou telefones fixos/faxes (**21 2334-0082 ou 21 4104-4047 ou 21 2254-1139**).
3. **LISTAS DE NOMES SEM PROVAS.** Listas de notas sem as respectivas provas não têm nenhuma utilidade para nós, pois não têm validade! Assim sendo, solicitamos que não enviem listas de nomes e notas via fax ou por e-mail, mas sim somente **JUNTO COM AS PROVAS**. Qualquer lista de nomes e notas enviadas desacompanhadas das 10 melhores provas de cada nível é automaticamente descartada!
4. **NOMES E NOTAS DE ALUNOS DA OBA OU MOBFOG PARA ESCOLAS COM INTERNET.** Veja as orientações dadas na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS.
5. **LISTA DOS PROFESSORES COLABORADORES DA OBA OU MOBFOG PARA ESCOLAS COM INTERNET.** Veja as orientações dadas na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS.
6. **NOMES E NOTAS DE ALUNOS DA OBA OU MOBFOG PARA ESCOLAS SEM INTERNET.** Veja as orientações na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS.
7. **LISTA DOS PROFESSORES COLABORADORES DA OBA OU MOBFOG PARA ESCOLAS SEM INTERNET.** Veja as orientações na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS.
8. **IMPRESSÃO DA LISTA DE ALUNOS E DOS PROFESSORES COLABORADORES DA OBA OU MOBFOG PARA ESCOLAS COM INTERNET.** Veja as orientações na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS, mas concluída a digitação dos nomes e notas na extranet da OBA é só clicar no botão de RELATÓRIO.
9. **ENVIO DAS PROVAS.** Depois de corrigidas todas as provas com o gabarito da OBA, selecione as provas com as 10 maiores notas de cada nível e, juntamente com a lista de nomes e notas **DE TODOS** os participantes **e não só dos dez melhores** e envie, pelos **Correios**, para a Coordenação da OBA no endereço abaixo. Veja mais abaixo todos os itens que deve nos remeter.

Destinatário:

Prof. Dr. João Batista Garcia Canalle
OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA
Instituto de Física – Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
Rua São Francisco Xavier, 524, Sala 3023, Bloco D, Maracanã.
20550-900 Rio de Janeiro – RJ

10. **PRAZO PARA ENVIO DOS NOMES DOS COLABORADORES DA OBA OU MOBFOG E DAS NOTAS E PROVAS.** Veja explicações detalhadas sobre os prazos na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS. Veja também o link “**datas importantes**” em nossa home page.
11. **ATUALIZACAO DOS DADOS CADASTRAIS DA ESCOLA E DO PROFESSOR REPRESENTANTE.** Na mesma página na qual você acessou o módulo para digitação dos nomes e notas de alunos e nomes de colaboradores você deverá acessar a ficha de cadastro da sua escola e atualizar qualquer um dos dados que lá estiver, principalmente os endereços eletrônicos. Se não recebeu nenhum de nossos e-mails em 2019 é porque ou seus e-mails estão errados ou nossas mensagens estão indo para sua caixa de spam.

12. **ESQUECI A SENHA.** Se esqueceu a senha de acesso à extranet (www.oba.org.br/extranet) não tem problema, pois o sistema da OBA reenvia a senha para o seu e-mail desde que o mesmo esteja corretamente cadastrado, mas só para o e-mail do professor representante.
13. **CÓDIGO DA ESCOLA NA OBA OU MOBFOG.** Guarde o código da sua Escola na OBA com cuidado, pois precisará dele para enviar nomes e notas de alunos, nomes de colaboradores e completar ou alterar qualquer dado cadastral seu ou de sua escola, a qualquer momento, porém se precisar recuperar o código da sua escola (**não é o código INEP**), basta enviar um email para oba.secretaria@gmail.com.
14. **MOSTRA BRASILEIRA DE FOGUETES - RESULTADOS:** Veja as orientações na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS.
15. **CERTIFICADOS E MEDALHAS.** Veja as orientações na CARTA CIRCULAR DAS PROVAS.
16. **EMAIL DE CONFIRMAÇÃO DE RECEBIMENTO DO SEU PACOTE DE PROVAS.** Quando abrirmos o seu pacote de provas, enviado pelos correios, será enviado automaticamente um email para o endereço eletrônico do professor representante da OBA na Escola.
17. **RESUMINDO:** Junto com o pacote de provas você deverá enviar TODOS os itens abaixo relacionados.

- 1) As 10 melhores provas de cada nível (ou mais que dez se houver empates).
 - 2) A lista impressa com os nomes, notas, etc, de **TODOS OS ALUNOS** (a mesma que foi gerada na internet).
 - 3) A lista impressa com os nomes dos professores colaboradores (a mesma que gerada pela internet).
 - 4) A lista impressa com os nomes e alcances obtidos pelos participantes da MOBFOG (Gerada pela internet)
 - 5) A lista impressa com os nomes dos professores colaboradores da MOBFOG (Gerada pela internet)
 - 6) Escolas sem internet devem enviar as mesmas listas mas datilografadas, manuscritas, etc. Se digitaram, então envie também o arquivo num CD ou pen drive.
- Obs. NÃO PRECISA MANDAR NENHUMA DOCUMENTAÇÃO DOS LANÇAMENTOS DOS FOGUETES.**

18. **EMAILS:** Se você não recebeu os vários e-mails informativos que enviamos em 2018 é porque ou você não tem um e-mail cadastrado ou porque ele está errado ou porque o seu servidor de e-mail exige que digitemos e-mail de confirmação.
19. **MURAL DE FOTOS.** Gostaríamos muito de ver as fotos dos seus alunos fazendo as provas, realizando as atividades práticas que propusemos para serem feitas antes da prova da OBA, deles lançando seus foguetes, ou deles recebendo os certificados e ou medalhas. Por isso, se puder colocar algumas fotos destas no "mural da OBA" ficaremos gratos. Na extranet www.oba.org.br/extranet, com sua senha e login você pode simplesmente arrastar as fotos da sua máquina fotográfica para os espaços das fotos. Não esqueça de colocar alguma legenda.
20. **FACEBOOK DA OBA.** A OBA tem uma página no Facebook, que é www.facebook.com/obabr. Não use, contudo, o Facebook para se comunicar com a secretaria da OBA. Para isso use oba.secretaria@gmail.com.
21. **FACEBOOK DA MOBFOG.** A MOBFOG também tem uma página no facebook que é www.facebook.com/mobfog. Talvez tenhamos colocado alguma foto sua lá. Se não colocamos é porque não nos enviou, claro.
22. **FACEBOOK DA OBA EVENTOS.** Agrupamos nossas participações eventos no facebook com endereço: <https://www.facebook.com/Olimpíada-de-Astronomia-e-Astronáutica-Eventos-1644542865797631/>
23. **OBA NA MIDIA.** Todas as matérias de TVs, Rádios, Jornais, Revistas, impressas ou virtuais, ou páginas eletrônicas sobre a OBA ou MOBFOG, das quais temos conhecimento estão relacionadas no link OBA NA MIDIA em nossa home page. Sugerimos fazer uma visita nesta página e nos enviar qualquer matéria sobre a OBA e ou MOBFOG que tenha conhecimento.

AGRADECIMENTO. Caro(a) professor(a), sabemos que a OBA deu um trabalhão para você. Estamos imensamente gratos pela sua colaboração. Sem ela, não seria possível realizar a OBA ou a MOBFOG. Esperamos que você se sinta recompensado por ter visto seus alunos estudarem mais, construírem e lançarem seus foguetes e pela alegria deles ao receberem os certificados, medalhas e brindes que esperamos poder enviar.

Um astronômico abraço,



Astrônomo Prof. Dr. João Batista Garcia Canalle
Coordenador Nacional da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Vamos dar um exemplo: Spica, da Constelação da Virgem, é 12.100 vezes mais luminosa do que o Sol ($L = 12.100 L_{Sol}$) e possui temperatura superficial de 22.200 K ($T = 22.200/6000 = 3,7 T_{Sol}$). Logo, seu raio será:

$$R = \frac{\sqrt{12.100}}{3,7^2} = \frac{110}{13,69} \cong 8 R_{Sol} \text{ (8 vezes o raio do Sol)}$$

Pergunta 1a) (0,5 ponto) Agora que você já sabe calcular o raio de uma estrela, calcule o raio de uma estrela com 10.000 vezes a luminosidade do Sol e temperatura superficial de 12.000 K.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

$$R = \frac{\sqrt{10000}}{(12000/6000)^2} = \frac{100}{2^2} = \frac{100}{4} = 25 R_{Sol}$$

Resposta 1a) 25 ou 25x o raio do Sol

1a) - Nota obtida: _____

Pergunta 1b) (0,5 ponto) Calcule o raio de uma estrela com 0,04 vezes a luminosidade do Sol e temperatura superficial de 24.000 K.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

$$R = \frac{\sqrt{0,04}}{(24000/6000)^2} = \frac{0,2}{4^2} = \frac{0,2}{16} = 0,0125 R_{Sol}$$

Resposta 1b) 0,0125 ou 0,0125x o raio do Sol

1b) - Nota obtida: _____

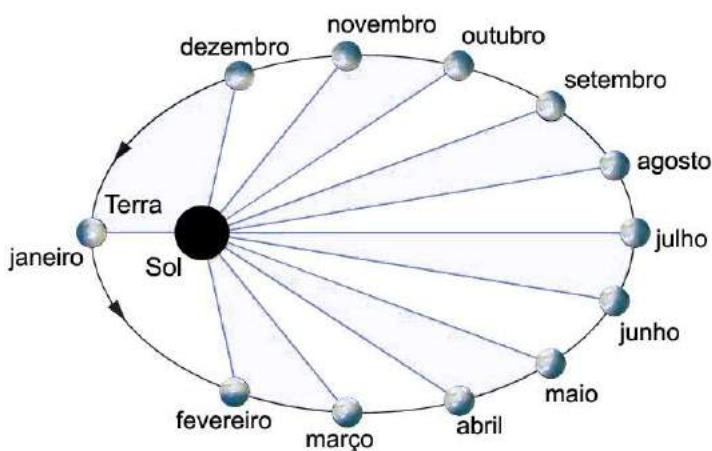
Questão 2) (1 ponto) As leis de Kepler são as três leis do movimento planetário definidas por Johannes Kepler (1571 – 1630), um matemático e astrônomo alemão. Kepler estudou as observações colhidas por mais de 20 anos pelo astrônomo Tycho Brahe (1546 – 1601) e descobriu, por volta de 1605, que os planetas seguiam três leis matemáticas:

- A primeira Lei (das órbitas) diz que a órbita de cada planeta é uma elipse, com o Sol em um dos focos.

- A segunda Lei (das áreas) afirma que a reta que une o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.

- A terceira Lei (harmônica) relaciona o quadrado do período orbital dos planetas diretamente com o cubo de sua distância média ao Sol.

A figura mostra a órbita da Terra (fora de escala e bem mais achatada) e as posições da Terra ao longo do ano.



Pergunta 2) (0,2 ponto cada acerto) Escreva **C** (certo) ou **E** (errado) na frente de cada afirmação.

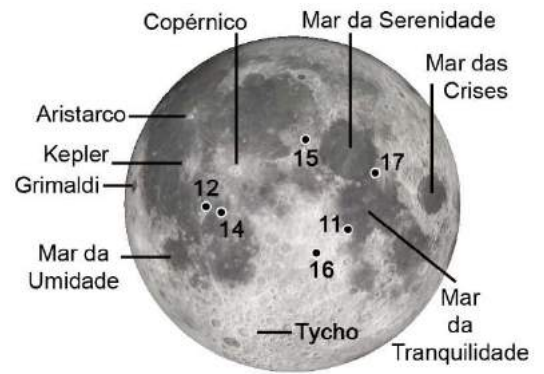
- (C) Entre março e abril a velocidade orbital da Terra é maior do que entre maio e junho.
- (E) Em fevereiro a velocidade orbital da Terra está aumentando.
- (E) A força da gravidade do Sol é a mesma em todos os pontos da órbita da Terra.
- (E) Pela 3ª Lei de Kepler podemos afirmar que em julho a velocidade orbital da Terra é a menor.
- (C) Pela 2ª Lei de Kepler podemos afirmar que em janeiro a velocidade orbital da Terra é a maior.

2) - Nota obtida: _____

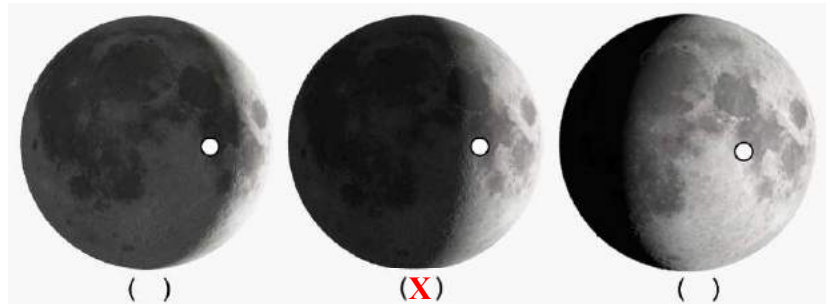
Questão 3) (1 ponto) A Apollo 11 pousou no Mar da Tranquilidade em 20 de julho de 1969, transformando Neil A. Armstrong no primeiro homem a pisar na Lua.

A imagem ao lado traz o nome de alguns “mares” e crateras famosas, e o local dos pousos das missões Apollo, de 11 a 17.

Os engenheiros e cientistas da NASA estabeleceram que o pouso da Apollo 11 deveria acontecer pouco depois de o Sol ter nascido no local escolhido: o Mar da Tranquilidade.



Pergunta 3a) (0,5 ponto) Baseado no que você acabou de ler, faça um “X” debaixo da imagem que representa a fase da Lua no dia do pouso da Apollo 11. O local do pouso está marcado em todas as imagens com um círculo branco.



3a) - Nota obtida: _____

Pergunta 3b) (0,5 ponto) A necessidade de que o Sol estivesse em um ângulo específico no dia do pouso da Apollo 11 era restritiva, limitando a data de lançamento da Missão. Se ela não ocorresse na data prevista, a NASA deveria esperar pela próxima oportunidade para lançar a Missão. Sendo assim, assinale a afirmativa correta. A NASA poderia lançar a Missão Apollo 11:

- Em qualquer dia do mês, mas sempre ao meio-dia.
- Em apenas um dia a cada semana.
- Em apenas um ou dois dias a cada mês.
- Em apenas uma semana por ano.
- Sempre que a Lua estivesse no perigeo.

3b) - Nota obtida: _____

Questão 4) (1 ponto) Em virtude de sua alta temperatura, na ordem de 2 milhões de graus Celsius, a parte mais externa da atmosfera do Sol, chamada de Coroa Solar, é responsável pela emissão de um fluxo constante de partículas muito energéticas para todo o espaço, conhecido por Vento Solar. Essas partículas são, em sua maioria, elétrons, prótons e partículas alfa. O Vento Solar faz com que o Sol perca massa a uma taxa de cerca de 2 milhões de toneladas/segundo ($1 t = 1000 kg$).

Pergunta 4) Por conta do Vento Solar, quantos anos demora o Sol para perder a massa equivalente à massa da Terra?

Dados: massa da Terra $\sim 6 \times 10^{24} kg$ e 1 ano $\approx 3 \times 10^7$ segundos

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

Se o Sol perde 2.000.000.000 kg ($2 \times 10^9 kg$) em 1 s, então em T segundos ele perderá $6 \times 10^{24} kg$

$$\frac{1 (s)}{T (s)} = \frac{2 \times 10^9 kg}{6 \times 10^{24} kg} \rightarrow T (s) = \frac{6 \times 10^{24} kg}{2 \times 10^9 kg} = 3 \times 10^{15} s$$

$$T (ano) = \frac{3 \times 10^{15} s}{3 \times 10^7 s/ano} = 10^8 anos (100.000.000 anos)$$

Resposta 4) 10^8 anos ou 100 milhões de anos ou 100.000.000 anos

4) - Nota obtida: _____

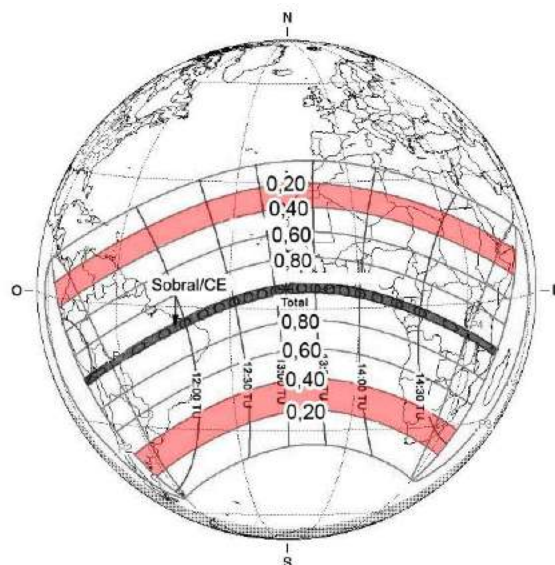
Questão 5) (1 ponto) O dia 29 de maio de 1919 entrou para a história como o dia em que a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein, anunciada em 1905, foi confirmada, na cidade de Sobral, CE. A Teoria da Relatividade afirma que a massa dos corpos deforma o espaço próximo a eles, de modo que um raio luminoso é desviado pela deformação. Esta "curvatura da luz" só poderia ser observada através de um eclipse total do Sol, ou seja, quando a Lua fica entre o Sol e a Terra, projetando sua sombra em parte do planeta. Com o eclipse, a luz ofuscante do Sol desaparece e se pode ver o brilho das estrelas próximas.

Os astrônomos sabiam que no dia 29 de maio de 1919 haveria um eclipse total do Sol e que a umbra da Lua passaria pela cidade de Sobral. Foram pra lá cientistas norte-americanos, brasileiros e ingleses, do Observatório Real de Greenwich.

O método de observação era simples. No momento em que a Lua cobriu o Sol, várias chapas fotográficas, de câmeras acopladas aos telescópios, foram tiradas em sucessão, para registrar a posição das estrelas que estivessem próximas à borda do Sol. Depois, estas fotos foram comparadas a chapas parecidas, tiradas três meses depois, durante a noite. A conclusão foi a de que Einstein estava certo. A luz faz realmente uma curvatura.

A imagem traz o esquema deste eclipse. A faixa estreita escura representa o caminho que a umbra (parte mais escura da sombra) fez na superfície da Terra e de onde o eclipse solar total pôde ser visto. Fora desta faixa, o eclipse foi parcial, com a Lua cobrindo progressivamente menos o Sol.

As faixas onde a Lua cobriu entre 100% a 80% do Sol, entre 80% a 60% do Sol etc, são mostradas na figura. Fora do quadriculado, a Lua não passou na frente do Sol em momento algum



Pergunta 5a) (0,5 ponto) (0,25 ponto cada acerto) No mapa, pinte de qualquer cor as 2 regiões da Terra onde o eclipse solar de maio de 1919 foi parcial e a Lua cobriu entre 40% e 20% do Sol.

5a) - Nota obtida: _____

Pergunta 5b) (0,5 ponto) A umbra da Lua na Terra é um disco com 270 km de diâmetro e percorre a superfície da Terra a 2.160 km/h.

Com estes dados, calcule a duração, em minutos, de um eclipse solar total num ponto bem central por onde a umbra passa.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

A duração da totalidade do eclipse, em um ponto da Terra por onde a umbra passa será igual ao tamanho da umbra dividido pela velocidade com que ela anda, aproximadamente:

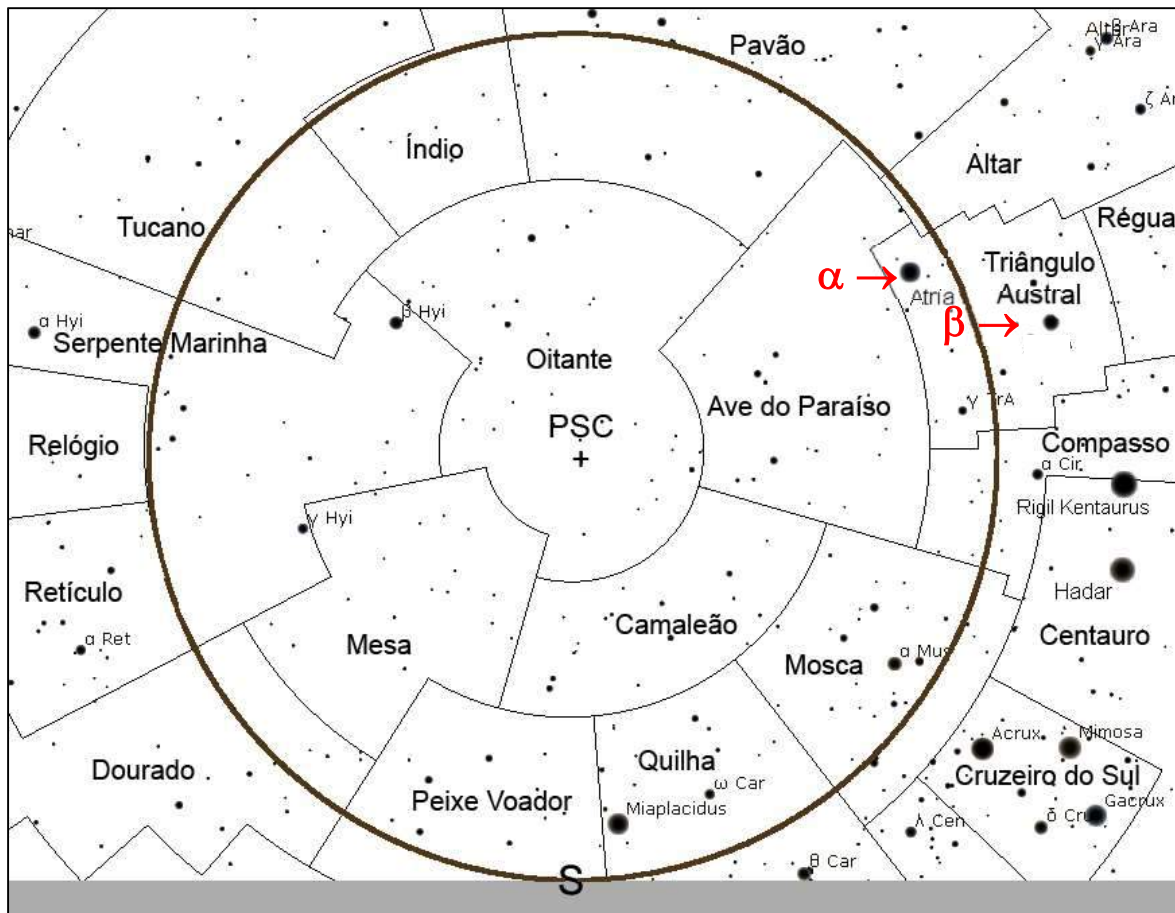
$$\frac{270 \text{ km}}{2160 \text{ km/h}} = 0,125 \text{ h} = 0,125 \text{ h} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 7,5 \text{ min}$$

A questão pede a resposta em minutos, se o aluno der a resposta apenas em horas (0,125 h) ou apenas em segundos (7,5 min × 60 s/min = 450 s) perderá 0,25 ponto.

Resposta 5b) 7,5 minutos

5b) - Nota obtida: _____

Questão 6) (1 ponto) A figura mostra uma parte do céu, tal como é visto do Rio de Janeiro, RJ, no dia 17/05/19 à 1h00min. As “bolinhas” pretas são estrelas e quanto maior a “bolinha”, mais brilhante é a estrela. As linhas delimitam áreas no céu, que chamamos de constelações. Tudo que está na direção daquela área pertence àquela constelação, cujos nomes você pode ler dentro das áreas. A grande circunferência, centrada no Polo Sul Celeste (PSC), delimita a região circumpolar do céu. A faixa cinza, na parte de baixo da figura, representa o horizonte, onde vemos marcada a posição do Ponto Cardeal Sul (S).



Questão 6a) (0,5 ponto) (0,1 cada acerto) Escreva **C** (certo) ou **E** (errado) na frente de cada afirmação.

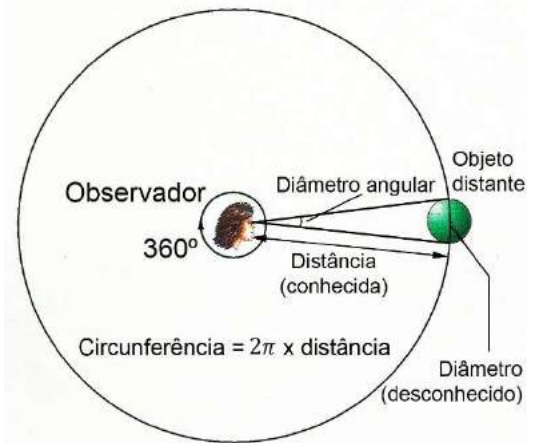
- (C) Todas as estrelas da Constelação do Camaleão estão sempre acima do horizonte.
- (E) Todas as estrelas da Constelação de Dourado estão sempre acima do horizonte.
- (C) Em poucas horas a Constelação do Cruzeiro do Sul estará completamente abaixo do horizonte.
- (C) Nem todas as estrelas da Constelação da Mosca são circumpolares.
- (C) O céu todo nos parece girar em torno de um ponto dentro da Constelação do Oitante.

6a) - Nota obtida: _____

Questão 6b) (0,5 ponto) (0,25 cada acerto) Indique com a letra grega α (alfa) e uma seta ($\alpha \rightarrow$) a estrela mais brilhante da Constelação do Triângulo Austral, que também é circumpolar e indique com a letra grega β (beta) e uma seta ($\beta \rightarrow$) a segunda estrela mais brilhante da mesma constelação e que não é circumpolar.

6b) - Nota obtida: _____

Questão 7) (1 ponto) Sabemos que os astrônomos podem usar medidas de radar, paralaxe e até as Leis de Kepler para determinar a distância dos objetos do Sistema Solar. Sabendo a distância, podemos converter o tamanho angular de um corpo no seu tamanho físico usando apenas a geometria. A figura a seguir traz um observador fazendo uma medida angular do diâmetro de um objeto cuja distância é conhecida. No desenho, uma grande circunferência foi centrada no observador passando pelo objeto.



Pela geometria, a razão entre o seu diâmetro real e o comprimento total da circunferência ($2\pi \times$ distância ao objeto) deve ser igual à razão entre o diâmetro angular observado e o giro completo de 360° :

$$\frac{\text{diâmetro}}{2\pi \times \text{distância}} = \frac{\text{diâmetro angular}}{360^\circ}$$

Pergunta 7a) (0,5 ponto) Medidas feitas com radares mostram que a Lua está a uma distância de aproximadamente 384.000 km. O diâmetro angular medido da Lua vale aproximadamente $0,5^\circ$. Calcule o diâmetro físico da Lua através da equação acima. Para facilitar a conta use $\pi \approx 3$.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

$$\text{diâmetro} = 2\pi \times 384.000 \text{ km} \times \frac{0,5^\circ}{360^\circ} = 6 \times 384.000 \text{ km} \times \frac{0,5^\circ}{360^\circ} = \frac{384.000 \text{ km}}{60} \times 0,5 = 6.400 \text{ km} \times 0,5 = 3.200 \text{ km}$$

Resposta 7a) 3.200 km

7a) - Nota obtida: _____

Pergunta 7b) (0,5 ponto) Através desta mesma equação, calcule o diâmetro angular da Terra vista da Lua pelos astronautas da Apollo 11. Para facilitar a conta use $\pi \approx 3$. Dado: diâmetro da Terra ~ 12.800 km.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

$$\text{diâmetro angular} = \frac{\text{diâmetro} \times 360^\circ}{2\pi \times \text{distância}} = \frac{12.800 \text{ km} \times 360^\circ}{2 \times 3 \times 384.000 \text{ km}} = \frac{12.800}{6.400} = 2^\circ$$

Obs.: Ou seja, vista da Lua a Terra tem 4 vezes o diâmetro angular da Lua quando vista da Terra.

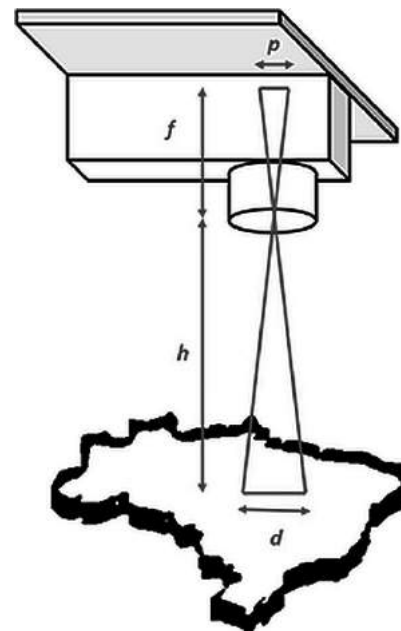
Resposta 7b) 2° (dois graus)

7b) - Nota obtida: _____

AQUI COMEÇAM AS QUESTÕES DE ASTRONÁUTICA

Questão 8) (1 ponto) A empresa Visiona Tecnologia Espacial S/A, de São José dos Campos, SP, está desenvolvendo o nanosatélite VCUB1. Nanosatélites são artefatos espaciais com massa entre 1 a 10 kg, com capacidade de oferecer serviços que, até o final do século passado, somente grandes satélites eram capazes de prover. O VCUB1 é baseado no padrão CubeSat, onde cada unidade é formada por cubos com 10 cm de aresta. O VCUB1 é formado por 6 desses cubos, possui 10 kg de massa e operará em uma órbita polar de 500 km (h) de altitude.

Pergunta 8a) (0,5 ponto) O VCUB1 é equipado com uma câmera óptica de 3,5 m de resolução, representada por d na figura. Isso significa que um pixel do detector da câmera, quando projetado no solo, corresponde a uma imagem quadrada de 3,5 m de lado. Uma vez que cada pixel p da câmera do VCUB1 corresponde a um quadrado com 5 μm de lado ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$) e considerando-se que h , d e p são conhecidos, calcule o valor da distância focal, f , da câmera do satélite. O seu resultado deve ser apresentado em milímetros (mm). **Dica:** Use semelhança de triângulos.



Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

A partir da semelhança de triângulos, tem-se que

$$\frac{f}{p} = \frac{h}{d} \rightarrow f = p \frac{h}{d} = 5 \times 10^{-6} \frac{5 \times 10^5}{3,5} = 0,714 \text{ m}$$

Assim, $f = 0,714 \text{ m} = 71,4 \text{ cm} = 714 \text{ mm}$

O problema pede que a resposta seja dada em milímetros (mm), portanto se o estudante responder em centímetros (cm) ou em metros (m) perderá 0,25 ponto.

Resposta 8a) 714 mm

8a) - Nota obtida: _____

Pergunta 8b) (0,5 ponto) De modo simplificado, a distância focal da câmera, f' , representa o caminho que os raios de luz percorrem entre o espelho primário e o detector da câmera. Contudo, conforme mostrado na Figura, a maior dimensão do VCUB1 é 300 mm, que é inferior ao valor de f obtido na questão anterior. Para resolver este problema, alguém se lembrou do telescópio refletor que Isaac Newton apresentou à Sociedade Real Inglesa em 1671. Newton fez uso de um conjunto de espelhos internos que, ao refletirem sucessivamente os raios de luz captados, fazem f' se tornar maior do que a dimensão do tubo do telescópio.

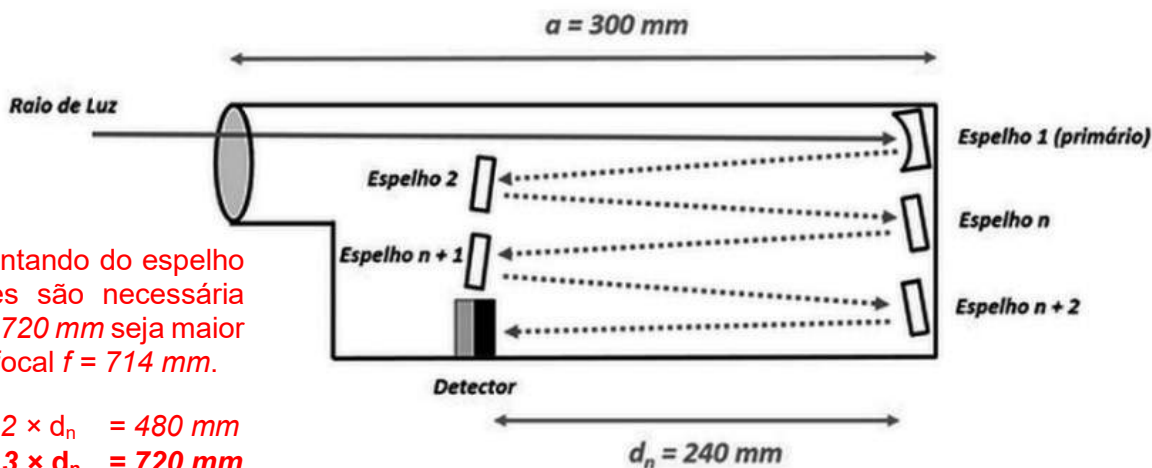
Na Figura a linha cheia representa o raio de luz que foi capturado pelo espelho primário da câmera, enquanto as linhas pontilhadas representam este mesmo raio sucessivamente refletido pelos demais espelhos internos à câmera do satélite.

Na Figura: $f' = d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n$.

Baseado na Figura e nesta equação, determine qual o número mínimo de espelhos necessários para que o satélite possa atingir a resolução esperada de 3,5 m, isto é, para que $f' \geq f$.

Dica: a distância entre os espelhos é dada por $d_1 = d_2 = d_3 = d_n = 240 \text{ mm}$.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.



Pode-se ver que, contando do espelho primário, 3 reflexões são necessária para que $f' = 3 \times d_n = 720 \text{ mm}$ seja maior ou igual à distância focal $f = 714 \text{ mm}$.

2 espelhos $\rightarrow f' = 2 \times d_n = 480 \text{ mm}$

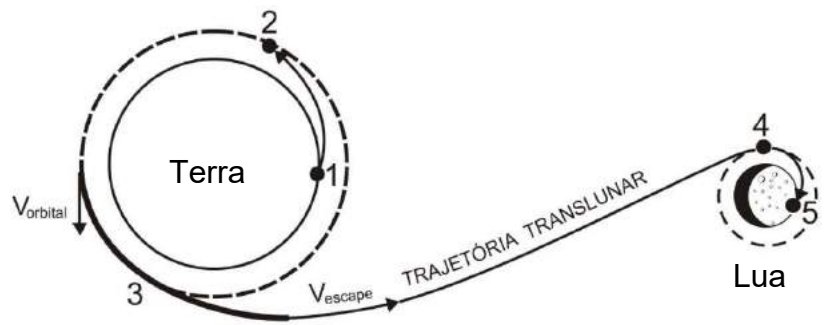
3 espelhos $\rightarrow f' = 3 \times d_n = 720 \text{ mm}$

4 espelhos $\rightarrow f' = 4 \times d_n = 960 \text{ mm}$

Resposta 8b) 3 espelhos

8b) - Nota obtida: _____

Questão 9) (1 ponto) Era quase meia noite, horário de Brasília, do dia 20 de julho de 1969 quando o astronauta norte-americano Neil Armstrong pisou na superfície da Lua. Em 2019 comemoramos 50 anos desse evento, que nos lembra o quão longe podemos ir com criatividade, engenhosidade, determinação e trabalho. Os 384.000 km que separam a Terra da Lua foram vencidos por meio das seguintes etapas:



1. Lançamento do Saturno V; 2. Órbita da Terra; 3. Período de injeção na trajetória trans lunar; 4. Órbita da Lua; e 5. Pouso lunar, mostrados esquematicamente na figura.

Pergunta 9a) (0,5 ponto) O 1º estágio do Saturno V é composto de 5 motores F-1. Cada um desses motores produz o empuxo E (força) de 6.900.000 N. Considerando que a massa m inicial do Saturno V é de 3.000.000 kg e $g \approx 10 \text{ m/s}^2$, calcule a aceleração inicial do Saturno V, em m/s^2 .

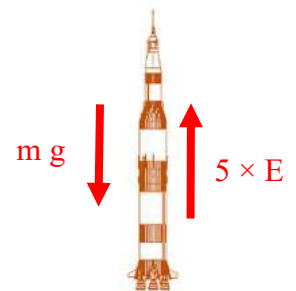
Dica: Utilize a segunda Lei de Newton e considere que apenas as forças de empuxo e peso atuam sobre o foguete, que voa sempre na vertical.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

Empuxo total – peso = $m \times a$

$$(5 \times E - mg) = m \times a \rightarrow a = \frac{5 \times E}{m} - g \rightarrow \frac{5 \times 6.900.000 \text{ N}}{3.000.000 \text{ kg}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = 11,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow a = 1,5 \text{ m/s}^2$$



Resposta 9a) 1,5 m/s²

9a) - Nota obtida: _____

Pergunta 9b) (0,5 ponto) O valor da aceleração que você obteve acima só é válido para o primeiro instante de voo porque, a partir da ignição dos 5 motores F-1 que equipam o 1º estágio do Saturno V, sua massa é reduzida à taxa de 15.000 kg/s, em função do consumo de propelente. Sabendo que os 5 motores F-1 funcionam por 160 segundos, qual será a aceleração do Saturno V quando tiverem transcorridos 100 segundos de voo?

Em seus cálculos considere que $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ e o Empuxo dos motores não varia com a altitude.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

Os cálculos são idênticos aos da questão anterior. Contudo, será necessário diminuir a massa total do Saturno V de $15.000 \text{ kg/s} \times 100 \text{ s} = 1.500.000 \text{ kg}$ (metade da massa inicial do Saturno V).

Portanto: $m = 3.000.000 - 1.500.000 = 1.500.000 \text{ kg}$

Empuxo total – peso = $m \times a$

$$(5 \times E - mg) = m \times a \rightarrow a = \frac{5 \times E}{m} - g \rightarrow \frac{5 \times 6.900.000 \text{ N}}{1.500.000 \text{ kg}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = 23 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow a = 13 \text{ m/s}^2$$

Resposta 9b) 13 m/s²

9b) - Nota obtida: _____

Questão 10) (1 ponto) Esta questão está relacionada à questão anterior, razão pela qual você deve usar a figura da questão 9 para auxiliar sua compreensão deste texto. A etapa 2 é conhecida como órbita de espera, situada a 200 km de distância da superfície da Terra. Durante as mais de duas horas que permanecem nessa órbita, os astronautas e também as equipes em Terra checam todos os sistemas do foguete. Se estiver tudo OK, o motor do 3º estágio do Saturno V é acionado pela segunda vez, por cerca de 6 minutos, injetando a espaçonave na trajetória trans lunar, ou seja, em direção a um ponto do espaço onde a Lua estará 80 horas depois. Alguns minutos depois, o motor do 3º estágio é descartado, tornando-se lixo espacial.

Pergunta 10a) (0,5 ponto) A força da gravidade é dada por $F = \frac{mM_T G}{r^2}$, onde r é a distância da espaçonave ao centro da Terra, m é a massa do que sobrou do Saturno V, M_T é a massa da Terra e G é a constante gravitacional. Enquanto em órbita circular de espera, o que sobrou do Saturno V estará sujeito a uma aceleração radial (ou centrípeta) dada por $a = \frac{(V_{orbital})^2}{r}$. Utilizando a 2ª Lei de Newton, calcule a velocidade orbital, em km/s, do que sobrou do Saturno V na órbita de espera. Desconsidere quaisquer outras forças além da gravitacional.

Para simplificar, considere $M_T G = 416.000 \text{ km}^3/\text{s}^2$, o raio da Terra $R_T = 6.300 \text{ km}$ e que a força e aceleração tenham a mesma direção. Fique atento às unidades!

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

Pela 2ª Lei de Newton: $F = m \times a$

Substituindo e simplificando: $\frac{mM_T G}{r^2} = m \times \frac{(V_{orbital})^2}{r} \rightarrow V_{orbital} = \sqrt{\frac{M_T G}{r}}$

$M_T G = 416.000 \text{ km}^3/\text{s}^2$ e r é a distância medida a partir do centro da Terra, ou seja:

$r = R_T +$ distância da órbita de espera à superfície terrestre. Do enunciado da questão tem-se que:

$r = 6.300 + 200 \rightarrow r = 6.500 \text{ km}$

Substituindo-se os valores de $M_T G$ e r na equação acima, obtem-se:

$$V_{orbital} = \sqrt{\frac{416.000}{6500}} = \sqrt{64} = 8 \text{ km/s} = 8.000 \text{ m/s} = 28.800 \text{ km/h}$$

Obs.: Pode-se aceitar qualquer uma das três respostas.

Resposta 10a) 8 km/s ou 8.000 m/s ou 28.800 km/h

10a) - Nota obtida: _____

Pergunta 10b) (0,5 ponto) Uma estimativa para determinar o incremento de velocidade, $\Delta V = V_{escape} - V_{orbital}$, necessário à injeção na trajetória translunar pode ser feita considerando-o como sendo a velocidade de escape do campo gravitacional terrestre, calculada na altitude da órbita de espera, menos a velocidade orbital do foguete nesse mesmo local. A velocidade de escape é a velocidade que um corpo precisa atingir para deixar o campo gravitacional terrestre e chegar ao infinito com velocidade nula. Isso equivale à velocidade inicial que faz com que a soma entre energia potencial gravitacional e energia cinética seja nula.

Calcule o ΔV necessário para que, a partir da órbita de espera, a velocidade de escape seja atingida.

As energias cinéticas e potencial são dadas por: $E_{cinética} = m \frac{(V_{escape})^2}{2}$ e $E_{potencial} = -\frac{mM_T G}{r}$

Em seus cálculos considere $\sqrt{2} = 1,4$.

Atenção: Registre abaixo suas contas, pois sem elas os resultados não têm valor.

De acordo com o enunciado: $E_{cinética} + E_{potencial} = 0 \rightarrow m \frac{(V_{escape})^2}{2} - \frac{mM_T G}{r} = 0$
 $\rightarrow (V_{escape})^2 = \frac{2M_T G}{r} \rightarrow V_{escape} = \sqrt{2} \sqrt{\frac{M_T G}{r}}$

Percebe-se que o valor da velocidade de escape é igual ao valor da velocidade orbital encontrado na questão anterior multiplicado por $\sqrt{2}$. Assim:

$$V_{escape} = 1,4 \times 8 = 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Contudo, a Apollo 11 encontra-se na órbita de espera com velocidade de 8 km/s. Dessa forma, o incremento de velocidade ΔV adicional para escapar à gravidade terrestre e encontrar-se com a Lua é:

$\Delta V = 11,2 - 8 = 3,2 \text{ km/s} = 3.200 \text{ m/s} = 11.520 \text{ km/h}$

Obs.: Pode-se aceitar qualquer uma das três respostas.

Resposta 10b) 3,2 km/s ou 3.200 m/s ou 11.520 km/h

10b) - Nota obtida: _____