



25ª OBA – PROVA DO NÍVEL 4

PROVA - 20/05/2022

Prova destinada aos alunos do Ensino Médio

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

ATENÇÃO: Para preenchimento do gabarito é obrigatório utilizar caneta azul ou preta.

Atenção para o modelo de marcação⇒

Incorreto



correto



ESCOLA	
NOME	
SÉRIE	

	A	B	C	D	E
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

DATA: _____

Assinatura do Aluno

BOA OLIMPÍADA! VEJA AS OBSERVAÇÕES IMPORTANTES ABAIXO:

- Esta prova só pode ser realizada no dia 20/05/2022, pois em outro dia é ilegal. Ela pode ser feita no horário que a escola escolher e pode durar até 3 horas. Não é permitido nenhum tipo de consulta a colegas, professores, material impresso ou eletrônico.
- O aluno deve datar e assinar a folha de respostas. A prova e a folha de respostas devem se guardadas pelo professor ou escola, até 31/12/2022.
- O professor deve corrigir eletronicamente TODOS os cartões-resposta, utilizando o aplicativo de correção, do dia 21 a 31/05/2022.
- Após a correção eletrônica com o aplicativo de correção, o professor deverá separar as 10 melhores provas do nível 4 e fazer o upload delas, via aplicativo, até 31/5/22. (para mais detalhes de como utilizar o aplicativo, veja o tutorial que será disponibilizado em app.oba.org.br)
- É obrigatório que o aluno registre suas contas nos campos abaixo de cada questão.



Questão 1

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, que 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 10×10^9 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:

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

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

Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) 100.000.000 anos
- b) 10.000.000 anos
- c) 1.000.000 anos
- d) 100.000 anos
- e) 1.000.000.000 anos

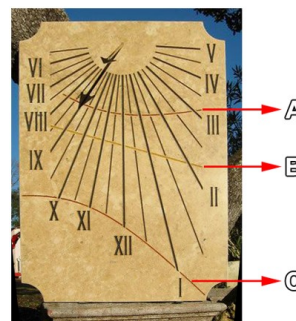
Cálculos e explicações:

Questão 2

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.

Na imagem 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 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.

Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) Durante o Solstício de Inverno a ponta da sombra da haste percorre a linha A
- b) Se este relógio for colocado na horizontal, ele continuará marcando a hora solar corretamente
- c) Este relógio pode ser instalado com seu mostrador virado de frente para qualquer Ponto Cardeal
- d) Lemos no mostrador que são 9 h 30 min da manhã
- e) Este relógio vai marcar a hora solar em qualquer latitude em for instalado

Cálculos e explicações:

Questão 3

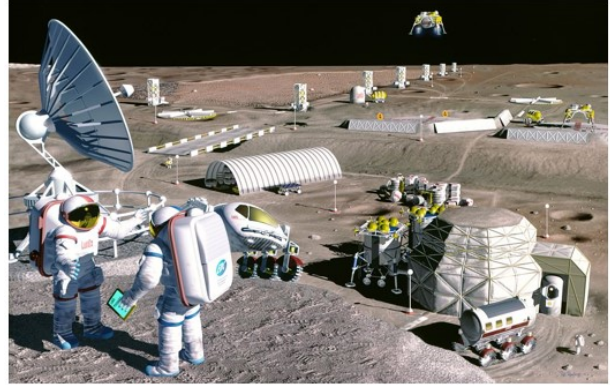


Sem uma atmosfera, não há nada que impeça que milhões de kg de fragmentos de rocha e gelo, que vagam pelo espaço, atinjam a superfície lunar todo o ano. Na Terra, nossa atmosfera nos protege e poucos fragmentos chegam até o solo.

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 $R_{\text{Lua}} = 1.737,0 \text{ km}$.

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/ $\text{km}^2 \times \text{ano}$ ';
 - multiplique a taxa encontrada 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.

Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) 2 anos
- b) 1.737 anos
- c) 19.000 anos
- d) 9.500 anos
- e) 76.000 anos

Cálculos e explicações:

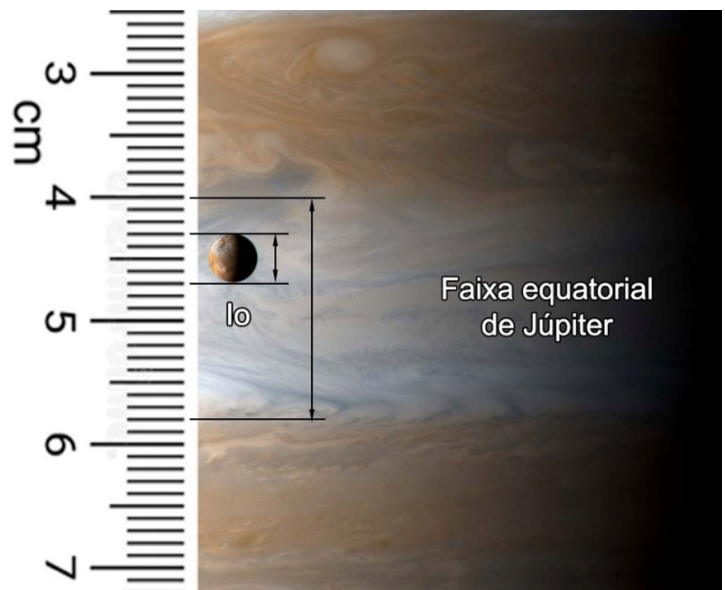
Questão 4

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.



Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) 45.000 km
- b) 8.100 km
- c) 32.400 km



- d) 16.200 km
- e) 36.000 km

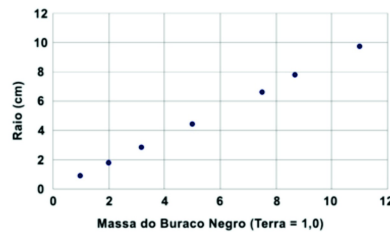
Cálculos e explicações:

Questão 5

Os buracos negros são formados por colapsos de estrelas de grande massa. É impossível saber o volume ocupado pela massa contida num buraco negro. Porém, podemos determinar o raio da região esférica que contém o buraco negro, da qual nenhuma informação emerge para o exterior. O raio desta região é chamado de Raio de Schwarzschild (R_{Sch}) e ele depende da massa contida no buraco negro.

A tabela a seguir fornece o Raio de Schwarzschild teórico de buracos negros de várias massas. As massas são todas dadas em termos da massa da Terra ($M_T = 6,00 \times 10^{24}$ kg), de modo que '2,0' significa um buraco negro com o dobro da massa do nosso planeta. Ao lado da tabela temos seus valores colocados em um gráfico.

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



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

Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) 14,10 m
- b) 2,82 m
- c) 12,50 m
- d) 5,64 m
- e) 1,92 m

Cálculos e explicações:

Questão 6

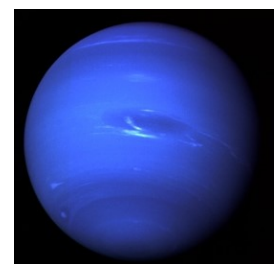
Netuno é o oitavo planeta do Sistema Solar, o último a partir do Sol desde a reclassificação de Plutão para a categoria de Planeta Anão, em 2006. Pertencente ao grupo dos gigantes gasosos com massa, equivalente a 17 massas terrestres. Netuno orbita o Sol a uma distância média de 30,1 unidades astronômicas. 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 $28,3^\circ$, similar à inclinação do eixo terrestre, que é de $23,5^\circ$. 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.

Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) 2087
- b) 2046





- c) 2169
- d) 2210
- e) 2128

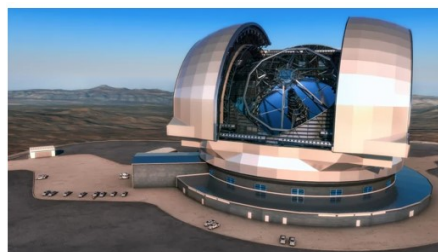
Cálculos e explicações:

Questão 7

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 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.

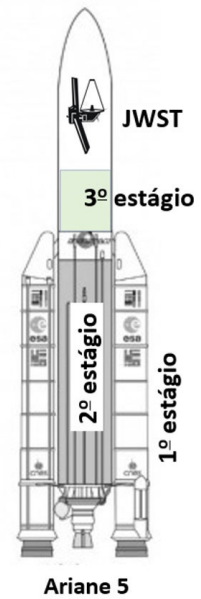
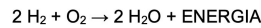
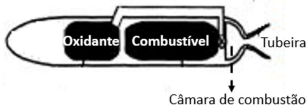
Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) 39,0 s
- b) 1,6 s
- c) 24,0 s
- d) 10,0 s
- e) 0,5 s

Cálculos e explicações:

Questão 8

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 H₂ e o O₂ gera vapor de água a 3.000 °C 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.



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.

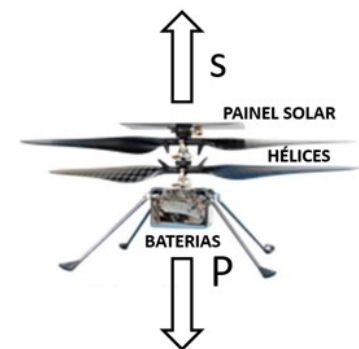
Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) 99,25% e 5,0 s
- b) 80,00% e 5,0 s
- c) 79,40% e 4,0 s
- d) 79,40% e 3,0 s
- e) 99,25% e 3,0 s

Cálculos e explicações:

Questão 9

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 $S_{\text{Terra}}/S_{\text{Marte}}$.

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

Registre abaixo as suas contas ou explicações.



- a) 3,60 N e 10
- b) 8,00 N e 100
- c) 6,48 N e 100
- d) 3,60 N e 100
- e) 6,48 N e 10

Cálculos e explicações:

Questão 10

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 250g, 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.



Item a) 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) A empresa PION Labs planeja estabelecer uma constelação de 75 satélites PION-Br1 em órbita terrestre. Para lançá-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.

Registre abaixo as suas contas ou explicações.

- a) R\$ 120.000,00 e 1 voo do VLM
- b) R\$ 2.500.000,00/kg e 1 voo do VLM
- c) R\$ 15.000,00/kg e 2 voos do VLM
- d) R\$ 15.000,00/kg e 1 voo do VLM
- e) R\$ 2.500.000,00/kg e 2 voos do VLM

Cálculos e explicações: