



Nota Final Obtida: _____

Visto do prof.: _____

SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA – SAB
V Olimpíada Brasileira de Astronomia – V OBA – 2002
Prova de nível III (para alunos do Ensino Médio)

(veja o gabarito em nossa home page <http://www2.uerj.br/~oba> ou aguarde o professor mostrar)

Dados do(a) aluno(a) – use letras de forma:

Nome completo:

Endereço:

Bairro: CEP: _____ - _____ Cidade: Estado: ____

Tel (0 xx _ _) _____ - _____ E-mail: Data de Nascimento _ / _ / _ _

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

Nome da escola:

Endereço: n.º

Bairro: CEP: _____ - _____ Cidade: Estado: ____

Tel (0 xx _ _) _____ - _____ Fax (0 xx _ _) _____ - _____ E-mail:

Nome do(a) professor(a) representante da Escola junto à OBA:

Nome:

Obs.: Caso você não esteja fazendo a prova na própria escola onde estuda, escreva abaixo, o nome da escola onde você está fazendo a prova:

Escola:

Caros alunos participantes da V Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA),

Antes de tudo, em nome da Sociedade Astronômica Brasileira, agradecemos o interesse e a participação de todos(as) vocês neste grande evento do conhecimento. Como para as Olimpíadas anteriores, a presente prova tem como objetivo não somente verificar os conhecimentos sobre Astronomia que vocês aprenderam nos livros e no dia-a-dia, mas também estimulá-los(as) para a busca de mais conhecimento, seja em Astronomia seja em áreas afins. Temos também o objetivo de ensinar aspectos novos da Astronomia através das questões apresentadas. Assim, acreditamos que ao final da leitura do texto desta prova vocês saberão um pouco mais sobre aspectos e evolução da Astronomia e áreas afins, desde séculos passados até o presente. Por exemplo, pouquíssimos(as) brasileiros(as) sabem que quem realizou pela primeira vez a transmissão da voz humana através de longas distâncias, foi o padre brasileiro Roberto Landell de Moura em 1893. Estava surgindo neste momento uma semente para o desenvolvimento da Rádio Astronomia! Esperamos que no próximo ano vocês mantenham o mesmo interesse pela Olimpíada Brasileira de Astronomia e estamos seguros que, certamente, estarão melhor preparados(as). ! Esperamos que vocês saiam da prova sabendo um pouco mais de Astronomia Mais uma vez parabéns a todos e...

Boa Olimpíada!

Equipe Organizadora da V Olimpíada Brasileira de Astronomia

Início da prova: 14:00 horas - Final da prova: 16:00 horas (Horário de Brasília)

Questão 1) As Leis de Kepler (1 ponto) Johannes Kepler (1571-1630), astrônomo e matemático alemão, elaborou três leis fundamentais para descrever o movimento dos planetas em torno do Sol. Kepler obteve estas leis após estudar, por cerca de vinte anos, medidas das posições de alguns planetas no céu, em especial Marte. Tais medidas haviam sido realizadas, por mais de 20 anos, no Observatório de Uranoburgo na Dinamarca diretamente ou sob a supervisão do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601). Na realidade, em 1600 Brahe contratou Kepler para ajudá-lo a analisar os dados observacionais das posições dos planetas. As duas primeiras leis, chamadas, respectivamente, **Lei das Órbitas e a Lei das Áreas**, foram enunciadas por Kepler em 1609. A terceira lei, chamada de **Lei Harmônica**, foi enunciada em 1618. Ao expor estas leis do movimento planetário, Kepler jamais poderia imaginar que as mesmas também poderiam ser utilizadas para a obtenção de órbitas do movimento de estrelas em sistemas binários e até dos movimentos de satélites artificiais, tais quais os satélites de telecomunicações que orbitam em torno da Terra. As perguntas que faremos sobre as Leis de Kepler, as quais descrevem conceitos fundamentais da mecânica celeste, seja na escala dos planetas, das estrelas ou das galáxias, fez parte do conteúdo da prova da Olimpíada Brasileira de Astronomia do ano de 2001.

1.a) (0,6 pontos) Enuncie as três Leis de Kepler. **Resposta:**

1.b) (0,4 pontos) Descreva o que cada uma delas estabelece fisicamente, ou seja, qual o significado físico de cada uma delas. **Resposta:**

Questão 2) O Arco-Íris de Maxwell (1 ponto) Em 1864, o cientista escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) publicou um trabalho com o título de Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético, onde apresentou equações que unificavam os campos elétrico e magnético. Estas equações, conhecidas como as *Equações de Maxwell*, prediziam a existência das ondas eletromagnéticas, posteriormente detectadas pelo cientista alemão Heinrich Hertz (1857-1894) através de uma série de experimentos realizadas no período de 1887 a 1890. Maxwell identificou que a luz era uma destas ondas eletromagnéticas. Hoje sabemos que a luz visível é apenas uma forma possível de uma onda eletromagnética. Outras formas são a radiação infravermelho, as microondas, as ondas de TV, as ondas de rádio, a radiação ultravioleta, os raios X e os raios Gama. O conjunto de todas as radiações eletromagnéticas constitui o espectro eletromagnético, estando a luz visível localizada aproximadamente em seu centro, entre o ultravioleta e o infravermelho. Os estudos de Maxwell sobre as ondas eletromagnéticas são considerados de uma tal beleza que um escritor imaginativo classificou o espectro eletromagnético, como hoje o conhecemos, como o *Arco-Íris de Maxwell*. Neste espectro, as frequências variam de cerca de 10^6 Hertz ($1 \text{ Hz} = \text{s}^{-1}$) para ondas de rádio, até cerca de 10^{24} Hertz para raios gama. Entretanto, existem ondas eletromagnéticas com frequências muito mais baixas que as ondas de rádio.

2.a) (0,3 pontos) A que valores de comprimentos de onda, em metros, correspondem as frequências de 10^6 Hertz para ondas de rádio e 10^{24} Hertz para raios gama? (considere a velocidade da luz $c=300.000$ Km/s). **Resposta:**

2.b)(0,3 pontos) Toda forma de radiação eletromagnética se propaga no vácuo com a mesma velocidade, $c = 300.000$ Km/s. Quando a luz, que também é uma forma de radiação eletromagnética, se propaga num meio mais denso, por exemplo, na água, sua velocidade de propagação muda em relação ao vácuo? Por que? **Resposta:**

A Astronomia Moderna mostrou que, em lugares distintos do Cosmos, podemos encontrar fontes produzindo todas as formas de ondas que constituem o espectro eletromagnético.

2.c) (0,4 pontos) Como as ondas eletromagnéticas têm a mesma natureza, seria possível com um mesmo tipo de telescópio observarmos todos os tipos de ondas do espectro eletromagnético? Por que? **Resposta:**

Questão 3) A Radiação Cósmica de Fundo (1 ponto) Chama-se de corpo negro a um corpo ao mesmo tempo emissor ideal e absorvedor ideal de radiação. Isto porque, segundo sua definição, um corpo negro absorve toda a radiação que cai em sua superfície e emite num espectro contínuo, cuja intensidade depende exclusivamente de sua temperatura. A temperatura de corpo negro de um corpo é, assim, a temperatura na qual a emissão energética atinge seu valor máximo. Estrelas podem ser, ironicamente, estudadas como corpos negros. A radiação cósmica de fundo é uma emissão observada em qualquer lugar do céu que se olhe, e é bem representada pela radiação de um corpo negro à temperatura de 2,735 K. Esta radiação é remanescente do estado quente do Universo quando sua temperatura, diminuindo à medida que o Universo se expandia (e ainda se expande, e sua temperatura continua a cair cada vez mais lentamente), tornou-se, embora ainda bastante elevada, pequena o suficiente para que a matéria deixasse de ser afetada pela radiação. Assim, os núcleos atômicos primordiais puderam capturar elétrons e a matéria eletricamente neutra foi formada. O Universo passou de opaco para transparente, na chamada época de recombinação, aproximadamente uns 300 mil anos após o Big Bang. A identificação da existência da radiação de fundo representa uma das provas mais convincentes que temos de que a teoria do Big Bang está correta.. Sabemos que o espectro de corpo negro obedece à chamada lei de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} T = \text{constante},$$

onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o comprimento de onda do máximo do espectro e T temperatura do corpo negro. No caso do Sol, que também emite radiação eletromagnética como um corpo negro, temos $\lambda_{\text{máx}}=5000$ Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10}$ m) e $T=6000$ K.

3.a) (0,3 pontos) Calcule $\lambda_{\text{máx}}$ do espectro da radiação de fundo. **Resposta:**

3.b) (valor 0,4) Em que faixa do espectro eletromagnético se dá esta emissão: raio-X, ultravioleta, luz visível (óptico), infravermelho, rádio? **Resposta:**

3.c) (valor 0,3) Que tipo de telescópio você acha que é utilizado para detectar esta radiação? **Resposta:**

Questão 4) Projetando um Rádio Telescópio (1 ponto) O Italiano Guglielmo Marchese Marconi (1874-1937) desenvolveu, em 1899, um sistema de transmissão de ondas para longas distâncias, através do espaço, e fez uma transmissão sobre o Canal da Mancha, que separa a França da Inglaterra. Estava se iniciando a era do rádio! Em 1901 foi efetuada uma transmissão de ondas atravessando o Oceano Atlântico, com o envio de sinais de código Morse. Em 1906 Marconi conseguiu finalmente transmitir a voz humana. Entretanto, o padre brasileiro Roberto Landell de Moura (1861-1928) já havia conseguido transmitir a voz humana em 1893, tendo sua patente sido registrada aqui no Brasil em 1901. Em 1932, o americano Karl Guthe Jansky (1905-1950), que trabalhava nos Laboratórios Bell, realizou as primeiras detecções de ondas de rádio provenientes do cosmos, quando estudava as perturbações causadas por tempestades atmosféricas terrestres sobre ondas de rádio produzidas aqui na Terra. Posteriormente demonstrou-se que a fonte desta radiação estava no centro da Via Láctea. Estava se iniciando a Rádioastronomia! Em 1963, entrou em operação, em Arecibo, Porto Rico, o maior Radiotelescópio construído até o presente, com uma antena principal de 300 metros de diâmetro. Aqui no Brasil o maior rádio telescópio está localizado em Atibaia, SP, o Radiotelescópio de Itapetinga, com um diâmetro de 14 metros. A fim de projetar uma rádio antena (as qual tem a forma das tradicionais antenas parabólicas de TV) para observar o Sol na frequência de 10 GHz (1 GHz = 10^9 Hertz), um dos parâmetros a serem determinados é o tamanho da antena parabólica principal. O diâmetro D desta antena pode ser estimado da seguinte maneira: $\theta = \lambda/D$, onde θ é o campo de visão do rádio telescópio (em radianos) e portanto tem que ser maior do que o tamanho angular do Sol que é da ordem de 0.53 graus, e λ é o comprimento de onda em que o telescópio irá operar.

Calcule o diâmetro mínimo, D, para um radiotelescópio de maneira que seu campo de visão seja maior do que duas vezes o diâmetro solar. (considere a velocidade da luz $c = 300.000$ Km/s).

Resposta:

Questão 5) Princípios da Astronáutica (1 ponto) O meio de propulsão foi o primeiro obstáculo a ser vencido para tornar possível a exploração tripulada do espaço. Um foguete se baseia no Princípio de Ação e Reação de Newton. Na impossibilidade de aviões aumentarem sua altura de vôo (mesmo aviões a jato precisam de ar em suas turbinas), a teoria do motor foguete foi desenvolvida durante todo o século XX, inicialmente com o combustível sólido e depois com o líquido. O combustível sólido não permite controlar a taxa de queima e conseqüentemente o empuxo total do foguete; já o líquido pode ser bombeado dos tanques para o motor segundo uma taxa conveniente para ser adequada a uma performance que compense necessárias correções nos parâmetros de vôo. O foguete alemão V2 (do alemão Vergeltungswaffe 2 – arma de retaliação 2) foi utilizado pelos nazistas como míssil balístico para bombardear Londres durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Tinha o alcance de 160 Km e pode ser considerado o pai dos atuais foguetes. O problema é que os combustíveis podem produzir uma quantidade limitada de energia e, quanto mais pesado for o foguete, menor aceleração poderá ser impressa a ele. Além disso o material do foguete deve suportar tensões e esforços elevadíssimos e carregar o peso dos tanques e motores. A grande solução para este problema foi o surgimento dos estágios múltiplos que assim aliviam sucessivamente a carga inútil, concentrando o esforço para maximizar a energia no estágio final, onde está então toda a carga útil. Prove que, para uma massa total de combustível m , é melhor lançar um foguete de 2 estágios (cada um com massa $m/2$) do que em estágio único. Admita que a capacidade de propulsão seja a mesma para cada estágio, fazendo com que a velocidade relativa com que cada estágio é lançado seja a mesma em relação aos estágios anteriores. Para simplificar, use a seguinte analogia: imagine dois garotos de massa $m/2$ sobre um vagão de trem de massa M . Considere que não há atrito com o solo. Prove que a velocidade final do vagão é maior quando um menino pula de cada vez, e não quando os dois pulam simultaneamente. Utilize seus conhecimentos físicos sobre o conceito de quantidade de movimento.

Resposta:

Questão 6) As Viagens Espaciais (1 ponto) Durante as viagens dos ônibus espaciais têm sido comum atividades de vídeo – conferência onde estudantes aqui da superfície conversam com os astronautas, que em estão em órbita, em geral a uma altura da ordem de 300 quilômetros da superfície terrestre. Um estudante secundarista, que assistiu a uma dessas transmissões, numa sala de aula aqui no Brasil, ficou curioso em saber o motivo pelo qual o fio do microfone usado pelos astronautas parecia flutuar o tempo todo dentro da nave. Conversando com colegas logo após terem visto a referida situação, o estudante e seus colegas elaboraram as seguintes explicações sobre o fato de verem o fio flutuando no interior da nave. Indique entre as explicações apresentadas, pelo estudante e seus colegas, qual é fisicamente correta. O fio flutua devido ao fato de que:

- () a força centrífuga sobre a nave e tudo em seu interior anula a força de atração gravitacional, ficando o microfone sem peso.
- () As naves espaciais estão em órbita em uma região onde a gravidade é nula.
- () O ônibus espacial em órbita se comporta como um corpo em queda livre.
- () Em órbita, a contribuição da atração gravitacional da Lua sobre os corpos se torna importante e é isso que faz com que os corpos flutuem.

Questão 7) Instrumentação Astronômica (0,20 cada item) O período compreendido entre a última década do século XX e este início do século XXI, marca aquilo que chamamos de a *era dos grandes telescópios*. Nele, surgiram entre outros os telescópios americanos KECK e o japonês SUBARU (ambos com cerca de 10 metros de diâmetro), o europeu VLT-Very Large Telescope (com cerca de 16 metros de diâmetro), o telescópio GEMINI que pertence a um consórcio internacional formado por Brasil-EUA-Inglaterra-Canadá-Austrália-Argentina-Chile (com um diâmetro de cerca de 8,2 metros) e o SOAR-Southern Observatory for Astrophysical Research (com cerca de 4 metros de diâmetro) pertencente a um consórcio Brasil-EUA. Destes instrumentos, junto a resultados obtidos com os telescópios espaciais Hubble e Chandra, espera-se uma verdadeira revolução no conhecimento do Ser Humano sobre o Cosmos e a Natureza, incluindo sobre suas origens. Mas isto não é tudo! Já estão em desenvolvimento, estudos para a construção de telescópios com diâmetros entre 30 e 100 metros. Esta será a *era dos extremamente grandes telescópios!* Considere que são colocados à sua disposição os seguintes instrumentos astronômicos: O telescópio GEMINI, cujo espelho primário, de vidro, tem 8,2 metros de diâmetro, o radiotelescópio de Itapetinga, cuja antena, metálica, tem um diâmetro de 14 metros, o telescópio espacial Hubble e o telescópio espacial Chandra, este último projetado para trabalhar na região das altas energias, ou seja de altíssimas frequências. No quadro abaixo, estão indicados na coluna 1 vários tipos de radiação provenientes das mais variadas fontes astronômicas. Indique na coluna 2 o telescópio ou telescópios que, em princípio, pode ou podem ser usado(s) para estudar os correspondentes tipos de radiação. Nº 1 = GEMINI; Nº 2 = HUBBLE; Nº 3 = CHANDRA Nº 4 = RÁDIO TELESCÓPIO DE ITAPETINGA.

Tipo da Radiação	Nº do Telescópio
LUZ VISÍVEL	
ULTRAVIOLETA	
RAIOS – X	
RÁDIO	
INFRAVERMELHO	

Questão 8) Dimensões na Natureza e no Cosmos (0,1 cada item) Do jardim da nossa casa até os confins do cosmos, nos deparamos com as mais incríveis dimensões tanto em tamanho, quanto em massa, peso ou velocidades. Na Olimpíada Brasileira de Astronomia de 2001, analisamos o tamanho e a massa de diferentes corpos que povoam o universo. Aqui, vamos analisar as variedades de densidades presentes na natureza e no cosmos. Antes, lembremos da composição de matéria no cosmos, o qual parece ser composto por matéria que emite radiação eletromagnética e por matéria que não emite tal radiação. ÀA matéria que não emite radiação chamamos de matéria escura e energia escura. A matéria que emite radiação parece corresponder a somente cerca de 5 % de toda a matéria que constitui o cosmos. Restariam então 95 % de sua matéria a ser composta de matéria escura e energia escura. Destes dois últimos tipos de matéria, aquele chamado de matéria escura tem sido detectado apenas de forma esporádica até o presente, sendo constituído por prótons e nêutrons não condensados em estrelas, poeira, gás, buracos-negros, anãs marrons, planetas e, muito provavelmente, por alguns tipos de partículas exóticas ainda não detectadas na terra, como os neutrinos massivos ou os monopólos magnéticos. A matéria escura parece corresponder a cerca de 30% de toda a matéria do cosmos. Quanto à energia escura...bem....esta é ainda mais exótica e pouco se sabe sobre ela, a não ser que deve corresponder a cerca de 65% da matéria que compõe o cosmos! Mas, o quanto muito densa ou pouco densa é a matéria encontrada desde os jardins da nossa casa até os confins cosmos?

Considerando um litro da matéria que constitui cada um dos corpos ou meios listados a seguir, enumere em ordem crescente de 1 a 10 a densidade média de cada coisa:

OBJETO	DENSIDADE
Ar	
Vácuo	
Água pura	
Gelo puro a zero grau Celsius	
Isopor	
Lua	
Terra	
Estrela anã branca	
Sol	
Estrela de neutron	

Questão 9) Dos Cometas às Galáxias (valor 0,1 cada ítem) Tudo no cosmos parece fascinar. Meteoros, asteróides, cometas, planetas, estrelas e galáxias, tudo é objeto da ciência, tudo é objeto da nossa imaginação. Nas assertivas abaixo, apresentamos muitas características ou propriedades físicas interessantes sobre estes corpos. Para cada uma das assertivas que se seguem associe:

P, se estiver relacionada a planetas; **E se estiver relacionada a estrelas**; **G** se estiver relacionada a galáxias e **C** se estiver relacionada a cometas:

- a) as órbitas destes objetos são elipses de baixíssima excentricidade.
- b) classificam-se, segundo Hubble em espirais e elípticas.
- c) além de órbitas elípticas altamente excêntricas, podem ter órbitas hiperbólicas.
- d) constituem-se de núcleo, cabeleira e cauda
- e) o desvio para o vermelho (redshift) causado pela velocidade de afastamento destes objetos (efeito Doppler-Fizeau) reforça a teoria do universo em expansão.
- f) costumam ser batizados com o nome do cientista que os (as) descobriu.
- g) mudam radicalmente de aparência quando no ponto da órbita mais próximo de outro astro (periastro)
- h) a temperatura na superfície é da ordem de milhares de graus, e no interior é da ordem milhões de graus.
- i) alguns destes objetos: Andrômeda, M33, NGC 205 , Grande Nuvem de Magalhães.
- j) seus estágios finais de evolução incluem as possibilidades: anã-branca e buraco-negro.
- k) alguns destes objetos: Antares, Arcturus, Betelgeuse, Aldebaran, Sirius.
- l) conjuntos destes objetos recebem o nome de constelação.
- m) cálculos baseados em perturbações nas órbitas de alguns destes objetos, propiciaram a descoberta de outros objetos de mesma natureza.
- n) podem perder 1% da massa a cada passagem orbital.
- o) são a causa das chuvas de meteoros.
- p) um destes objetos colidiu com Júpiter recentemente; muitos se “suicidam” no Sol.
- q) é sugerido que um “reservatório” desses objetos seja a nuvem de Oort.
- r) o Grupo Local destes objetos faz parte de um superaglomerado de 75 Mega-parsecs de diâmetro.
- s) alguns objetos deste tipo podem explodir como Supernovas, brilhando mais do que 1 milhão de Sóis.
- t) Kepler deduziu suas três leis a partir da observação desses objetos.
- u) podem ter água em forma líquida em suas superfícies.