25ª OBA – GABARITO DA PROVA DO NÍVEL 4 20/05/2022

(Atenção: aluno com nota final maior ou igual a 7,0 será convidado para participar das provas seletivas que formam as equipes internacionais, portanto, escreva de forma legível seu e-mail e fique atento a ele e às redes sociais da OBA.)

Veja o gabarito em nossa home page www.oba.org.br

Nota de Astronomia: ________ Nota de Astronáutica:________ **Nota Final:** ____________

Observação: A Nota Final é a soma das notas de Astronomia e de Astronáutica. Visto do(a) Prof(a): ___________

Dados do(a) aluno(a) (use somente letras de fôrma):

Nome completo:.. Sexo:........

Endereço: .... Nº.............

Bairro:................................ CEP: _ _ _ _ _ - _ _ _ Cidade: .... Estado: _ _

Tel. fixo: (_ _) _ _ _ _ - _ _ _ _ Tel. celular: (_ _) _ _ _ _ _ - _ _ _ _ Data de Nascimento _ _/_ _/_ _

E-mail:

(Obrigatório usar letras de fôrma e preencher o e-mail se tiver. Se não tiver, deixe em branco.)

Ano que está cursando: .... Quantas vezes participou da OBA? .....

Declaro que estou realizando esta prova em 20 de maio de 2022. ....

Prova fora desta data é ilegal e constitui-se em fraude punível na forma da Lei. Assinatura do aluno

Dados da escola onde o(a) aluno(a) estuda:

Nome da escola:...

Endereço: ....Nº.....................

Bairro:............................ CEP: _ _ _ _ _ - _ _ _ Cidade: ....Estado: _ _

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES. Esta prova só pode ser realizada no dia **20/05/2022**, pois em outros dias é ilegal. Ela pode ser feita no dia e horário que você escolher, e pode durar **até 3 horas**. Não é permitido nenhum tipo de consulta a colegas, professores, material impresso ou eletrônico. Também não pode usar nenhum tipo de calculadora.

ATENÇÃO: CANCELAMENTO DE QUESTÕES!

***CANCELAMOS** as questões 15 e 16 desta prova do nível 4. Em cada prova caiu ou a questão 15 ou a questão 16, as quais são similares, nunca caiu as duas numa mesma prova. Claro que na prova da sua escola as questões canceladas não eram as de número 15 ou 16, pois a ordem delas é aleatória. Veja o enunciado das questões 15 e 16 abaixo para saber qual era o número da questão na prova da sua escola. Por que tivemos que cancelar?*

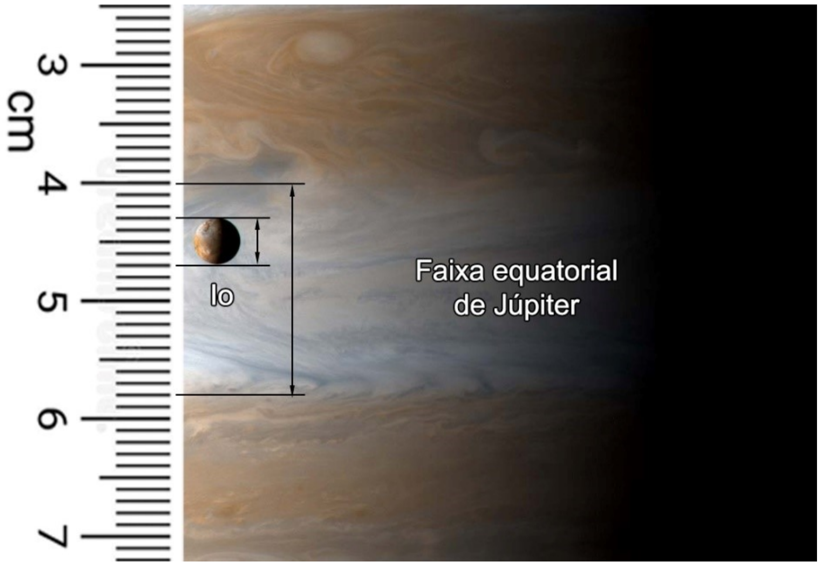
Em algumas poucas provas houve um erro no enunciado do item "a" da questão 16 que tornou a resolução sem sentido. Logo, para não prejudicar nenhum aluno, decidimos CANCELAR a questão 15 e a 16 de TODAS AS PROVAS do nível 4 e atribuímos 1 ponto a todos. Inicialmente tínhamos só normalizado as notas das provas com erro na questão 16, porém, quando vimos em mais detalhe a extensão do problema, resolvemos CANCELAR as questões 15 e 16 e com isso todas as notas do nível 4 foram modificadas em benefício dos alunos.

Questão 1) (1 ponto) A imagem a seguir, da sonda Cassini da NASA, traz Júpiter e seu satélite Io.

A escala de uma imagem é encontrada medindo-se com uma régua a distância entre dois pontos na imagem cuja separação real, em unidades físicas, se conhece. Nesse caso, sabemos que o diâmetro de Io é de 3.600 quilômetros.

Desconsidere a distância entre Io e Júpiter e assinale a opção que traz o valor real da largura da faixa equatorial de Júpiter assinalada na imagem.

Já colocamos uma régua sobre a imagem para você fazer esta medida.



a) 16.200 km

b) 36.000 km

c) 45.000 km

d) 32.400 km

e) 8.100 km

1) - Nota obtida: _____

Resposta:

O diâmetro de Io na imagem é de 4 mm e o diâmetro real é de 3.600 km. A largura da faixa é de 18mm, logo, sua largura real é obtida pela “regra de três”:

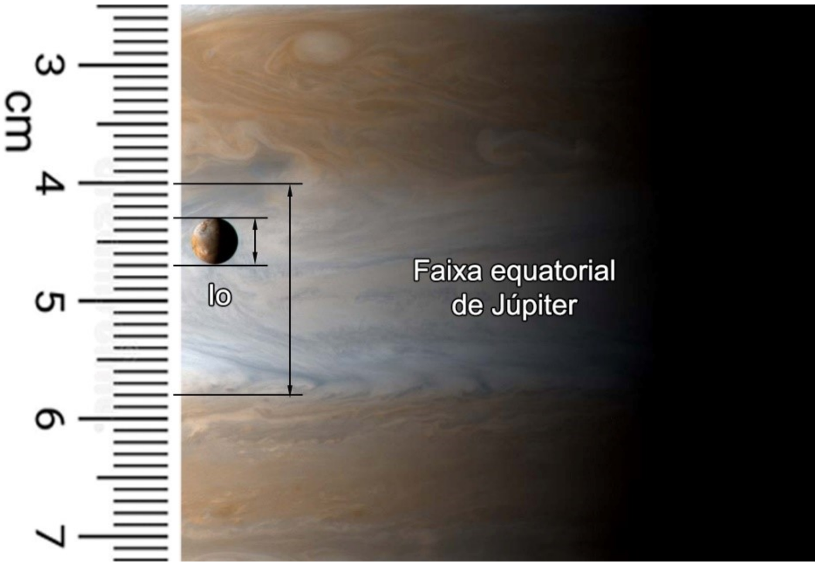
$$\frac{4\ mm}{18\ mm} = \frac{3.600\ km}{x\ km} \rightarrow x = \frac{18\ mm \times 3.600\ km}{4\ mm} = 16.200\ km$$

Questão 2) (1 ponto) A imagem a seguir, da sonda Cassini da NASA, traz Júpiter e seu satélite Io.

A escala de uma imagem é encontrada medindo-se com uma régua a distância entre dois pontos na imagem cuja separação real, em unidades físicas, se conhece. Nesse caso, sabemos que o raio de Io é de 1.800 quilômetros.

Desconsidere a distância entre Io e Júpiter e assinale a opção que traz o valor real da largura da faixa equatorial de Júpiter assinalada na imagem.

Já colocamos uma régua sobre a imagem para você fazer esta medida.



a) 16.200 km

b) 36.000 km

c) 45.000 km

d) 32.400 km

e) 8.100 km

2) - Nota obtida: _____

Resposta:

O diâmetro de Io na imagem é de 4 mm e o diâmetro real é de 2×1.800 km = 3.600 km. A largura da faixa é de 18mm, logo, sua largura real é obtida pela "regra de três":

$$\frac{4\ mm}{18\ mm} = \frac{3.600\ km}{x\ km} \rightarrow x = \frac{18\ mm \times 3.600\ km}{4\ mm} = 16.200\ km$$

Questão 3) (1 ponto) A massa de uma estrela é o combustível para os processos de fusão nuclear. Podemos, então, presumir que o seu tempo de vida na Sequência Principal é proporcional à massa estelar dividida pela sua Luminosidade, é uma medida de sua produção de energia.

Os modelos de evolução estelar nos dizem que apenas uma fração da massa de uma estrela está realmente disponível como combustível nuclear. Utilizando o Sol como parâmetro e assumindo que sua vida na Sequência Principal será de 10 x 10^9 anos (10 bilhões de anos), o tempo de vida *T* previsto para uma estrela permanecer na Sequência Principal dependerá de sua Massa *M* de acordo com a seguinte fórmula:

$$T = 10^{10}\left(\frac{M_{Sol}}{M_{estrela}}\right)^{\frac{5}{2}} anos$$

Utilizando a fórmula, assinale a alternativa que traz o tempo de vida da estrela hiper gigante com 100 vezes a massa do Sol ($M_{estrela} = 100M_{Sol}$).

a) 100.000 anos

b) 1.000.000 anos

c) 10.000.000 anos

d) 100.000.000 anos

e) 1.000.000.000 anos

Resposta: aplicando a fórmula, e considerando M_{Sol} = 1, temos

$$T = 10^{10}\left(\frac{1}{100}\right)^{\frac{5}{2}} = 10^{10}\left(\frac{1}{\sqrt{100}}\right)^{5} = \frac{10^{10}}{10^{5}} \rightarrow T = \ 10^{5}\ anos$$

3) - Nota obtida: _____

Questão 4) (1 ponto) A massa de uma estrela é o combustível para os processos de fusão nuclear. Podemos, então, presumir que o seu tempo de vida na Sequência Principal é proporcional à massa estelar dividida pela sua Luminosidade, é uma medida de sua produção de energia.

Os modelos de evolução estelar nos dizem que apenas uma fração da massa de uma estrela está realmente disponível como combustível nuclear. Utilizando o Sol como parâmetro e assumindo que sua vida na Sequência Principal será de 10 x 10^9 anos (10 bilhões de anos), o tempo de vida *T* previsto para uma estrela permanecer na Sequência Principal dependerá de sua Massa *M* de acordo com a seguinte fórmula:

$$T = 10^{10}\left(\frac{M_{Sol}}{M_{estrela}}\right)^{\frac{5}{2}} anos$$

Utilizando a fórmula, assinale a alternativa que traz o tempo aproximado de vida da estrela super gigante com 25 vezes a massa do Sol ($M_{estrela} = 25M_{Sol}$).

a) 3.200.000 anos

b) 32.000.000 anos

c) 320.000.000 anos

d) 3.200.000.000 anos

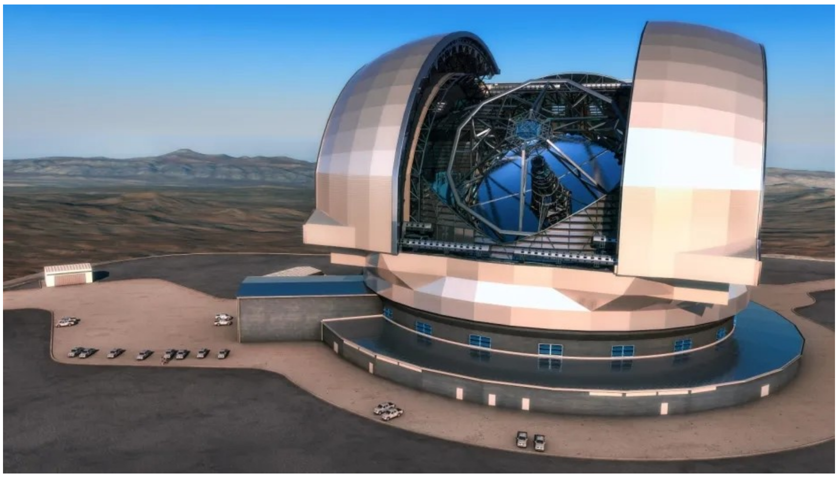
e) 320.000 anos

Resposta: aplicando a fórmula, e considerando $M_{Sol} = 1$, temos

$$T = 10^{10}\left(\frac{1}{25}\right)^{\frac{5}{2}} = 10^{10}\left(\frac{1}{\sqrt{25}}\right)^{5} = \frac{10^{10}}{5^5} = \frac{10^{10}}{3.125} \rightarrow T = 3.200.000\ anos$$

4) - Nota obtida: _____

Questão 5) (1 ponto) Apelidado de “o maior olho do mundo virado para o céu”, o *Extremely Large Telescope* (telescópio extremamente grande, em tradução livre), ou apenas ELT, será o maior telescópio óptico do planeta.



Desenvolvido pelo Observatório Europeu do Sul (ESO, na sigla em inglês), a ser instalado no Deserto do Atacama, no Chile, o equipamento terá um espelho que medirá 39 metros de diâmetro, com previsão de inauguração em 2027.

O maior telescópio instalado no Brasil fica no Observatório Pico dos Dias (OPD), na cidade de Brazópolis/MG, e é administrado pelo Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA/MCTI). Seu espelho primário tem 1,6 metro de diâmetro.

Considere que uma câmera digital, acoplada ao telescópio do OPD, precise de 600 segundos de exposição para registrar a imagem de uma determinada estrela de brilho muito fraco.

Assinale a opção que traz o tempo aproximado que o ELT precisará para fazer o registro desta mesma estrela usando a esta mesma câmera digital acoplada ao seu espelho.

Dica: a luz da estrela é captada pelo espelho principal de um telescópio. Então, quanto maior a área do espelho, mais luz o espelho coleta e mais rapidamente a câmera digital registra sua imagem.

a) 1,0 s

b) 1,6 s

c) 10,0 s

d) 24,0 s

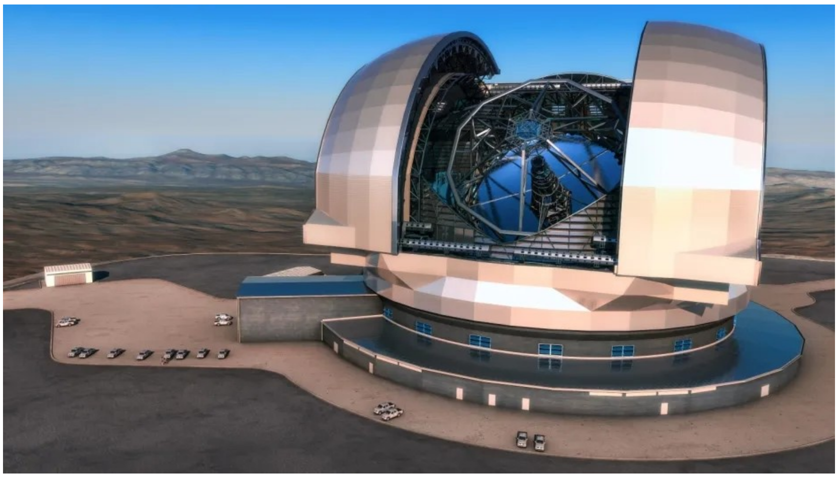
e) 39,0 s

5) - Nota obtida: _____

Resposta: o tempo de exposição é inversamente proporcional à quantidade de luz (fótons) coletados pelos espelhos, que por sua vez é proporcional à área dos espelhos., ou seja, o tempo de exposição é inversamente proporcional à área do espelho do telescópio. Sendo assim, podemos usar uma regra de três inversa para equacionar este problema.

$$\frac{600\ s}{x\ s} = \frac{\pi\left(\frac{39\ m}{2}\right)^2}{\pi\left(\frac{1,6\ m}{2}\right)^2} \rightarrow x = 600\ s \times \frac{(1,6\ m)^2}{(39\ m)^2} \rightarrow x \cong 1\ s$$

Questão 6) (1 ponto) Apelidado de “o maior olho do mundo virado para o céu”, o *Extremely Large Telescope* (telescópio extremamente grande, em tradução livre), ou apenas ELT, será o maior telescópio óptico do planeta.



Desenvolvido pelo Observatório Europeu do Sul (ESO, na sigla em inglês), a ser instalado no Deserto do Atacama, no Chile, o equipamento terá um espelho que medirá 39 metros de diâmetro, com previsão de inauguração em 2027.

O maior telescópio instalado no Brasil fica no Observatório Pico dos Dias (OPD), na cidade de Brazópolis/MG, e é administrado pelo Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA/MCTI). Seu espelho primário tem 1,6 metro de diâmetro.

Considere que uma câmera digital, acoplada ao telescópio do OPD, precise de 300 segundos de exposição para registrar a imagem de uma determinada estrela de brilho muito fraco.

Assinale a opção que traz o tempo aproximado que o ELT precisará para fazer o registro desta mesma estrela usando a esta mesma câmera digital acoplada ao seu espelho.

Dica: a luz da estrela é captada pelo espelho principal de um telescópio. Então, quanto maior a área do espelho, mais luz o espelho coleta e mais rapidamente a câmera digital registra sua imagem.

a) 0,5 s

b) 1,6 s

c) 10,0 s

d) 24,0 s

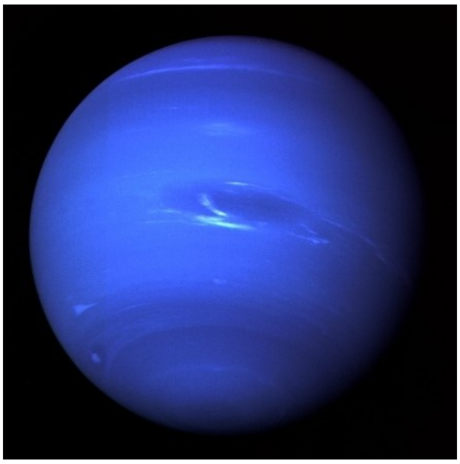
e) 39,0 s

6) - Nota obtida: _____

Resposta: o tempo de exposição é inversamente proporcional à quantidade de luz (fótons) coletados pelos espelhos, que por sua vez é proporcional à área dos espelhos., ou seja, o tempo de exposição é inversamente proporcional à área do espelho do telescópio. Sendo assim, podemos usar uma regra de três inversa para equacionar este problema.

$$\frac{300\ s}{x\ s} = \frac{\pi\left(\frac{39\ m}{2}\right)^2}{\pi\left(\frac{1{,}6\ m}{2}\right)^2} \rightarrow x = 300\ s \times \frac{(1{,}6\ m)^2}{(39\ m)^2} \rightarrow x \cong 0{,}5\ s$$

Questão 7) (1 ponto) Netuno é o oitavo planeta do Sistema Solar, o último a partir do Sol desde a reclassificação de Plutão para a categoria de Planeta Anão, em 2006. Pertencente ao grupo dos gigantes gasosos com massa, equivalente a 17 massas terrestres. Netuno orbita o Sol a uma distância média de 30,1 unidades astronômicas. A órbita de Netuno possui período orbital de aproximadamente 164 anos terrestres e sua excentricidade é somente de 0,011, o que faz dela uma das órbitas mais circulares dentre os planetas do Sistema Solar.



Em relação à perpendicular ao plano da sua órbita, o eixo de rotação de Netuno é inclinado em 28,3°, similar à inclinação do eixo terrestre, que é de 23,5°. Por isso o planeta apresenta variações sazonais da radiação solar recebida nos hemisférios norte e sul, tal como a Terra

No ano de 2005 começou o solstício de verão no Hemisfério Sul de Netuno. Assinale a opção que traz em que ano ocorreu o último solstício de inverno neste mesmo Hemisfério de Netuno.

a) 1923

b) 1841

c) 1964

d) 1882

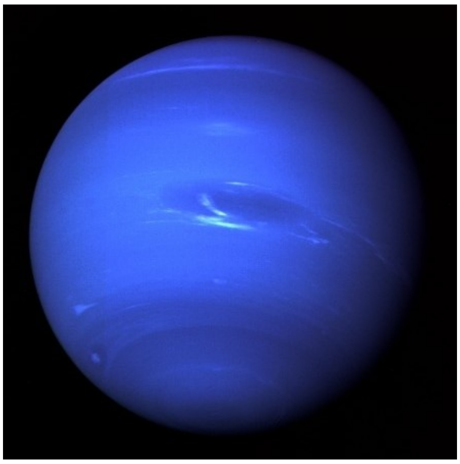
e) 1800

7) - Nota obtida: _____

Resposta: O texto informa que Netuno tem uma das órbitas mais circulares do Sistema Solar de forma que podemos considerar que cada “estação do ano” em Netuno dura 1/4 do seu período orbital, ou seja, 164 anos/4 = 41 anos.

Portanto o último solstício de inverno no Hemisfério Sul de Netuno ocorreu meio período orbital em relação a 2005, ou seja, 2005 - 82 = 1923.

Questão 8) (1 ponto) Netuno é o oitavo planeta do Sistema Solar, o último a partir do Sol desde a reclassificação de Plutão para a categoria de Planeta Anão, em 2006. Pertencente ao grupo dos gigantes gasosos com massa, equivalente a 17 massas terrestres. Netuno orbita o Sol a uma distância média de 30,1 unidades astronômicas. A órbita de Netuno possui período orbital de aproximadamente 164 anos terrestres e sua excentricidade é somente de 0,011, o que faz dela uma das órbitas mais circulares dentre os planetas do Sistema Solar.



Em relação à perpendicular ao plano da sua órbita, o eixo de rotação de Netuno é inclinado em 28,3°, similar à inclinação do eixo terrestre, que é de 23,5°. Por isso o planeta apresenta variações sazonais da radiação solar recebida nos hemisférios norte e sul, tal como a Terra

No ano de 2005 começou o solstício de verão no Hemisfério Sul de Netuno. Assinale a opção que traz em que ano ocorrerá o próximo solstício de verão no Hemisfério Norte de Netuno.

a) 2087

b) 2046

c) 2128

d) 2169

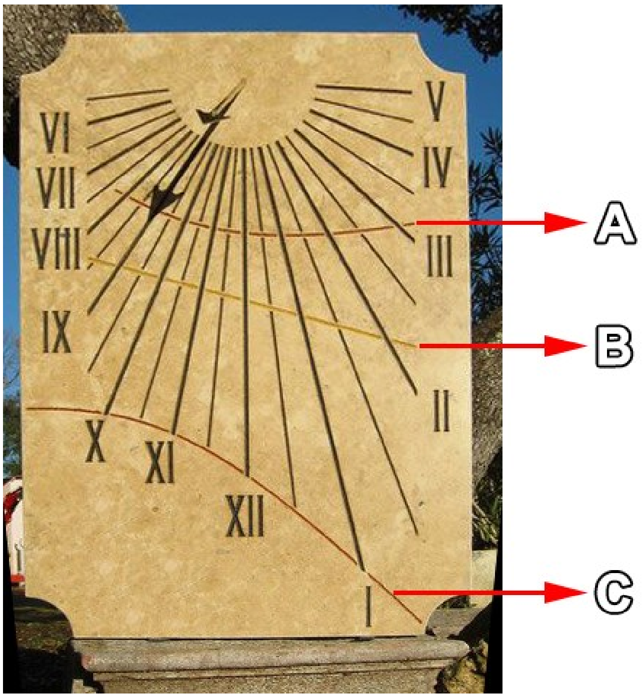
e) 2210

8) - Nota obtida: _____

Resposta: O texto informa que Netuno tem uma das órbitas mais circulares do Sistema Solar de forma que podemos considerar que cada "estação do ano" em Netuno dura 1/4 do seu período orbital, ou seja, 164 anos/4 = 41 anos.

Em 2005 começou o solstício de inverno no Hemisfério Norte de Netuno, portanto o próximo solstício de verão neste mesmo hemisfério ocorrerá 1/2 período orbital depois de 2005, ou seja, 2005 + 82 = 2087.

Questão 9) (1 ponto) Um relógio de Sol é um relógio que marca a hora solar a partir da projeção da sombra de uma haste. No sentido mais restrito da palavra, consiste em uma placa plana (ou mostrador) e uma haste, que projeta uma sombra no mostrador. Conforme o Sol parece se mover no céu, a sombra se alinha com as diferentes linhas horárias, que são marcadas no mostrador para indicar a hora solar verdadeira.



À direita temos um relógio de Sol vertical (seu mostrador fica em pé), esculpido em pedra, onde vemos sua haste, em forma de seta (a seta pequena), e sua sombra (a seta longa) marcando a hora solar local.

Na imagem à direita, também vemos 3 linhas destacadas com as letras **A**, **B** e **C.** As linhas **A** e **C** demarcam, respectivamente, o limite dos comprimentos mínimo e máximo que a sombra da haste pode atingir ao longo do ano, ou seja, durante os solstícios. A linha **B** corresponde aos equinócios.

A instalação de um relógio de Sol requer o conhecimento da latitude local (pois a haste precisa ser montada de forma a ficar paralela ao eixo de rotação da Terra), da direção vertical precisa (por exemplo, através de um nível ou prumo) e da direção dos Pontos Cardeais.

Baseado nas informações do texto, assinale a única opção verdadeira.

a) Durante o Solstício de Verão a ponta da sombra da haste percorre a linha C.

b) Lemos no mostrador que são 10 h da manhã.

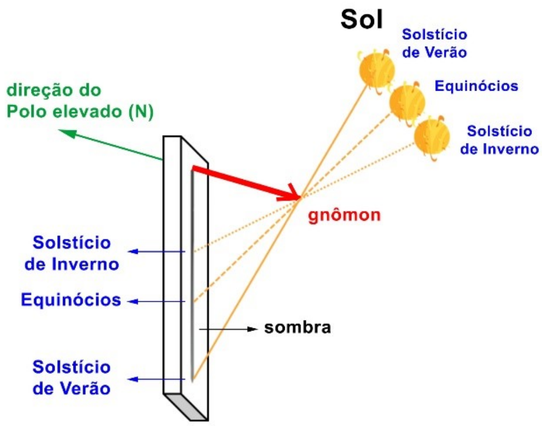
c) Este relógio vai marcar a hora solar verdadeira em qualquer latitude em for instalado.

d) Se este relógio for colocado na horizontal, ele continuará marcando a hora solar corretamente.

e) Este relógio pode ser instalado com seu mostrador virado de frente para qualquer Ponto Cardeal

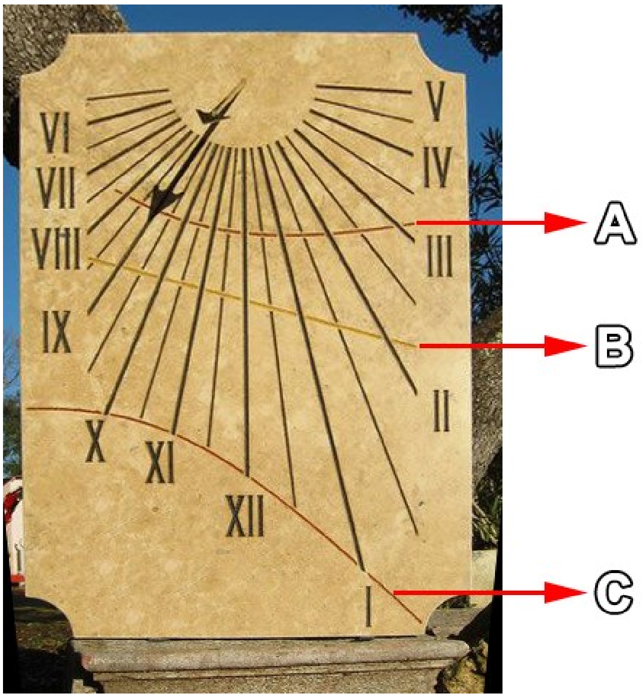
9) - Nota obtida: _____

Resposta: Como o mostrador do relógio é vertical, no dia do Solstício de Verão a sombra projetada da haste será a mais longa possível e, portanto, a ponta da sombra da haste percorrerá a linha C.



Vemos na foto que a haste indica que são 9h e as demais opções contradizem o texto.

Questão 10) (1 ponto) Um relógio de Sol é um relógio que marca a hora solar a partir da projeção da sombra de uma haste. No sentido mais restrito da palavra, consiste em uma placa plana (ou mostrador) e uma haste, que projeta uma sombra no mostrador. Conforme o Sol parece se mover no céu, a sombra se alinha com as diferentes linhas horárias, que são marcadas no mostrador para indicar a hora solar verdadeira.



À direita temos um relógio de Sol vertical (seu mostrador fica em pé), esculpido em pedra, onde vemos sua haste, em forma de seta (a seta pequena), e sua sombra (a seta longa) marcando a hora solar local.

Na imagem à direita, também vemos 3 linhas destacadas com as letras **A**, **B** e **C.** As linhas **A** e **C** demarcam, respectivamente, o limite dos comprimentos mínimo e máximo que a sombra da haste pode atingir ao longo do ano, ou seja, durante os solstícios. A linha **B** corresponde aos equinócios.

A instalação de um relógio de Sol requer o conhecimento da latitude local (pois a haste precisa ser montada de forma a ficar paralela ao eixo de rotação da Terra), da direção vertical precisa (por exemplo, através de um nível ou prumo) e da direção dos Pontos Cardeais.

Baseado nas informações do texto, assinale a única opção verdadeira.

a) Durante o Solstício de Inverno a ponta da sombra da haste percorre a linha A.

b) Lemos no mostrador que são 9 h 30 min da manhã.

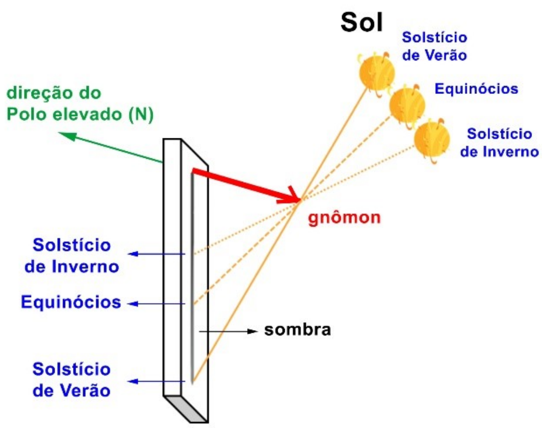
c) Este relógio vai marcar a hora solar em qualquer latitude em for instalado.

d) Se este relógio for colocado na horizontal, ele continuará marcando a hora solar corretamente.

e) Este relógio pode ser instalado com seu mostrador virado para qualquer Ponto Cardeal.

10) - Nota obtida: _____

Resposta: Como o mostrador do relógio é vertical, no dia do Solstício de Inverno a sombra projetada da haste será a mais curta possível e, portanto, a ponta da sombra da haste percorrerá a linha A.



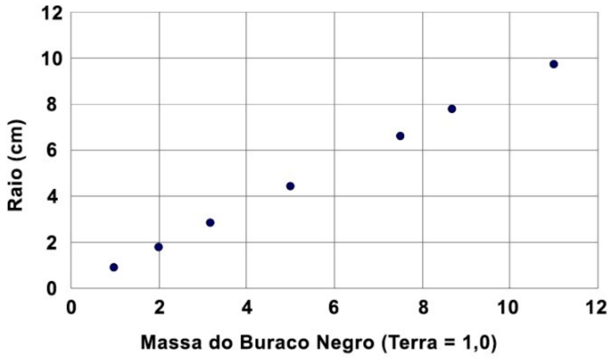
Vemos na foto que a haste indica que são 9h e as demais opções contradizem o texto.

Questão 11) (1 ponto) Os buracos negros são tão densos que enormes quantidades de matéria podem ser comprimidas em espaços muito pequenos. Como os buracos negros são o resultado de um colapso gravitacional, pelo menos teoricamente, não há limite para quão grandes ou pequenos eles podem ser. O tamanho de um buraco negro depende de algo chamado Raio de Schwarzschild (R_{Sch}). Este raio está associado à extensão do horizonte de eventos que haveria caso a massa de tal corpo fosse concentrada em um único ponto de dimensões infinitesimais.

M_T	$Raio_{Sch}$
1,0	0,88 cm
2,0	1,76 cm
3,2	2,82 cm
5,0	4,40 cm
7,5	6,60 cm
8,8	7,74 cm
11,0	9,68 cm

A tabela à direita fornece o raio teórico de buracos negros de várias massas. As massas são todas dadas em termos da massa da Terra (M_T = 6,00 × 10^{24} kg), de modo que '2,0' significa um buraco negro com o dobro da massa do nosso planeta.

Em seguida temos os valores da tabela colocados em um gráfico.



Com as informações da tabela e do gráfico, assinale a opção que traz o valor teórico, aproximado, do raio de um buraco negro com massa equivalente à massa de Júpiter (1,92 × 10^{27} kg).

a) 2,82 m

b) 5,64 m

c) 1,92 m

d) 12,50 m

e) 14,10 m

11) - Nota obtida: _____

Resposta: O gráfico da tabela nos mostra que existe uma relação linear entre a massa e o raio de um Buraco Negro. Então, podemos usar uma regra de três simples para resolver o problema usando um par (massa, raio) qualquer da tabela, por exemplo: 5,0 $M_T \rightarrow R_{Sch}$ = 4,4 cm.

$$\frac{5{,}0\ M_T}{4{,}40\ cm} = \frac{1{,}0\ M_{Júpiter}}{x\ cm}$$

Substituindo-se os valores e resolvendo para x:

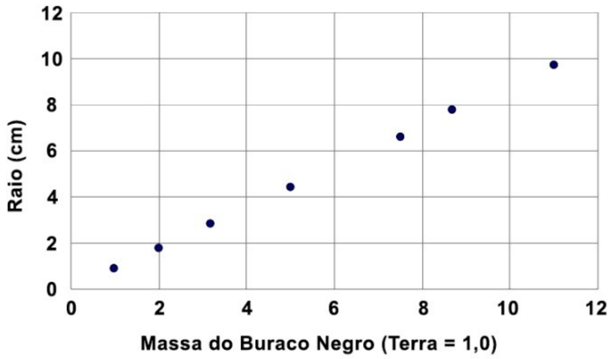
$$x = \frac{4{,}40\ cm \times 1{,}92 \times 10^{27}\ kg}{5 \times 6{,}00 \times 10^{24}\ kg} \rightarrow x = 281{,}6\ cm \approx 2{,}82\ m$$

Questão 12) (1 ponto) Os buracos negros são tão densos que enormes quantidades de matéria podem ser comprimidas em espaços muito pequenos. Como os buracos negros são o resultado de um colapso gravitacional, pelo menos teoricamente, não há limite para quão grandes ou pequenos eles podem ser. O tamanho de um buraco negro depende de algo chamado Raio de Schwarzschild (R_{Sch}). Este raio está associado à extensão do horizonte de eventos que haveria caso a massa de tal corpo fosse concentrada em um único ponto de dimensões infinitesimais.

M_T	$Raio_{Sch}$
1,0	0,88 cm
2,0	1,76 cm
3,2	2,82 cm
5,0	4,40 cm
7,5	6,60 cm
8,8	7,74 cm
11,0	9,68 cm

A tabela à direita fornece o raio teórico de buracos negros de várias massas. As massas são todas dadas em termos da massa da Terra (M_T = 6,00 × 10^{24} kg), de modo que '2,0' significa um buraco negro com o dobro da massa do nosso planeta.

Em seguida temos os valores da tabela colocados em um gráfico.



Com as informações da tabela e do gráfico, assinale a opção que traz o valor teórico, aproximado, do raio de um buraco negro com massa equivalente à massa de Saturno (5,70 × 10^{26} kg).

a) 0,84 m

b) 1,68 m

c) 3,70 m

d) 4,20 m

e) 5,70 m

12) - Nota obtida: _____

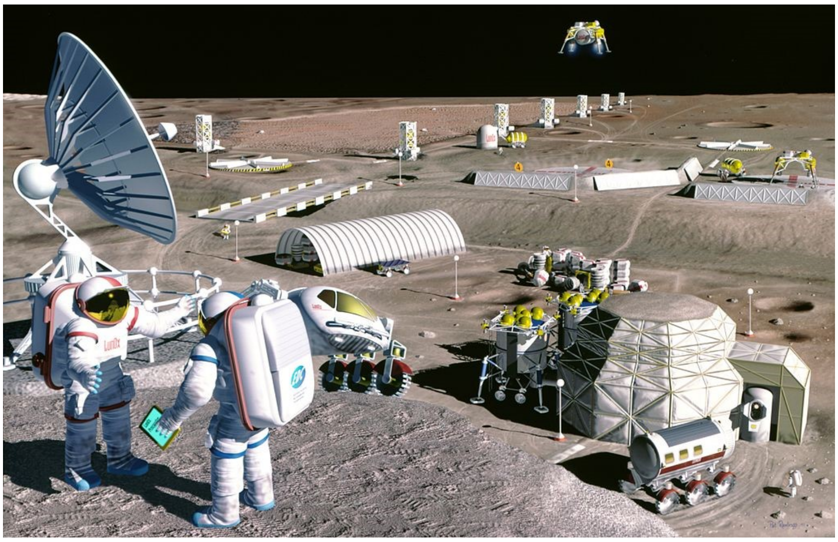
Resposta: O gráfico da tabela nos mostra que existe uma relação linear entre a massa e o raio de um Buraco Negro. Então, podemos usar uma regra de três simples para resolver o problema usando um par (massa, raio) qualquer da tabela, por exemplo: 5,0 $M_T \rightarrow R_{Sch}$ = 4,4 cm.

$$\frac{5{,}0\ M_T}{4{,}40\ cm} = \frac{1{,}0\ M_{Saturno}}{x\ cm}$$

Substituindo-se os valores e resolvendo para x:

$$x = \frac{4{,}40\ cm \times 5{,}70 \times 10^{26}\ kg}{5 \times 6{,}00 \times 10^{24}\ kg} \rightarrow x = 83{,}6\ cm \approx 0{,}84\ m$$

Questão 13) (1 ponto) Sem uma atmosfera, não há nada que impeça que milhões de kg de fragmentos de rocha e gelo, que vagam pelo espaço, atinjam a superfície lunar todo o ano. Na Terra, nossa atmosfera nos protege e poucos fragmentos chegam até o solo.



Viajando a cerca de 19 km/s, estes fragmentos são mais rápidos que uma bala e são totalmente silenciosos e invisíveis até atingirem a superfície da Lua.

Isso é algo com que os futuros exploradores e colonos lunares precisam se preocupar!

Durante 2 anos seguidos, os astrônomos da NASA contaram 100 flashes de luz provenientes dos impactos de meteoritos na superfície lunar, cada um equivalente a algumas dezenas de kg de TNT, por isso a preocupação.

Considere que os astrônomos só conseguiram observar os impactos em 1/4 da superfície da Lua e que a Lua é esférica com raio R_{Lua} = 1.737,0 km.

Com essas informações, assinale a opção que traz o tempo aproximado que uma colônia lunar de 10 km^2 deverá esperar para ocorrer um impacto direto em suas instalações.

Dicas: - utilize a fórmula $A = 4\pi R^2$ para calcular a área da superfície da Lua;
- calcule a taxa de impactos em termos de 'meteoritos/km^2·ano';
- multiplique a taxa ***acima*** *pela área total da colônia lunar. Você obterá um número muito menor do que 1 meteorito por ano caindo na área da base lunar.*
- Calcule, finalmente, quanto tempo será necessário esperar para que UM meteorito caia na base lunar em questão.

a) 19.000 anos

b) 76.000 anos

c) 9.500 anos

d) 1.737 anos

e) 2 anos

13) - Nota obtida: _____

Resposta: Vamos começar calculando a área **A_{Lua}** da superfície da Lua.

$$A_{Lua} = 4\pi(1737\ km)^2 \rightarrow A_{Lua} \cong 3{,}8 \times 10^7\ km^2$$

A taxa T_{Lua} de impactos na superfície da Lua será, então

$$T_{Lua} = \frac{n^\circ\ de\ impactos}{área\ observada \times tempo\ de\ observação} \rightarrow T_{Lua} = \frac{100\ meteoritos}{\left(\frac{1}{4} \times 3{,}8 \times 10^7\ km^2\right) \times (2\ anos)}$$

$$T_{Lua} \cong 5{,}3 \times 10^{-6} \frac{meteoritos}{km^2 \cdot ano}$$

Então, em 10 km^2 a taxa $T_{colônia}$ de impactos na colônia será de

$$T_{colônia} = T_{Lua} \times área\ da\ colônia \rightarrow T_{colônia} = 5{,}3 \times 10^{-6} \frac{meteoritos}{km^2 \cdot ano} \times 10\ km^2$$

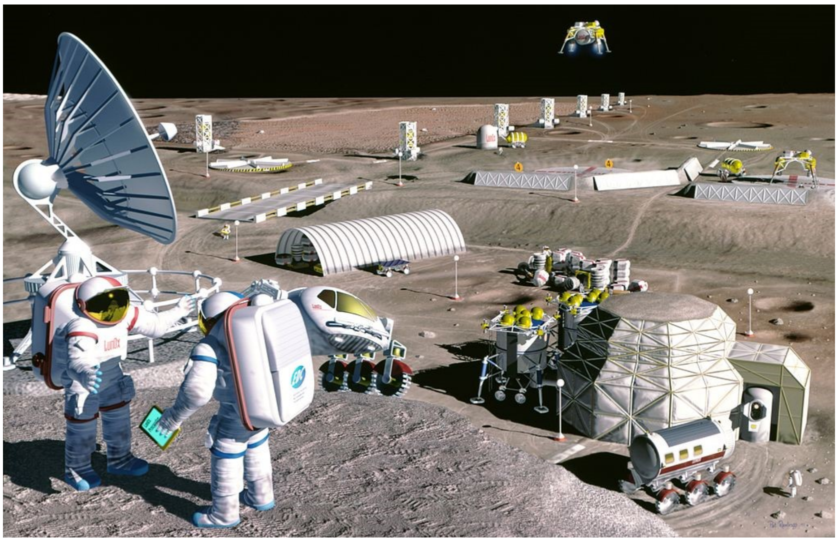
$$T_{colônia} = 5{,}3 \times 10^{-5} \frac{meteoritos}{ano}$$

Para saber o tempo médio esperado entre dois impactos diretos na colônia, usamos uma regra de três simples:

$$\frac{5{,}3 \times 10^{-5}\ meteoritos}{1\ ano} = \frac{1\ meteorito}{t\ anos}$$

$$t = \frac{1\ meteorito \times 1\ ano}{5{,}3 \times 10^{-5}\ meteoritos} \rightarrow t \cong 1{,}9 \times 10^{4}\ anos = 19.000\ anos$$

Questão 14) (1 ponto) Sem uma atmosfera, não há nada que impeça que milhões de kg de fragmentos de rocha e gelo, que vagam pelo espaço, atinjam a superfície lunar todo o ano. Na Terra, nossa atmosfera nos protege e poucos fragmentos chegam até o solo.



Viajando a cerca de 19 km/s, estes fragmentos são mais rápidos que uma bala e são totalmente silenciosos e invisíveis até atingirem a superfície da Lua.

Isso é algo com que os futuros exploradores e colonos lunares precisam se preocupar!

Durante 2 anos seguidos, os astrônomos da NASA contaram 100 flashes de luz provenientes dos impactos de meteoritos na superfície lunar, cada um equivalente a algumas dezenas de kg de TNT, por isso a preocupação.

Considere que os astrônomos só conseguiram observar os impactos em 1/4 da superfície da Lua e que a Lua é esférica com raio R_{Lua} = 1.737,0 km.

Com essas informações, assinale a opção que traz o tempo aproximado que uma colônia lunar de 10 km^2 deverá esperar para ocorrer um impacto direto em suas instalações.

Dicas: - utilize a fórmula $A = 4\pi R^2$ para calcular a área da superfície da Lua;

- calcule a taxa de impactos em termos de 'meteoritos/km^2·ano';

- multiplique a taxa ***acima*** *pela área total da colônia lunar. Você obterá um número muito menor do que 1 meteorito por ano caindo na área da base lunar.*

- Calcule, finalmente, quanto tempo será necessário esperar para que UM meteorito caia na base lunar em questão.

a) 9.400 anos

b) 37.600 anos

c) 4.700 anos

d) 1.737 anos

e) 2 anos

14) - Nota obtida: _____

Resposta: Vamos começar calculando a área **A_{Lua}** da superfície da Lua.

$$A_{Lua} = 4\pi(1737\ km)^2 \rightarrow A_{Lua} \cong 3{,}8 \times 10^7\ km^2$$

A taxa T_{Lua} de impactos na superfície da Lua será, então

$$T_{Lua} = \frac{n^{\circ}\ de\ impactos}{área\ observada \times tempo\ de\ observação} \rightarrow T_{Lua} = \frac{100\ meteoritos}{\left(\frac{1}{4} \times 3{,}8 \times 10^7\ km^2\right) \times (2\ anos)}$$

$$T_{Lua} \cong 5{,}3 \times 10^{-6} \frac{meteoritos}{km^2 \cdot ano}$$

Então, em 20 km^2 a taxa $T_{colônia}$ de impactos na colônia será de

$$T_{colônia} = T_{Lua} \times área\ da\ colônia \rightarrow T_{colônia} = 5{,}3 \times 10^{-6} \frac{meteoritos}{km^2 \cdot ano} \times 20\ km^2$$

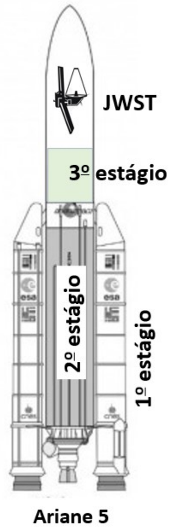
$$T_{colônia} = 10{,}6 \times 10^{-5} \frac{meteoritos}{ano}$$

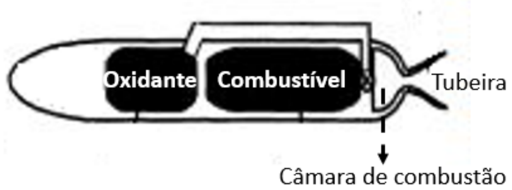
Para saber o tempo médio esperado entre dois impactos diretos na colônia, usamos uma regra de três simples:

$$\frac{10{,}6 \times 10^{-5}\ meteoritos}{1\ ano} = \frac{1\ meteorito}{t\ anos}$$

$$t = \frac{1\ meteorito \times 1\ ano}{10{,}6 \times 10^{-5}\ meteoritos} \rightarrow t \cong 9{,}4 \times 10^{3}\ anos = 9.400\ anos$$

Questão 15) (1 ponto) QUESTÃO CANCELADA. VEJA EXPLICAÇÃO NA PÁGINA 1. No Natal de 2021, uma obra-prima da engenharia espacial foi lançada ao espaço. Trata-se do Telescópio Espacial James Webb (James Webb Space Telescope - JWST), com 6.000 kg de massa, que levou décadas para ser desenvolvido e demandou investimentos de 10 bilhões de dólares dos EUA, Europa e Canadá. Para posicionar o JWST no ponto de Lagrange L2, situado a 1,5 milhão de quilômetros da Terra (ao longo da linha Terra-Lua), foi utilizado o foguete europeu Ariane 5, que possui 3 estágios, conforme ilustrado na figura. Os 2 motores do 1º estágio do Ariane 5 utilizam propelente sólido e funcionam por 2 minutos, após os quais são liberados, caindo no mar. O motor do 2º estágio funciona por 9 minutos, findos os quais o estágio é ejetado e o motor do 3º estágio é acionado. Este funciona por 16 minutos. O 2º e 3º estágios fazem uso de propelente líquido: hidrogênio (combustível) e oxigênio (oxidante). A energia liberada durante a reação química entre o H_2 e o O_2 gera vapor de água a 3.000 ºC de temperatura e 100 atmosferas de pressão no interior da câmara de combustão. É a expansão desses gases através da tubeira que gera a força de empuxo necessária ao movimento do Ariane 5.





$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O + \text{ENERGIA}$$

Item a) Considere que no instante do lançamento a massa total do foguete Ariane 5 é de 800.000 kg, qual é a porcentagem desse total que corresponde ao Telescópio Espacial James Webb?

Item b) Considerando-se que as ondas eletromagnéticas enviadas pelo sistema de transmissão do JWST viajam à velocidade da luz (300.000 km/s), qual é o tempo necessário para essa informação chegar do telescópio espacial à Terra?

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens “a” e “b” acima e na sequência correta.

a) 0,75% e 5,0 s

b) 0,60 % e 3,0 s

c) 0,80% e 5,0 s

d) 0,75% e 3,0 s

e) 0,60% e 4,0 s

15) - Nota obtida: _____

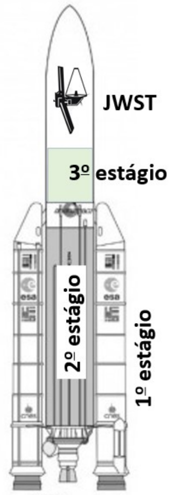
Resposta:

Item a) O enunciado principal informa que a massa do telescópio é de 6.000 kg, enquanto o enunciado da questão informa que a massa total do foguete é de 800.000 kg. Para se obter o percentual de massa do James Webb basta dividir 6.000/800.000 = 0,0075 → 0,75%.

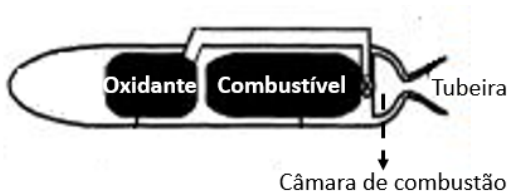
Item b) O enunciado da questão informa que que o ponto de Lagrange L2 está situado a 1,5 milhão de quilômetros da Terra. Além disso, é informado que os dados enviados pelo JWST viajam a 300.000 km/s. Dessa forma:

$$velocidade = \frac{distância}{tempo} \rightarrow tempo = \frac{distância}{velocidade} = \frac{1500000}{300000} = 5\ segundos$$

Questão 16) (1 ponto) QUESTÃO CANCELADA. VEJA EXPLICAÇÃO NA PÁGINA 1. No Natal de 2021, uma obra-prima da engenharia espacial foi lançada ao espaço. Trata-se do Telescópio Espacial James Webb (James Webb Space Telescope - JWST), com 6.000 kg de massa, que levou décadas para ser desenvolvido e demandou investimentos de 10 bilhões de dólares dos EUA, Europa e Canadá. Para posicionar o JWST no ponto de Lagrange L2, situado a 1,5 milhão de quilômetros da Terra (ao longo da linha Terra-Lua), foi utilizado o foguete europeu Ariane 5, que possui 3 estágios, conforme ilustrado na figura. Os 2 motores do 1º estágio do Ariane 5 utilizam propelente sólido e funcionam por 2 minutos, após os quais são liberados, caindo no mar. O motor do 2º estágio funciona por 9 minutos, findos os quais o estágio é ejetado e o motor do 3º estágio é acionado. Este funciona por 16 minutos. O 2º e 3º estágios fazem uso de propelente líquido: hidrogênio (combustível) e oxigênio (oxidante). A energia liberada durante a reação química entre o H_2 e o O_2 gera vapor de água a 3.000 ºC de temperatura e 100 atmosferas de pressão no interior da câmara de combustão. É a expansão desses gases através da tubeira que gera a força de empuxo necessária ao movimento do Ariane 5.



Ariane 5



$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O + \text{ENERGIA}$$

Item a) Considere que no instante do lançamento a massa total do foguete Ariane 5 é de 800.000 kg, qual é a porcentagem desse total que corresponde apenas ao foguete Ariane 5?

Item b) Considerando-se que as ondas eletromagnéticas enviadas pelo sistema de comando na Terra para o JWST viajam à velocidade da luz (300.000 km/s), qual é o tempo necessário para que um comando chegue até o telescópio espacial?

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens “a” e “b” acima e na sequência correta.

a) 99,25% e 5,0 s

b) 79,40% e 3,0 s

c) 80,00% e 5,0 s

d) 99,25% e 3,0 s

e) 79,40% e 4,0 s

16) - Nota obtida: _____

Resposta:

Item a) O enunciado principal informa que a massa do telescópio é de 6.000 kg, enquanto o enunciado da questão informa que a massa total do foguete é de 800.000 kg. Para se obter o percentual de massa apenas do foguete basta dividir a diferença entre as massas pela massa total, ou seja

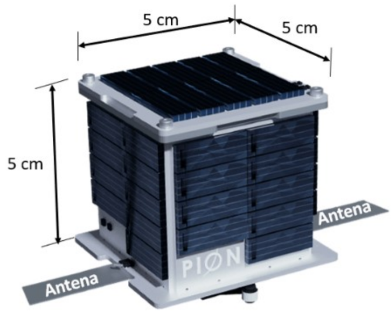
$$\frac{massa\ total - massa\ do\ telescópio}{massa\ total} \times 100\%$$

$$\frac{800.000\ kg - 6.000\ kg}{800.000\ kg} \times 100\% = \frac{794.000\ kg}{800.000\ kg} \times 100\% = 99{,}25\%$$

Item b) O enunciado da questão informa que que o ponto de Lagrange L2 está situado a 1,5 milhão de quilômetros da Terra. Além disso, é informado que os comandos enviados para o JWST viajam a 300.000 km/s. Dessa forma:

$$velocidade = \frac{distância}{tempo} \rightarrow tempo = \frac{distância}{velocidade} = \frac{1500000}{300000} = 5\ segundos$$

Questão 17) (1 ponto) Em 13 de janeiro de 2022, foi lançado em órbita o satélite PION-Br1, desenvolvido pela empresa brasileira PION Labs, formada por jovens engenheiros que no passado participaram da OBA e da MOBFOG. O PION-Br1 possui 250 g, equivalente à massa de um smartphone, e dimensões que permitem que ele caiba na palma de sua mão. Apesar de sua pequena massa e dimensões, ele incorpora tecnologias importantes para o desenvolvimento da engenharia espacial brasileira. Durante os 3 anos em que permanecerá em órbita, o PION-Br1 efetuará medições de temperatura, pressão e velocidade, que serão transmitidas às estações de rádio amadores na Terra.



Satélite PION-Br1

Item a) O PION-Br1 foi lançado ao espaço pelo foguete americano Falcon 9, que tem capacidade para lançar 15.000 kg em órbita terrestre, ao custo de 300 milhões de reais. Dessa forma, o PION-Br1 compartilhou sua viagem ao espaço com outros 100 satélites de diversos países. Baseado nessas informações calcule o custo específico médio por quilograma (R$/kg) do Falcon 9.

Item b) A empresa PION Labs planeja estabelecer uma constelação de 50 satélites PION-Br1 em órbita terrestre. Para lança-los ao espaço, uma das possibilidades é usar o foguete brasileiro VLM (Veículo Lançador de Microssatélites), ora em desenvolvimento pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). Considerando que o VLM será capaz de colocar 150 kg em órbita terrestre, quantos voos do VLM serão necessários? Por simplicidade, considere que os 50 satélites serão colocados em uma mesma órbita.

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens “a” e “b” acima e na sequência correta.

a) R$ 20.000,00/kg e 1 voo do VLM

b) R$ 20.000,00/kg e 2 voos do VLM

c) R$ 3.000.000,00/kg e 1 voo do VLM

d) R$ 3.000.000,00/kg e 2 voos do VLM

e) R$ 100.000,00 e 1 voo do VLM

17) - Nota obtida: _____

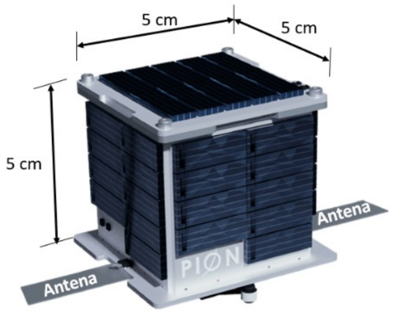
Resposta:

Item a) O custo médio por quilograma do Foguete Falcon 9 pode ser obtido dividindo-se seu custo total (300 milhões de reais) pela massa que ele coloca em órbita terrestre, ou seja:

Custo médio Falcon 9 = R$ 300.000.000,00 / 15.000 kg = R$ 20.000,00/kg

Item b) Os 50 satélites da constelação PION-Br1 teriam a massa de 50 × 0,25 kg = 12,5 kg. Portanto, um único foguete VLM seria capaz de lançar a constelação proposta em um único voo e ainda sobraria espaço para levar outros satélites.

Questão 18) (1 ponto) Em 13 de janeiro de 2022, foi lançado em órbita o satélite PION-Br1, desenvolvido pela empresa brasileira PION Labs, formada por jovens engenheiros que no passado participaram da OBA e da MOBFOG. O PION-Br1 possui 250 g, equivalente à massa de um smartphone, e dimensões que permitem que ele caiba na palma de sua mão. Apesar de sua pequena massa e dimensões, ele incorpora tecnologias importantes para o desenvolvimento da engenharia espacial brasileira. Durante os 3 anos em que permanecerá em órbita, o PION-Br1 efetuará medições de temperatura, pressão e velocidade, que serão transmitidas às estações de rádio amadores na Terra.



Satélite PION-Br1

Item a) (0,5 ponto) O PION-Br1 foi lançado ao espaço pelo foguete americano Falcon 9, que tem capacidade para lançar 20.000 kg em órbita terrestre, ao custo de 300 milhões de reais. Dessa forma, o PION-Br1 compartilhou sua viagem ao espaço com outros 120 satélites de diversos países. Baseado nessas informações calcule o custo específico médio por quilograma (R$/kg) do Falcon 9.

Item b) (0,5 ponto) A empresa PION Labs planeja estabelecer uma constelação de 75 satélites PION-Br1 em órbita terrestre. Para lança-los ao espaço, uma das possibilidades é usar o foguete brasileiro VLM (Veículo Lançador de Microssatélites), ora em desenvolvimento pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). Considerando que o VLM será capaz de colocar 150 kg em órbita terrestre, quantos voos do VLM serão necessários? Por simplicidade, considere que os 75 satélites serão colocados em uma mesma órbita.

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens "a" e "b" acima e na sequência correta.

a) R$ 15.000,00/kg e 1 voo do VLM

b) R$ 15.000,00/kg e 2 voos do VLM

c) R$ 2.500.000,00/kg e 1 voo do VLM

d) R$ 2.500.000,00/kg e 2 voos do VLM

e) R$ 120.000,00 e 1 voo do VLM

18) - Nota obtida: _____

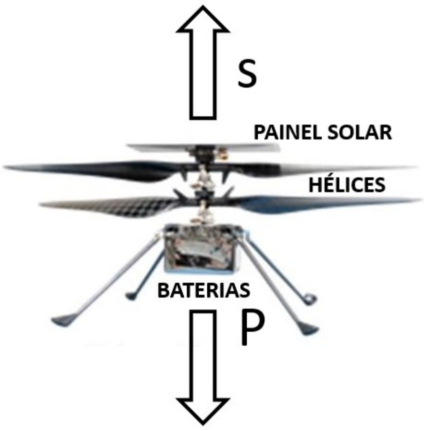
Resposta:

Item a) O custo médio por quilograma do Foguete Falcon 9 pode ser obtido dividindo-se seu custo total (300 milhões de reais) pela massa que ele coloca em órbita terrestre, ou seja:

Custo médio Falcon 9 = R$ 300.000.000,00 / 20.000 kg = R$ 15.000,00/kg

Item b) Os 75 satélites da constelação PION-Br1 teriam a massa de 75 × 0,25 kg = 18,75 kg. Portanto, um único foguete VLM seria capaz de lançar a constelação proposta em um único voo e ainda sobraria espaço para levar outros satélites.

Questão 19) (1 ponto) Em 18 de fevereiro de 2021, a NASA pousou em Marte o jipe-robô *Perseverance* e o pequeno helicóptero *Ingenuity*, ilustrado na figura. Para se manter em uma determinada altitude na atmosfera marciana a força aerodinâmica de sustentação (S), gerada pela rotação do seu conjunto de hélices, tem que ser igual à força peso (P = mg). Como a gravidade na superfície marciana é menor que aquela existente na superfície terrestre, parece ser mais fácil voar em Marte do que na Terra. Mas não é tão simples assim. A força S é proporcional à densidade atmosférica, que, próximo à superfície marciana, equivale a 1% daquela existente na superfície terrestre. Para compensar a baixa densidade, o conjunto de hélices do *Ingenuity* gira a 2.400 rotações por minuto (rpm). A energia necessária para girar as hélices é fornecida por baterias, alimentadas por energia solar. Neste contexto, o *Ingenuity* é considerado pela NASA um demonstrador tecnológico, ou seja, seu objetivo é mostrar a possibilidade de voar na rarefeita atmosfera do planeta vermelho.



Dica: em seus cálculos considere a aceleração da gravidade **g** *em Marte igual a 0,36 daquela existente na Terra.*

Item a) O *Ingenuity* tem massa **m** = 1,8 kg. Calcule a força aerodinâmica de sustentação, S, necessária para mantê-lo voando numa posição fixa próxima à superfície de Marte. Considere que a aceleração da gravidade na superfície da Terra seja de 10 m/s^2.

Item b) Usando uma abordagem simplificada, a força de sustentação que atua sobre as hélices é dada por $S = C \times \rho \times v^2$, onde C é uma constante, ρ é a densidade atmosférica local e v é a velocidade média de rotação das hélices. Considerando que a velocidade de rotação das hélices é a mesma em Marte e na Terra, calcule a razão S_{Terra}/S_{Marte}.

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens "a" e "b" acima e na sequência correta.

a) 6,48 N e 100

b) 3,60 N e 100

c) 6,48 N e 10

d) 3,60 N e 10

e) 8,00 N e 100

19) - Nota obtida: _____

Resposta:

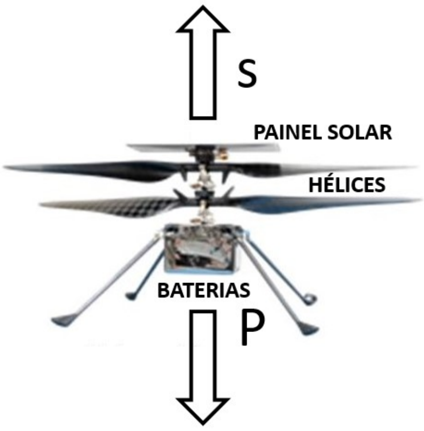
Item a) A força aerodinâmica resultante da rotação das hélices (S) deve se igualar à força peso (P):

$$S = P = m \times g = 1{,}8\ kg \times 0{,}36 \times 10\ m/s^2 = 6{,}48\ N$$

Item b) $S_{Terra} = C \times \rho_{Terra} \times v^2$, $S_{Marte} = C \times \rho_{Marte} \times v^2$

$\frac{S_{Terra}}{S_{Marte}} = \frac{C \times \rho_{Terra} \times v^2}{C \times \rho_{Marte} \times v^2} = \frac{\rho_{Terra}}{\rho_{Marte}}$ → Do enunciado $\rho_{Terra} = 100\ \rho_{Marte}$ → $\frac{S_{Terra}}{S_{Marte}} = 100$

Questão 20) (1 ponto) Em 18 de fevereiro de 2021, a NASA pousou em Marte o jipe-robô *Perseverance* e o pequeno helicóptero *Ingenuity*, ilustrado na figura. Para se manter em uma determinada altitude na atmosfera marciana a força aerodinâmica de sustentação (S), gerada pela rotação do seu conjunto de hélices, tem que ser igual à força peso (P = mg). Como a gravidade na superfície marciana é menor que aquela existente na superfície terrestre, parece ser mais fácil voar em Marte do que na Terra. Mas não é tão simples assim. A força S é proporcional à densidade atmosférica, que, próximo à superfície marciana, equivale a 1% daquela existente na superfície terrestre. Para compensar a baixa densidade, o conjunto de hélices do *Ingenuity* gira a 2.400 rotações por minuto (rpm). A energia necessária para girar as hélices é fornecida por baterias, alimentadas por energia solar. Neste contexto, o *Ingenuity* é considerado pela NASA um demonstrador tecnológico, ou seja, seu objetivo é mostrar a possibilidade de voar na rarefeita atmosfera do planeta vermelho.



Dica: em seus cálculos considere a aceleração da gravidade **g** *em Marte igual a 0,40 daquela existente na Terra.*

Item a) O *Ingenuity* tem massa **m** = 2,0 kg. Calcule a força aerodinâmica de sustentação, S, necessária para mantê-lo voando numa posição fixa próxima à superfície de Marte. Considere que a aceleração da gravidade na superfície da Terra seja de 10 m/s^2.

Item b) Usando uma abordagem simplificada, a força de sustentação que atua sobre as hélices é dada por $S = C \times \rho \times v^2$, onde C é uma constante, ρ é a densidade atmosférica local e v é a velocidade média de rotação das hélices. Considerando que a velocidade de rotação das hélices é a mesma em Marte e na Terra, calcule a razão S_{Terra}/S_{Marte}.

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens "a" e "b" acima e na sequência correta.

a) 8,00 N e 100

b) 3,60 N e 100

c) 8,00 N e 10

d) 3,60 N e 10

e) 6,48 N e 100

20) - Nota obtida: _____

Resposta:

Item a) A força aerodinâmica resultante da rotação das hélices (S) deve se igualar à força peso (P):

$$S = P = m \times g = 2{,}0\ kg \times 0{,}40 \times 10\ m/s^2 = 8{,}00\ N$$

Item b) S_{Terra}= C × $\rho_{Terra} \times v^2$, S_{Marte}= C × $\rho_{Marte} \times v^2$

$\frac{S_{Terra}}{S_{Marte}} = \frac{C \times \rho_{Terra} \times v^2}{C \times \rho_{Marte} \times v^2} = \frac{\rho_{Terra}}{\rho_{Marte}}$ → Do enunciado ρ_{Terra} = 100 ρ_{Marte} → $\frac{S_{Terra}}{S_{Marte}} = 100$