

**SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA – SAB**  
**VI Olimpíada Brasileira de Astronomia – VI OBA - 2003**  
**Prova do nível III** (para alunos de qualquer série do ensino médio)

(Veja o gabarito em nossa home  
page <http://www.oba.org.br> ou  
aguarde o professor mostrar).

Nota Final Obtida: \_\_\_\_\_  
Visto do(a) Prof(a): \_\_\_\_\_

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

Nome completo:.....  
Endereço: ..... n.º.....  
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:

Nome: .....

Início da prova: 14 horas. Final da prova: 17 horas (Horário de Brasília).

*Caro participante Olímpico,*

*Em nome da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) damos os nossos parabéns para você. Certamente você já está ganhando ao participar desta Olimpíada, pois para tanto você estudou, leu, se preparou e quem estuda sempre está ganhando. Gostaríamos que você prestasse muita atenção nos enunciados das questões, pois elas geralmente possuem informações que ajudam você responder à própria questão ou então, outras questões da prova.*

***Boa Olimpíada!***

**Questão 1) (1 ponto)** A Precessão dos Equinócios é um fenômeno astronômico sutil que compõe o movimento da Terra. Foi medida ainda na Antiguidade pelo astrônomo grego Hiparco de Nicéia, já no segundo século antes de Cristo. Este nome, que pode parecer estranho, designa uma pequena e uniforme variação da direção do eixo de rotação terrestre. É como se a Terra fosse um imenso pião, que roda velozmente em torno de seu próprio eixo mas que, por não ficar inteiramente na vertical com relação ao solo, tem este mesmo eixo de rotação a girar bem mais lentamente ao redor da perpendicular com relação ao solo. Devido a ele, a passagem do Sol de um hemisfério celeste ao outro durante o seu movimento aparente anual ocorre sempre em um ponto diferente com relação ao resto das estrelas. Ou seja, os dois pontos nos quais o Sol cruza o equador celeste (equinócios) em seu movimento anual sempre se deslocam de ano para ano (precessionam). Esta passagem é, aliás, uma definição de equinócio mais ao gosto dos astrônomos, por ser algo que eles podem medir no céu. Afinal, você sabe que os equinócios ocorrem em dias nos quais a duração do período diurno é igual à do noturno em ambos

os hemisférios. Nestes dias também começam o outono e a primavera (um em cada hemisfério, claro!) É fácil imaginar o contrário então: a precessão dos equinócios causa uma mudança contínua na posição das constelações zodiacais em relação ao equador celeste. Este movimento aparente das constelações tem a mesma duração do movimento do eixo da Terra, um longo ciclo de 26.000 anos. Suponha que, numa noite do ano 2003, de sua casa, você esteja vendo o nascer da constelação do Sagitário. As doze constelações zodiacais em ordem crescente de ascensão reta (o arco do equador celeste contado a partir do equinócio de março) são: Carneiro (Áries), Touro, Gêmeos, Caranguejo, Leão, Virgem, Balança (Libra), Escorpião, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixes.

**Pergunta:**

Olhando de sua casa para a mesma região do céu, porém, daqui a 13.000 anos (situação hipotética, claro!), que constelação zodiacal você poderia ver no lugar do Sagitário?

**Resposta:**

**Questão 1) Nota obtida: \_\_\_\_\_**

**Questão 2) (1 ponto)** Imagine que você é um agente dos direitos humanos de alguma organização internacional que foi seqüestrado e levado, vendado, num vôo e depois lançado de pára-quadras no meio de um dos oceanos. Você consegue nadar até uma pequena ilha. Para cúmulo do seu azar, o seu GPS (*Global Positioning System*), um instrumento ágil de localização, que faz o seu rastreamento com o uso de satélites, molhou-se. Com o valor correto da longitude você reconhece que está no meio do Oceano Pacífico! Mas, em virtude do GPS ter pego água do mar você só dispõe do valor numérico da latitude! Assim, não há como saber se a ilha está no Hemisfério Sul ou Norte! Você nunca havia se interessado por Astronomia antes e não sabe reconhecer constelações no céu. A única coisa que você sabe reconhecer é que as estrelas descrevem trajetórias circulares, em sentido horário, em torno de um ponto do céu - o pólo celeste visto daquele lugar. A fim de acelerar sua busca, você terá que dizer pelo rádio-transmissor de que dispõe, além dos valores do GPS, sua posição no globo terrestre.

**Pergunta:** Em qual hemisfério você está - Norte ou Sul? Por quê?

**Resposta:**

**Questão 2) Nota obtida: \_\_\_\_\_**

---

**Questão 3) (1 ponto)** A Lua Cheia e o Sol parecem angularmente maiores quando no horizonte, ao nascerem (ou se porem), se comparados com sua observação quando estão bem altos no céu. Mas, na realidade, é o contrário que ocorre quando medimos os diâmetros angulares desses astros nas duas situações. No caso da Lua, se ela nascer num lugar do equador e perto do ponto leste do horizonte, seu diâmetro angular poderá ser até da ordem de 30 segundos menor do que quando passar pelo zênite desse lugar.

**Pergunta:**

Por que a Lua (ou o Sol) é de fato maior quando a (o) medimos no zênite do que quando a (o) medimos nascer a partir de um ponto do equador? Sugestão: faça um desenho.

**Resposta:**

**Questão 3) Nota obtida: \_\_\_\_\_**

---

**Questão 4) (1 ponto)** Até 26 de março deste ano, os astrônomos tinham descoberto 105 planetas orbitando em torno de outras estrelas. Devido aos métodos usados na detecção destes planetas, a maioria deles se encontra bastante próximo da estrela e com massas iguais ou, mais tipicamente, maiores do que a massa do maior planeta do Sistema Solar, Júpiter. A órbita de qualquer planeta é descrita pela 3ª Lei de Kepler que diz que o quadrado do período é proporcional ao cubo do semi-eixo maior da órbita, ou seja,  $T^2 = k D^3$ , onde T é o período e D a distância.

**Pergunta:**

Suponha que, para completar uma órbita ao redor de uma estrela com massa bem próxima à do Sol, a Terra levaria, à mesma distância de uma Unidade Astronômica (U.A.= distância Sol-Terra = 150.000.000 km), 360 dias e não mais cerca de 365,25 dias. Calcule a distância de um outro planeta (em U.A.) a esta estrela cujo período orbital é de aproximadamente 45 dias. Considere a órbita circular, isto é, o semi-eixo maior é igual ao raio.

**Resposta:**

**Questão 4) Nota obtida:** \_\_\_\_\_

---

**Questão 5) (1 ponto)** As galáxias são classificadas em irregulares, elípticas ou espirais. Para falar de suas dimensões, os astrônomos utilizam uma medida de distância chamada de quiloparsec. Um parsec (pc) mede aproximadamente 3,3 anos luz, logo um quiloparsec (kpc) mede, aproximadamente, 3300 anos luz.. As galáxias elípticas, com formato de esferóides bastante achatados (como bolas de futebol americano) podem ter diâmetros da ordem de 1 a 200 kpc, (de 3300 a cerca de 700.000 anos luz) e massas da ordem de  $10^6$  a  $10^{13}$  massas do Sol (o Sol tem uma massa da ordem de  $10^{33}$  gramas). Já galáxias espirais como a nossa, cuja forma é a de um disco com braços, formando uma espiral no mesmo plano do disco, apresentam diâmetros de 5 a 50 kpc e massas entre  $10^9$  a  $10^{12}$  massas solares. É fácil perceber que as maiores galáxias já observadas são elípticas. Nossa própria galáxia deve apresentar, segundo avaliações dos astrônomos, um raio de 30 kpc e uma massa da ordem de  $10^{11}$  massas solares (é difícil sabermos exatamente o formato de nossa galáxia pois estamos dentro dela. É como tentar adivinhar o formato externo do veículo em que estamos somente olhando para a janela e comparando com os outros veículos). As galáxias irregulares, por sua vez, apresentam diâmetros numa faixa de 1 a 10 kpc e massas de  $10^8$  a  $10^{11}$  massas solares. O Sol, segundo as avaliações dos astrônomos, se encontra na borda de um braço espiral da Via Láctea, a uma distância estimada de 8,5 a 10 kpc, ou cerca de 30 mil anos luz, do centro de nossa galáxia. Agora, as velocidades das estrelas ao redor do núcleo de uma espiral apresentam números mais familiares. Se você fizer as contas, verá que podemos escrever esta distância do Sol ao centro da Via Láctea como  $3 \times 10^{17}$  km. Aliás, esta distância do Sol ao centro é, aproximadamente a “borda” de uma galáxia típica.

**Pergunta:** . Digamos que, a esta distância de  $3 \times 10^{17}$  km do centro de sua galáxia, uma estrela se move a uma velocidade constante de 200 km/s em torno deste centro.

Quanto tempo (em anos) ela levará para completar uma volta em torno do centro?

(Use  $\pi = 3$  e 1 ano =  $3 \times 10^7$ s)

**Resposta:**

**Questão 5) Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 6) (1,5 pontos)** Desde que Galileu observou as manchas solares com seu telescópio no início do século XVII, os astrônomos vêm monitorando o número de manchas solares periodicamente. O gráfico abaixo mostra o número de manchas observadas ao longo dos anos. Como podemos notar, o comportamento do número de manchas é cíclico, sendo que existem períodos com muitas manchas no Sol seguidos de períodos no qual o Sol quase não apresenta manchas. Na verdade, o número de manchas solares é um indicador da atividade solar (Atenção: observações do Sol ao telescópio não são feitas colocando o olho no telescópio! Isto fará você ficar cego imediatamente! A observação da superfície do Sol é realizada fazendo-se projetar a imagem do Sol num anteparo. Atualmente câmeras são adaptadas ao telescópio e, então, as manchas solares podem ser vistas na tela de um computador.)

**Perguntas:**

**Pergunta 6a) (0,5 ponto)** No gráfico abaixo estão apresentados os ciclos das manchas solares desde 1700 até quase o final do século passado. Estime o período deste ciclo.

**Pergunta 6b) (0,5 ponto)** Qual o ano do último máximo que pode ser estimado pela leitura direta do gráfico?

**Pergunta 6c) (0,5 ponto)** Com a sua estimativa da duração do ciclo faça a previsão de quando ocorreu o último máximo de atividade solar?

**Resposta:**

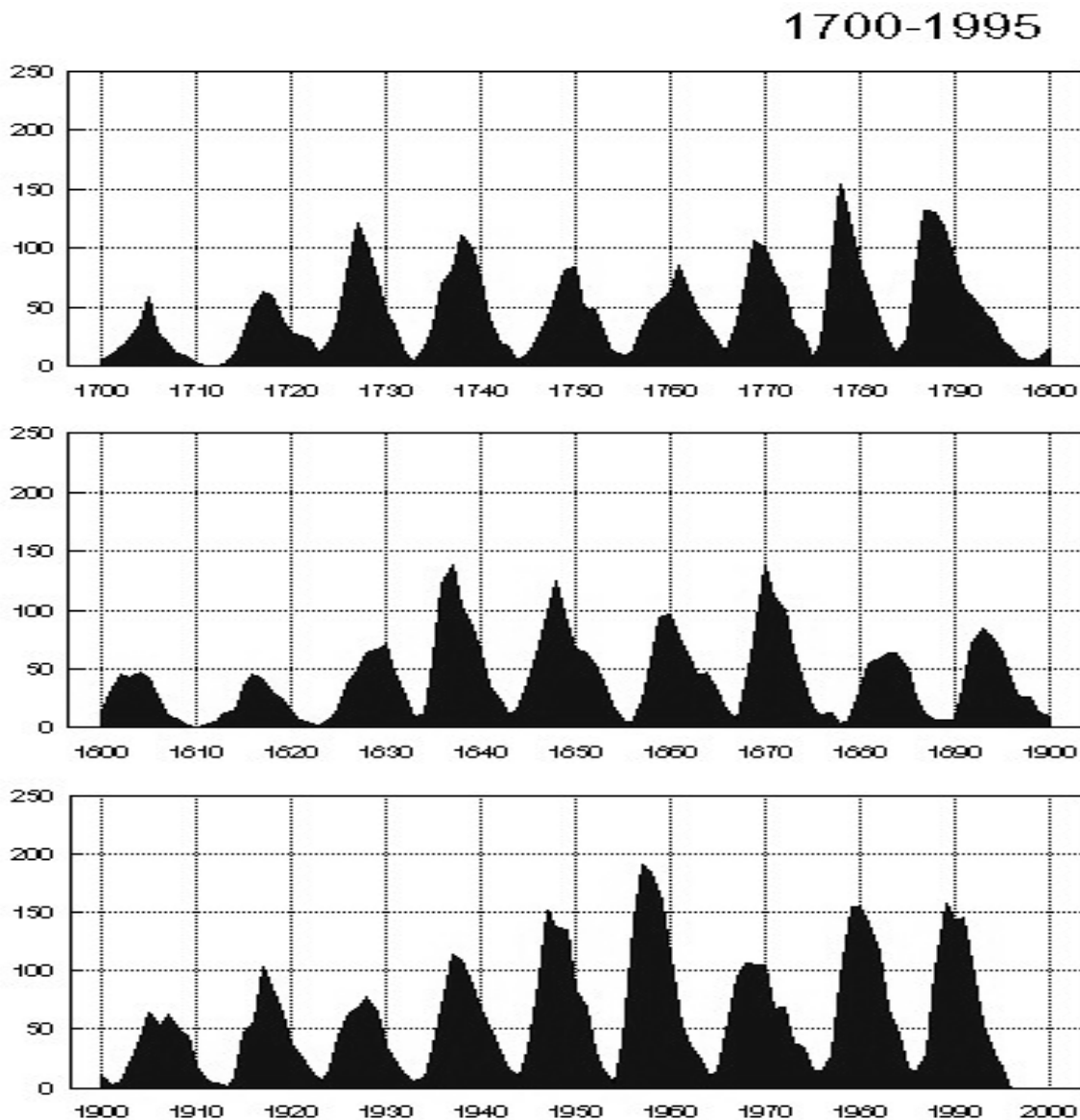
**Resposta:**

**Resposta:**

**Questão 6a) Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 6b) Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 6c) Nota obtida:** \_\_\_\_\_



**Questão 7 (1 ponto)** Durante o período de máxima atividade solar, o Sol ejeta grandes quantidades de massa para o meio interplanetário (claro que a perda destas grandes quantidades não afetam a massa total do Sol em termos de ordem de grandeza). Esta matéria é proveniente da parte mais externa da atmosfera, a coroa, e representa uma fração muito pequena da atmosfera solar. Às vezes estas bolhas de matérias são arremessadas em nossa direção, causando grandes danos quando estas partículas e o campo magnético que vem junto alcançam a Terra. Entre os distúrbios causados nas proximidades e na superfície da Terra, podemos citar interferência nas comunicações de longa distância, pane em satélites de comunicação, queima de transformadores, e confusão nos sistemas de navegação, sem mencionar doses letais de radiação para astronautas fora da estação espacial. A radiação emitida simultaneamente com a ejeção da matéria, como se sabe, atinge a Terra em apenas 8 minutos. As partículas, porém, demoram mais tempo por viajarem com uma velocidade bem menor do que a da luz .

**Pergunta:**

Uma vez que uma ejeção de massa seja observada em um telescópio, qual o tempo disponível para que as precauções necessárias sejam tomadas pelas autoridades para minimizar os danos mencionados acima, supondo que as partículas viajam com velocidade de 2000 km/s? Considere que a trajetória das partículas até a Terra é uma linha reta (na verdade a trajetória é uma espiral, mas para partículas bem rápidas, uma trajetória retilínea é uma boa aproximação). Dado: distância Terra-Sol = 150.000.000 km.

**Resposta:**

**Questão 7) Nota obtida: \_\_\_\_\_**

---

**Questão 8) (1,5 pontos)** Desde que Newton elaborou a sua teoria para a Gravitação, tentativas de construir um modelo do Universo foram levadas a cabo. Isto porque a gravitação, ao tempo de Newton, era a única força da natureza conhecida e a única associada aos corpos celestes. Outras forças foram descobertas e estudadas como tais desde então: a eletromagnética, a nuclear forte e a nuclear fraca. As forças nucleares fraca e forte têm sua região de atuação restritas ao núcleo atômico. O alcance da força eletromagnética, por outro lado, é infinito como o da gravitacional, mas os corpos macroscópicos são eletricamente neutros; em virtude disto, a gravidade continua a ser a única força da natureza a ser considerada nas escalas astronômicas. Modelos do Universo com o uso de teorias de gravitação são, em geral, denominados de Modelos Cosmológicos ou Cosmologias. Assim, denominamos de Cosmologia Newtoniana aos modelos que partem da Gravitação Universal de Newton para construir um modelo cosmológico. Uma dificuldade inicial para um modelo newtoniano era como considerar a distribuição da matéria. Se fosse considerada uma distribuição de matéria estática e uniforme num universo infinito, depararíamos com a situação na qual qualquer pequena variação na posição dos corpos originaria uma região de maior densidade que tenderia a atrair todos os demais corpos. A saída muitas vezes adotada foi a de considerar que a distribuição de massa no Universo se limitaria à Via Láctea. Nos anos 20 do século passado, entretanto, a comunidade astronômica passou a acreditar que existiria uma quantidade muito grande de corpos iguais à Via Láctea, as galáxias. Além disto, ainda naquela década, o astrônomo americano Edwin Hubble reuniu elementos observacionais suficientes para afirmar que todas as galáxias estavam a se afastar umas das outras, dando início à idéia de expansão do Universo. Já então o físico alemão Albert Einstein tinha criado a sua teoria da gravitação, a Relatividade Geral, e os modelos cosmológicos passaram a ser feitos com o seu uso. A idéia de expansão do Universo levou também a uma outra, a de que houve um momento em que a distância entre quaisquer dois objetos do universo seria nula, o instante inicial do Universo, o Big Bang. A razão entre velocidade de afastamento de quaisquer duas galáxias e a distância à qual elas se encontram é conhecida como Constante de Hubble e é um parâmetro presente em qualquer modelo cosmológico que leve em conta o Big Bang. Se os modelos cosmológicos normalmente em uso são os que se utilizam da teoria de Einstein, nem por isto pode-se deixar de se construir um modelo de Big Bang com a teoria newtoniana.

Para facilitar esta construção de uma cosmologia newtoniana, faz-se uso de um teorema conhecido como teorema de Birkhoff, que diz que a velocidade  $v$  de uma galáxia de massa  $m$  localizada a uma distância  $r$  de um observador  $O$  é influenciada somente pela matéria que se encontra dentro de uma esfera de raio  $r$  centrada em  $O$ . Um dos problemas mais interessantes em Cosmologia é saber se a gravitação é suficientemente intensa para interromper a expansão do Universo decorrente do Big Bang e, talvez, reverte-la, iniciando um processo de contração.

**Perguntas:**

**Pergunta 8a) (0,75 ponto)** Você sabe que a Lei da Gravitação de Newton, segundo a qual dois corpos se atraem na razão direta do produto de suas massa e na razão inversa do quadrado de suas distâncias pode ser escrita como  $F = G Mm / r^2$  (onde  $G = 6 \times 10^{-8} \text{ dyn cm}^2 \text{ g}^{-2}$  é a constante de gravitação universal e  $r$ ,  $m$  e  $M$  são, respectivamente, a distância e as massas dos corpos considerados) e, portanto, a energia potencial associada é dada por  $U = G Mm / r$ . Usando o conceito de conservação de energia (cinética e potencial gravitacional), demonstre que a densidade crítica ( $d_c$ ) de matéria no Universo é igual a  $d_c = 3 H_0^2 / (8 \pi G)$ , onde  $H_0$  ( $= 70 \text{ km s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$ ) é a constante de Hubble, e  $\pi = 3$ . Calcule também o valor da densidade crítica do universo em unidade de  $\text{g/cm}^3$ . Chame este valor de  $d_c$ . Dado:  $1 \text{ Mpc} = 10^6 \text{ Parsec}$  e utilize  $1 \text{ Parsec} = 3 \times 10^{18} \text{ cm}$

**Pergunta 8b) (0,75 ponto)** A Via Láctea junto com outra galáxia espiral, a de Andrômeda são as maiores galáxias de um grupo, denominado Grupo Local. As demais galáxias do Grupo Local agrupam-se em redor daquelas, sendo as mais conhecidas as companheiras da Via Láctea, as duas Nuvens de Magalhães, Grande e Pequena, classificadas por alguns dos astrônomos como irregulares. O Grupo Local possui uma terceira espiral de grandes proporções, a M33, desprovida de galáxias companheiras. As restantes galáxias do grupo são elípticas anãs e irregulares de pequenas dimensões. Um outro grupo, vizinho do nosso Grupo Local é o Grupo de M81, que recebe o nome desta galáxia (aliás, este nome também tem uma história: quando ainda não tinham elaborado o conceito de galáxias, o astrônomo francês Charles Messier, ainda no século XVIII, elaborou um catálogo de objetos nebulosos, que não eram estrelas, compilando, sem o saber, o primeiro catálogo de galáxias; deste modo, objetos presentes no catálogo de Messier, ainda levam o número de seu trabalho, daí o “M” de M81). O grupo de M81 é um dos mais próximos do nosso, distando “apenas” cerca de 12 milhões de anos luz do Grupo Local, de acordo com medidas feitas em 1993 pelo telescópio Espacial Hubble. Calcule a densidade (chame este resultado de  $d$  e use unidades de  $\text{g/cm}^3$ ) de matéria do Universo utilizando a massa total do Grupo Local de galáxias (cuja maior contribuição é dada pela Via Láctea e por Andrômeda) e estendendo o volume até o grupo de M81. Suponha uma massa total de  $4 \times 10^{11}$  massas solares (dado: Massa do Sol  $= 2 \times 10^{33} \text{ g}$ ) e um volume centrado no Grupo Local, cujo raio possui aproximadamente 12 milhões de anos luz (dado:  $1 \text{ Ano Luz} = 9 \times 10^{17} \text{ cm}$ ). Calcule também a razão  $d_0/d$ .

**Dica:** Para resolver 8a você deve supor que a energia total do sistema é igual a 0, ou seja, que a energia cinética e potencial gravitacional se igualam sempre. Em algum instante a lei de Hubble ( $v = H_0 r$ ) deve ser introduzida na relação de conservação de energia e deve-se lembrar que a densidade é  $d = 3 M / (4 \pi r^3)$  ( $M$  é a massa total das galáxias contidas numa esfera de raio  $r$ , ou seja, dentro de um volume esférico  $V$ ). Para resolver 8b basta usar a relação  $d = 3 M / (4 \pi r^3)$  tomando muito cuidado com as unidades.

**Resposta 8a):**

**Questão 8a) Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Resposta 8b):**

**Questão 8b) Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 9) (1 ponto) Dimensões na natureza e no Cosmos.** Do jardim da nossa casa até os confins do Universo, nos deparamos com as mais incríveis dimensões, tanto em tamanho quanto em massa, peso ou velocidades. No quadro abaixo, enumere em ordem crescente de 1 a 10 o tamanho e a massa de cada objeto (cada item vale 0,05, totalizando 1,0 ponto para a questão toda):

**Questão 9) Nota obtida: \_\_\_\_\_**

OBJETO	TAMANHO	MASSA
Galáxia (Via Láctea)		
Maçã		
Saturno		
Estrela de Nêutron		
Terra		
Neutrino		
Lua		
Núcleo Atômico		
Ser Humano		
O Aglomerado de Virgo		