

AGA 210 – Introdução à Astronomia
Lista de Exercícios 04

Questão 01: Qual o planeta mais quente do sistema solar? Por que ele é tão quente?

O planeta mais quente do sistema Solar é Vênus. Sua temperatura é alta pois o planeta possui uma atmosfera **muito densa causando um** efeito estufa violento, tornando a superfície de Vênus mais quente que a de Mercúrio.

Questão 02: Qual o critério para separar um planeta clássico de um planeta anão?

O critério é que um astro precisa ser dominante em sua órbita para ser considerado planeta clássico, o que não ocorre para os planetas anões.

Questão 03: Ceres, Plutão, Eris, Haumea e Makemake estão entre os cinco planetas anões descobertos até o momento. O que eles têm em comum? Qual deles está mais perto da Terra?

Todos os planetas anões compartilham seu espaço e órbita com grupos de objetos semelhantes na forma, dimensões e natureza: Plutão, Eris, Haumea e Makemake estão no cinturão de Kuiper e Ceres está no cinturão de asteróides entre Marte e Júpiter, portanto, é o mais próximo de nós.

Questão 04: No dia 28 de setembro de 2015, a Nasa anunciou a descoberta de que ainda há traços de água em estado líquido na superfície de Marte. Além disso, a superfície do planeta mostra que ele já teve muita água em estado líquido. Por que a água está sumindo da superfície de Marte? Qual a importância desta descoberta se de fato for confirmada?

A água está constantemente escapando de Marte já que não possui gravidade suficiente para manter o gás preso na fina atmosfera do planeta. Com o passar do tempo, a água por lá existente evapora e, uma vez na atmosfera de Marte, que é muito fina, se desprende do planeta.

A descoberta mais relevante é que existe ciclo hidrológico, já que esta água aparece em determinadas estações e está relacionada a variações de temperaturas. Este fato abre perspectivas para busca de pesquisa de vida microbiana, além da possibilidade de, na manipulação da água, obter-se combustível, oxigênio e também preparar missões tripuladas, já que o elemento vital se encontra presente no planeta.

Questão 05: Todos os planetas gigantes do Sistema Solar possuem anéis, mas por que somente os de Saturno são nítidos aqui da Terra, além de grandes e estáveis?

Eles são os mais estáveis porque Saturno tem diversas pequenas luas que orbitam o planeta em uma região próxima aos anéis, desta maneira elas criam uma região de estabilidade gravitacional na qual a poeira e pequenos asteroides que ali passarem ficam aprisionados. Assim os anéis vão ficando cada vez mais densos e nítidos quando vistos da Terra ao longo de muitos anos.

Questão 06: Defina a partir da sequência de objetos abaixo, qual a natureza, localização na estrutura geral do Sistema Solar, além da identificação. No caso dos Cometas, qual seria sua origem?

- Planetas jovianos: planetas gasosos que se localizam na estrutura externa do Sistema Solar. São eles: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- Planetas telúricos: também conhecidos como terrestres ou rochosos, se localizam na estrutura interna do Sistema Solar. São eles: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.
- Planetas anões: são planetas com menores dimensões do que os planetas clássicos, que orbitam o Sol e com massa suficiente para promover o equilíbrio hidrostático entre a autogravidade e a rigidez do material. São eles: Ceres, Plutão, Eris, Haumea e Makemake.
- Satélites: corpos celestes que orbitam planetas clássicos e anões.
- Cometas: pequenos corpos com composição de gelo e poeira que devido a instabilidades gravitacionais do Sistema Solar se “despreendem” do cinturão de Kuiper ou da nuvem de Oort. Devido a sua composição (gelo), quando se aproximam do Sol vaporizam material devido a alta temperatura, gerando uma cauda sempre na direção oposta ao seu movimento.

Questão 07: Existem várias luas no Sistema Solar que, mesmo sendo frias, são consideradas ativas sismicamente. Cite ao menos duas delas e justifique a origem da atividade sísmica.

Podemos citar a lua Europa de Júpiter e Encélado de Saturno, ambas vítimas de enormes forças de maré oriundas de seus planetas, o que lhes causa rupturas na crosta e ejeção de material que se encontra abaixo da superfície.

Questão 08: O que são as regiões escuras na superfície da Lua conhecidas como Mares?

São regiões mais recentes do solo lunar, as quais foram formadas por um derramamento de basalto que preencheu as regiões mais baixas da superfície.

Questão 09: Por que a Terra, mesmo sendo maior, mais velha e mais massiva que a Lua, possui poucas crateras em sua superfície?

Porque na superfície da Terra temos a ação da erosão e do clima que modifica os ambientes. As bordas das crateras terrestres são constantemente alisadas por ações de ventos e chuvas, enquanto que os sedimentos são carregados e preenchem as suas partes centrais. Ao longo de centenas de milhões de anos após uma colisão, o clima da Terra apaga completamente a cicatriz que o impacto de um asteroide um dia deixou no planeta.

Questão 10: O Sistema Solar pode ser descrito didaticamente de maneira estratificada, ou seja, em estrutura interna e externa, em função dos principais contrastes nas propriedades dos planetas gigantes e terrestres. Comente pelo menos 3 características ou propriedades que justificam esta estratificação na estrutura geral do Sistema Solar.

- Sistema Solar Interno: caracterizado pela presença de planetas rochosos relativamente pequenos e densos (3500-5500 kg/cm³) e praticamente desprovidos de satélites com rotação relativamente lenta. A composição química destes planetas é relativamente baixa em elementos leves e gases voláteis (H e He), e alta de elementos pesados, refratores, como o silício e ferro.
- Sistema Solar Externo: caracterizado pela presença de planetas gigantes gasosos, todos eles com a

presença de anéis, pouco densos (700-1700 kg/cm³), com alta rotação e com uma enorme quantidade de satélites. A composição química destes planetas é relativamente alta de elementos leves e gases voláteis (H e He).

Questão 11: Explique porque existem planetas com e sem atmosfera e qual a origem dos campos magnéticos.

A manutenção da atmosfera de um planeta depende da temperatura e da velocidade de escape dos átomos que compõem a atmosfera. Altas temperaturas facilitam a dissociação e liberação de átomos da atmosfera do planeta, como o caso de mercúrio.

Campos magnéticos surgem devido ao atrito causado entre o caroço sólido central de ferro e/ou níquel, e o caroço líquido (magma) na região central dos planetas sob o efeito da rotação.

Questão 12: Explique porque as 4 Luas de Júpiter possuem propriedades tão contrastantes.

Devido a proximidade das luas em relação ao planeta, elas sofrem diferentes influências do campo magnético e das **forças de maré** (forças de gravidade de 2ª ordem).

Questão 13: Que fenômeno físico poderia justificar a diferença entre os planetas gigantes, gasosos, e os terrestres rochosos?

A distância ao Sol influencia a **velocidade de escape do gás**, já que a temperatura é maior naqueles planetas que se encontram próximos ao Sol. Então, os planetas gasosos conseguem manter sua atmosfera pois a temperatura é menor quando comparada a dos planetas terrestres.

Questão 14: A visão contemporânea do Sistema Solar inclui quais estruturas que não são contempladas no Cenário Clássico?

O cinturão de Kuiper e a nuvem de Oort.

Questão 15: A missão “*New Horizons*” que chegou recentemente em Plutão possui qual interesse científico? Qual a importância dos objetivos da missão?

O interesse é estudar sua atmosfera primitiva do planeta já que distante do Sol, sofre pequena influência, mantendo suas condições iniciais de formação nos ajudando a dar consistência aos modelos de formação do Sistema Solar.

Questão 16: Que tipo de observação é necessária para analisar a constituição química da atmosfera dos planetas?

Observações espectroscópicas. Elas permitem através da identificação de padrões de linhas de absorção produzidas pelo gás presente na atmosfera do planeta analisar quais os elementos químicos presentes na atmosfera além de poder avaliar também, pela intensidade da linha identificada, a quantidade ou proporção do elemento químico.

Questão 17: O que são as regiões HII e qual o mecanismo de formação destes objetos? Em qual lugar elas podem ser encontradas na Galáxia?

São regiões que envolvem a ionização do gás que se encontra na circunvizinhança de estrelas muito luminosas e quentes como as de tipo espectral O e B. O mecanismo de formação está associado ao processo de ionização do gás por uma estrela muito energética. São encontradas no disco de galáxias.

Questão 18: O que são estrelas de população I e população II? Qual a origem deste tipo de classificação? Cite os ambientes galácticos onde cada população é tipicamente encontrada.

A origem do nome está relacionada com a época de formação da Galáxia. As estrelas de população II foram formadas na primeira fase de colapso da nuvem protogaláctica. As de população I foram formadas em uma fase posterior, quando ocorreu a fase de formação do disco.

Estrelas de população I => são estrelas jovens, azuis e ricas em metais que se encontram **tipicamente** no disco de galáxias espirais.

Estrelas de população II => estrelas mais velhas, vermelhas e pobres em metais que se concentram principalmente no bojo e halo da Galáxia.

Questão 19: Anulada ! Cópia da questão 17. O que são as regiões HII e qual o mecanismo de formação destes objetos? Em qual lugar elas podem ser encontradas na Galáxia?

Mecanismo de formação está associado ao processo de ionização do gás por uma estrela muito energética dos tipos O ou B. São encontradas no disco.

Questão 20: Onde ocorre a formação de estrelas nas galáxias atualmente?

No disco, onde ainda existe o gás a ser comprimido e gerar novas estrelas.

Também pode ocorrer formação estelar em fusões de galáxias com muito gás, onde a compressão do gás vai gerar novas estrelas

Questão 21: Quais as dificuldades existentes ao observar astros localizados atrás de regiões onde há poeira interestelar?

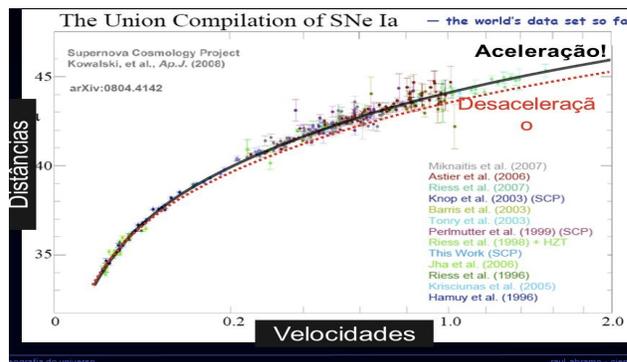
A dificuldade está no fato de que a luz emitida por estes objetos ao atravessar um gás que contém poeira, esta será absorvida seletivamente (λ 's menores) pela poeira existente dificultando as observações no visível. A absorção ocorre devido ao tamanho relativo dos grãos comparado ao comprimento de onda dos fótons com altas energias e pequeno comprimento de onda. Estes fótons não conseguem atravessar o material (gás+poeira) e são parcialmente absorvidos pelos grãos

Questão 22: Qual a diferença estrutural entre as galáxias espirais Sa e Sc?

Sa's tem um bojo mais pronunciado e com braços espirais mais próximos desta componente. Sb's tem um bojo menor e os braços são mais desenvolvidos e dispersos.

Questão 23: O gráfico abaixo exhibe os resultados da distância de estrelas Cefeidas, e o uso de outras “velas padrão” para determinação de distância comparado-as aos modelos de Universo acelerado e desacelerado. Qual a justificativa que aponta este gráfico e que indica que o Universo está em expansão acelerada? **Pergunta de Prova...!**

Dêem uma olhada nos slides....



Questão 24: A energia responsável pela luminosidade de galáxias ativas não é devido a processos térmicos (luz das estrelas + emissão do gás e poeira). No caso de um núcleo ativo de galáxias quem é responsável pela energia adicional quando se compara a emissão de galáxias comuns? E no caso de rádio galáxias-emissão extensa?

No núcleo de galáxias, onde se prevê a presença de um buraco negro, é a energia potencial gravitacional da matéria que se transforma em energia cinética (luminosidade) quando cai no disco de acreção, gerando o adicional de energia observada próximo ao buraco negro. Este é um processo muito mais eficiente do que as reações nucleares de transformação do H em He, conhecida nas reações termonucleares que ocorre nas estrelas.

No caso da emissão extensa, as radiogaláxias, esta é devido ao espiralamento de elétrons relativísticos na presença de um campo eletromagnético que gera radiação Síncrotron – responsável pela emissão de energia não térmica.

Questão 25: Explique sucintamente o método de H. Shapley (1885-1972) para a determinação da forma da Via Láctea. O que faltou Shapley considerar para que este método fornecesse a forma correta da Galáxia? Explique como essa consideração alteraria a concepção do formato da Galáxia.

Shapley, estudando a distribuição dos **aglomerados globulares de estrelas**, percebeu que os mesmos se encontravam distribuídos de maneira “esférica” em torno de um plano central.

Ele identificou nestes aglomerados globulares estrelas variáveis, onde é possível aplicar a Relação Período-Luminosidade (Henrietta Leavitt) e obter as distâncias. Assim ele determina a distância do Sol ao centro da Via Láctea, além da forma da Via Láctea. No entanto, a precisão do seu resultado foi prejudicada por ele desconher naquele momento a **extinção interestelar** – a absorção devido a poeira. Dessa forma, as estimativas da distância eram maiores do que de fato são e por este motivo ele obtem um valor de tamanho para a Via Láctea maior do que sabemos ter hoje. A Galáxia é um pouco menor, da ordem de 30 kpc ao invés de 100 kpc, distância determinada por ele.

Questão 26: Quais seriam os comprimentos de onda mais adequados para se estudar a estrutura do disco da nossa Galáxia? Justifique.

Devido à grande quantidade de poeira na linha de visada, os melhores comprimentos de onda para se estudar a estrutura dos braços são os maiores do que a dimensão dos grãos de poeira, já que, para que a radiação consiga atravessar as nuvens de poeira e gás os comprimentos de onda devem ser maiores que o tamanho dos átomos ou moléculas. Este é o caso do comprimento de onda das radiações rádio e Infravermelho.

Questão 27: Faça um esboço da nossa Galáxia, indicando as principais estruturas. Cite algumas características de cada estrutura.

R: A nossa Galáxia é uma espiral **barrada** do tipo (SBbc), ou seja, possui barra e seus braços são bastante desenrolados. Seus principais componentes são:

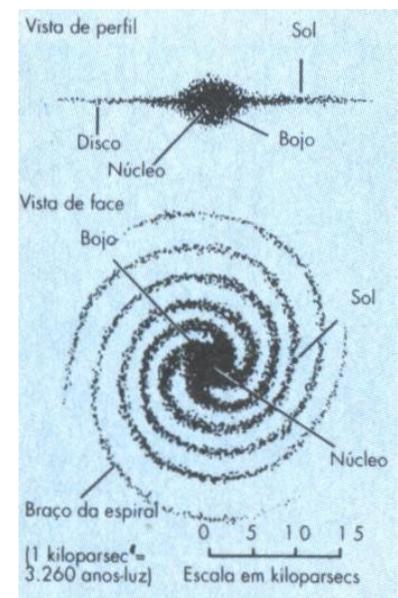
- **Bojo:** região central da Galáxia e contém o núcleo. É constituído por estrelas de população II, velha.

- **Disco:** É a componente mais luminosa, onde se encontra a maioria das estrelas de população I.

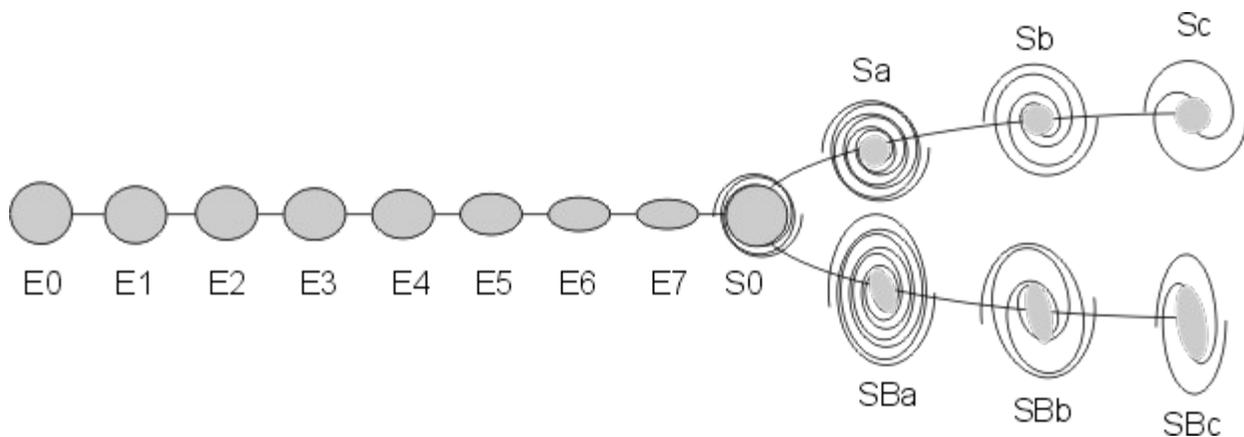
- **Halo:** É a região que envolve toda a Galáxia, mais massiva e menos luminosa. É constituída de estrelas de população II (em sua maioria, em aglomerado globulares).

- **Braços:** estrutura formada no disco devido a ondas de densidade, geradas pela órbita das estrelas no disco.

- **Barra:** estrutura localizada no disco, anexa ao bojo, de onde originam-se os braços.



Questão 28: Faça um esquema ilustrativo da classificação morfológica de galáxias feito originalmente por Hubble. Cite algumas propriedades que variam ao longo da sequência de Hubble.



No Sistema de Classificação de Hubble estão representados os seguintes tipos de galáxias:

- Elípticas: são galáxias sem estruturas aparentes, com população estelar velha e pouco ou nenhum indício de rotação. Possuem pouco gás e poeira, e praticamente não há formação estelar.
- Espirais: formadas por três grandes estruturas (bojo, halo, disco, e em alguns casos uma barra), apresenta população estelar jovem no disco, alta taxa de formação estelar e muito gás e poeira. Possui várias estruturas e uma rotação muito importante.
- Lenticulares: possuem um bojo enorme, disco desprovido de braços e sem nenhuma outra estrutura aparente. São vermelhas e não apresentam formação estelar, sendo facilmente confundidas com elípticas.
- Irregulares: são galáxias que foram incluídas posteriormente ao Sistema original. São objetos que não possuem forma bem definida e se posicionam na porção final do SCH.

Questão 29: Anulada.

Questão 30: Discuta brevemente como pode ser explicada a presença de braços nas galáxias espirais

R: Os braços espirais são produzidos por ondas de densidade espirais, ou seja, por perturbações ou instabilidades geradas como resultado de forças gravitacionais de cisalhamento de estrelas e gás em um disco em rotação. Quando o gás atravessa estas perturbações ele é comprimido, gerando novas estrelas nestes locais e tornando visível a forma espiral mapeada pelas estrelas que “acenderam”.

A perturbação, que viaja a uma velocidade diferente do material do disco, (estrelas, gás e poeira) continua a se propagar no disco e, por onde passa, se houver gás disponível, vai formar novas estrelas. Desta forma, os braços nunca são formados pelas mesmas estrelas.

Não são produzidos pela rotação diferencial do material do disco, o que implicaria em braços materiais (braços **constituídos** por estrelas...!)

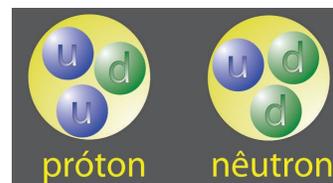
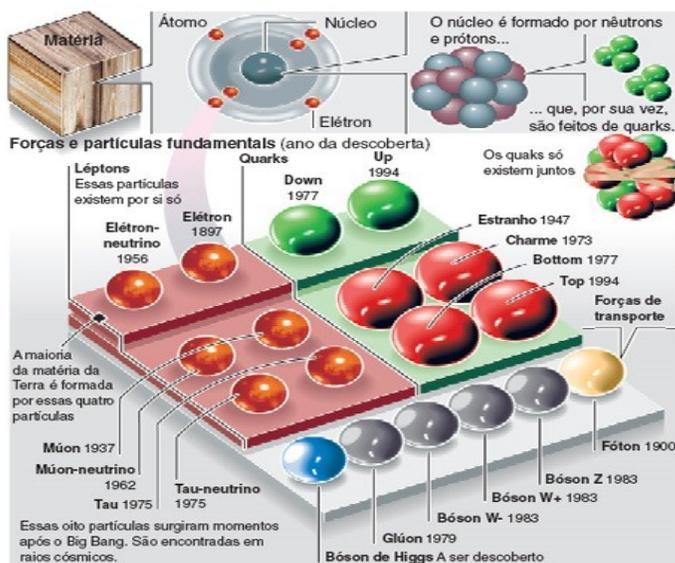
Questão 31: Que elementos existiam no universo primordial e como foram formados os demais elementos no universo?

Dentro do Cenário do Big Bang, o Universo teria passado por várias fases de evolução até chegar o momento atual. A colisão de fótons seria responsável pela origem dos prótons e anti-prótons e dos quarks e antiquarks.

Nas **Eras Hadrônica** (formação de partículas pesadas, entre as mais conhecidas os prótons e neutrons), ocorrida em $t \approx 10^{-7}$ s e temperatura $T \approx 10^{14}$ K, e **Leptônica** (formação de partículas leves; elétrons e pósitrons) em $t \approx 10^{-1}$ s e temperatura $T \approx 10^{12}$ K - (ver slide 46 - Aula 28), foram formadas as partículas. Vejam figuras abaixo

Na fase seguinte à formação de subpartículas, prótons e elétrons interagem para formar os neutrons. Os neutrons interagem com prótons formando núcleos de deutério, de hélio, pequenas quantidades de lítio e berílio, Era conhecida como da nucleosíntese primordial.

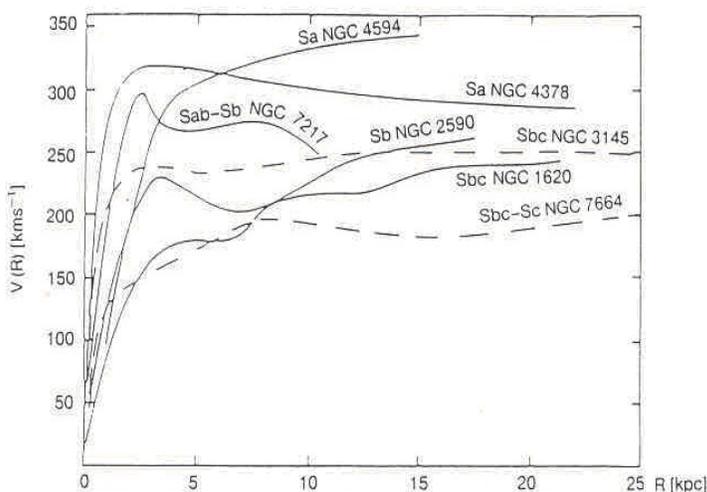
Desta forma, **em síntese**, os **elementos leves** (H e He, basicamente) são produzidos na fase inicial de evolução do Universo, ou seja, na **Nucleosíntese Primordial**. (vejam Aula 1-slides 13, 14 e 15)



Os **elementos pesados** (são todos aqueles, excluídos o H e He) que foram formados no interior de estrelas através de reações termonucleares. Nas de baixa massa, como o Sol, foram formados elementos a partir da fusão do **H**, gerando o **He** até o **C**. Os elementos mais pesados que o **Ferro** foram formados dentro das estrelas de alta massa, com $M > 8$ massas solares.

A produção destes elementos se dá devido as **reações termonucleares ou nucleosíntese estelar**. Os elementos mais pesados do que o Fe, que constam na tabela periódica, foram formados em eventos explosivos, como explosões de supernovas.

Questão 32: A figura abaixo representa diversas Curvas de Rotação de galáxias espirais. Que tipo de informação relevante sobre a constituição de matéria no Universo pode-se obter do comportamento destas curvas comparado com o previsto pela 3ª Lei de Kepler?



A diferença entre o comportamento observado e o previsto pela 3ª Lei de Kepler é de que como a velocidade orbital é constante (ao invés de diminuir) a partir de um raio onde não se mede mais a velocidade das estrelas do bojo, a massa aumenta com a distância ao centro das galáxias, implicando em que a massa tem natureza invisível, ou seja, “Matéria Escura”.

Questão 33 - O que é a **radiação cósmica de fundo**? O que ela representa?

A radiação cósmica de fundo é uma radiação eletromagnética que foi criada originalmente na fase inicial da expansão do Universo, em uma Era definida como Recombinação, e que hoje representa a radiação primordial isotrópica e remanescente do gás de fótons que participa da expansão do Universo. Se manifesta hoje como um uma “impressão digital” ou vestígio residual ou ainda como a energia fóssil resultante da época em que o Universo era quente e denso, 380 mil anos após o evento do Big Bang.

Foi prevista teoricamente por 2 grupos de pesquisa, independentemente, com um valor de temperatura de 3K. Dados obtidos por vários satélites destinados a estas medidas como o COBE, o WMAP ou o Planck mostram que a temperatura ajustada a um corpo negro de 2,7K.

Questão 34: Explique o que é o Princípio Cosmológico.

O Princípio Cosmológico, princípio utilizado em todos os Modelos Cosmológicos, refere-se à

hipótese de que o Universo é homogêneo e isotrópico.

Homogêneo significa que o Universo parece ser o mesmo para observadores em **todas as localizações** e que não existe localização especial ou privilegiada.

Isotrópico significa que para um observador em qualquer localização o Universo parece ser o mesmo em **todas as direções** e vai observar os mesmos padrões.

Questão 35: Que as evidências observacionais que nos leva a crer que o Big Bang ocorreu?

1a – A expansão do Universo.

2a – Paradoxo de Olbers ou do céu escuro

3a – Detecção da radiação cósmica de fundo de 2,7 K.

Questão 36: O modelo do Big-Bang permite prever 3 possíveis destinos referente a expansão, todos eles previstos baseado no equilíbrio da energia total de um sistema. Quais são?

Ver Aula 26, slide 38

Questão 37: O que significa “singularidade”? Após este evento o Universo passou por várias Eras. Quais são e quais os eventos a elas associadas? Qual a grandeza física que muda durante a história de evolução do Universo e que é responsável pela caracterização das Eras?

Singularidade: é uma previsão matemática que resulta das equações da Relatividade Geral onde condições físicas extremas tais como densidade e temperatura seriam infinitas. O Universo teria se originado desta singularidade que seria responsável pelo início do espaço-tempo, que ocorreu a uns 13,7 bilhões de anos. Desde então o Universo estaria se expandindo, criando matéria, radiação e, o próprio espaço-tempo.

Eras: de Planck, dos Hadrons, dos Leptons, da Radiação, da Matéria e Desacoplamento. (ver Aula 27, slide 53 e 54).

*****Questão 28:** No início do século passado houve um intenso debate quanto a natureza das “nebulosas espirais”. Enquanto alguns argumentavam que essas nebulosas faziam parte de nossa Galáxia, outros defendiam a idéia de elas se tratavam de “universos ilhas”. Como Edwin Hubble resolveu esta questão?

Ele identificou uma estrela variável do tipo Cefeida na “Nebulosa de Andrômeda” e utilizando a Relação Período-Luminosidade estima a distância de Andrômeda aplicando o seguinte raciocínio: obtem o período observado da Cefeida que ele identifica em Andrômeda, e obtem

a magnitude absoluta via Relação PL. Mede a magnitude aparente e então aplica a conhecida fórmula do “Módulo de Distância” ($m-M = 5\log d+5$). A distância obtida por este método era muito grande, indicando que um objeto a esta distância não poderia pertencer a Via-Láctea, pois seria instável. A conclusão foi então que a “Nebulosa de Andrômeda” estava fora da Galáxia e que esta se encontrava muito além da Via Láctea, e portanto se tratava de uma galáxia.