

Minicurso: UMA BREVE HISTÓRIA DA GALÁXIA

Professores: Victória Flório Pires de Andrade (UNICAMP), Alexandre Bagdonas Henrique (USP)

Proponente: SAB

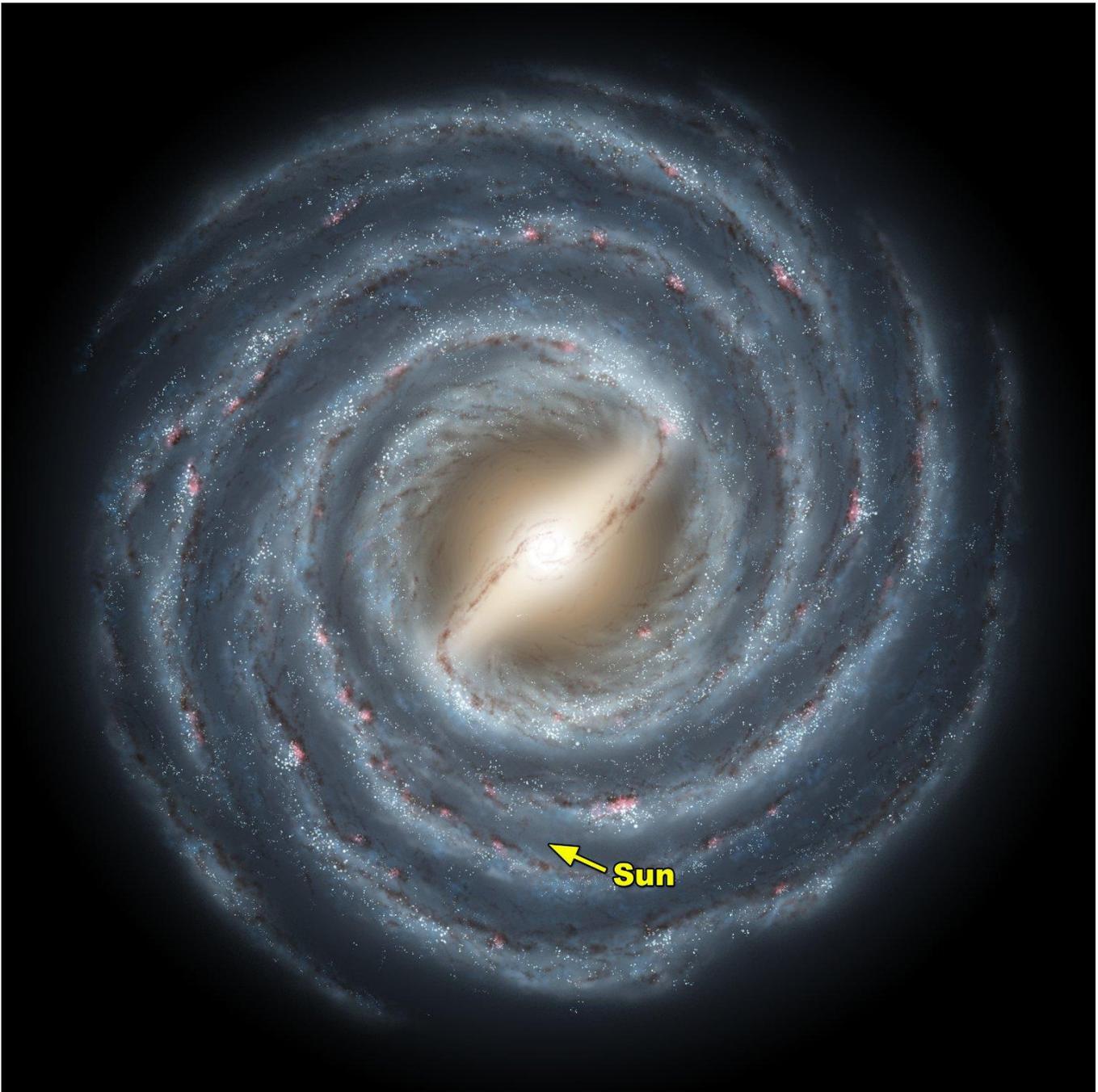
Vida longa à Galáxia!

Se a luz fosse fazer uma viagem pela Via Láctea, ela levaria, cerca de 100 mil anos de uma ponta até a outra! No caminho da luz, uma paisagem formada por cerca de 100 bilhões de estrelas, acompanhadas de seus indissociáveis acompanhantes, os campos de radiação; o meio interestelar, constituído de gás e poeira; o campo magnético galáctico e os raios cósmicos. Estamos imersos nesse enorme sistema que é um dentre milhões. Se o Universo for tão velho quanto acreditamos que ele seja, com seus mais de 13 bilhões de anos, a Galáxia está na sua juventude cósmica. Vida longa à Galáxia!

Imagine-se observando o céu noturno, sem o auxílio de nenhum instrumento, binóculo ou telescópio, a olho nu mesmo. Quantos corpos celestes você pode distinguir em sua observação? Planetas como Vênus e Júpiter, a Lua e várias constelações de estrelas. Repare na distribuição dessas estrelas no céu. Com o tempo, você vai notar que elas não se distribuem uniformemente, mas que há uma faixa que cruza o céu, na qual a densidade de estrelas é maior. Essa região se apresenta levemente esbranquiçada, justamente por concentrar mais estrelas que em outras, por isso foi chamada na antiguidade de Via Láctea. Essa denominação vem do latim e significa “caminho de leite” sendo equivalente ao termo grego Galáxia (gala = leite).

Atualmente, acreditamos que a Via Láctea seja uma galáxia espiral formada por braços, num dos quais se localiza o Sistema Solar. Nossa galáxia é apenas uma dentre milhares. Mas nem sempre se pensou assim, o conceito atual de galáxia foi construído ao longo dos últimos quatro séculos. A idéia do que era a Via Láctea (sua constituição, formato) no século XVII era diferente da dos séculos XVIII e XIX, até que no início do século XX tornou-se semelhante ao que compreendemos.

Os modelos da Via Láctea foram se alterando amparados pelo desenvolvimento de novos instrumentos, como o telescópio; novas técnicas, como a espectroscopia e a astrofotografia; pelo amadurecimento de teorias especulativas, pelo confronto destas com dados experimentais e por sua interpretação.



A Galáxia – Concepção artística da moderna visão da nossa galáxia, a Via Láctea, cuja extensão é de aproximadamente 30 kpc. O Sistema Solar está localizado dentro do disco galáctico (cercados de poeira interestelar, que bloqueia a luz), o que dificulta a nossa compreensão da estrutura da galáxia, pois estamos dentro dela! A região mais facilmente observada está nas proximidades do Sol, a 7,5 kpc do centro. Créditos: NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC) .

Mas porque será que a nossa concepção da Galáxia demorou tanto tempo para ser construída? Na verdade, a história da Galáxia, como vários episódios na história da ciência, acompanha o desenvolvimento não só de técnicas científicas, mas do pensamento do homem e da sociedade. Existe uma compatibilidade entre as teorias científicas, os meios pelos quais se produzem essas teorias, e aquilo que o homem de uma determinada época pode compreender. Essa é a história que será contada nas próximas linhas.

Uma breve história da Galáxia

Era uma vez Galileu Galilei ...

Foram muitas as explicações mitológicas para o fenômeno óptico da Via Láctea. Essas explicações são o resultado da combinação da percepção de evidências do mundo natural, captadas pela percepção humana, com determinadas crenças, geralmente associadas às divindades. Um exemplo é a idéia de que a faixa esbranquiçada teria se originado de um jato de leite dos seios da deusa Hera.



A Origem da Via Láctea, 1575 de Jacopo Tintoretto (1518 - 1594).

A origem do nome Via Láctea, que significa caminho de leite: O leite dos seios da deusa Hera teria se derramado nos céus, deixando uma mancha esbranquiçada, quando sugado por Hércules, filho de Zeus com uma mortal.

Acreditava-se também que a Via Láctea pudesse ser o caminho do Sol, ou de divindades. Para alguns filósofos a Via Láctea seria a porção mais densa de estrelas da esfera celeste, ou um fenômeno resultante do espalhamento da luz do Sol pelas estrelas naquela região do céu.

A possibilidade de que a Via Láctea fosse constituída por estrelas já havia sido especulada, antes que pudessem ter sido apresentadas evidências, como as observações feitas por um instrumento que ampliasse nossa capacidade de enxergar nos céus. A olho nu, não é possível “resolver” essa faixa do céu em estrelas individuais. Mas como toda a esfera celeste era constituída pelas estrelas fixas, seria normal inferir que a Via Láctea, uma porção da esfera celeste, também o fosse.



A região da Via Láctea – Na Antiguidade, era possível observar a olho nu (da mesma forma que para você) aquela faixa que formava um caminho esbranquiçado no céu, mas não se tinha nenhuma prova de que ele fosse constituído por estrelas.

Novas evidências a favor da constituição estelar da Via Láctea foram apresentadas no século XVII, que foi quando o telescópio começou a ser usado para a observação do céu. Seu uso tornou possível enxergar mais e melhor nos céus. Galileu Galilei (1564-1642) usou o instrumento, que já era conhecido dos holandeses, para observação dos céus e publicou os resultados no *Sidereus Nuncius* (a obra que começou a lhe dar maior visibilidade) em 1609. Galileu apontou o novo instrumento para a região da Via Láctea e percebeu que a faixa esbranquiçada era formada por estrelas. Esse resultado não representou uma grande revolução na concepção da Via Láctea, embora seja parte de um processo de transformação da maneira do homem de se relacionar com evidências do mundo natural e a elaboração de teorias. ¹

Você deve estar se perguntando (ou não): mas então as pessoas não sabiam que a Via Láctea era constituída de estrelas até o século XVII? Na verdade, alguns filósofos já haviam especulado esse assunto e eles imaginaram que ela fosse sim, constituída por estrelas. Apesar disso, essa não era uma preocupação das pessoas naquele tempo e muito provavelmente as explicações mitológicas tinham mais valor e significado do que pensar em uma região constituída de estrelas.



Galileu apresenta seu telescópio – Nesta obra de Luigi Sabatelli (1772-1850), Galileu apresenta seu telescópio ao senado veneziano. O telescópio de Galileu e suas observações não foram aceitas imediatamente em sua época.

Uma Breve Discussão

Desde a constatação de Galileu sobre a natureza estelar da Via Láctea até que pudéssemos desenvolver o conceito que hoje temos, passaram-se quase 400 anos. A história da Via Láctea não é tão breve assim! Várias são as dificuldades envolvidas no processo de construção desse conhecimento. Imagine só: fazer um mapa de um lugar quando se está dentro dele não é uma tarefa muito fácil. Isso é exatamente o que acontece conosco, pois estamos tentando fazer um mapa da nossa Galáxia estando dentro dela. Uma maneira de tentar compreender como é a nossa Galáxia, já que é muito difícil observá-la por dentro, seria observando sistemas semelhantes: outras galáxias. Mas porque então as pessoas não tentaram essa alternativa antes e chegaram ao que hoje entendemos como Galáxia, mais rápido? Porque demoraram 400 anos?

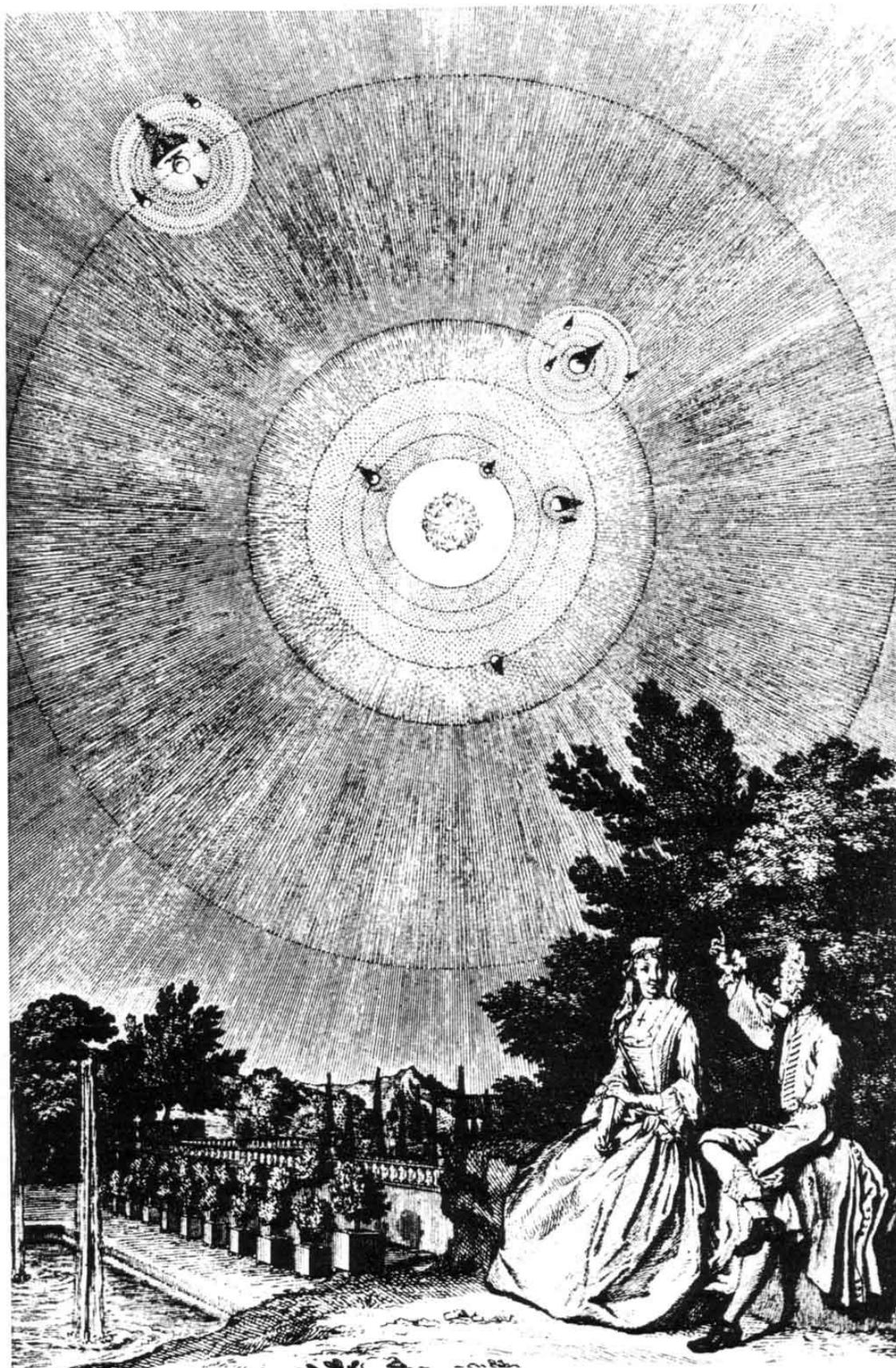
1) Em primeiro lugar; hoje acreditamos que existam milhares de sistemas, galáxias como a nossa, mas até a primeira metade do século XX não sabíamos da existência de outras galáxias.

2) Em segundo lugar: saber que estamos dentro de uma Galáxia é um conhecimento sobre o mundo que nos cerca. O conhecimento não é gerado a partir do nada. Um determinado conhecimento científico é todo um processo, que está intimamente ligado ao pensamento do homem e à sua evolução. A ciência também vem do “pensar” humano,oras! As pessoas de uma determinada época acreditam num mundo que funciona de acordo com as coisas que elas aprenderam. Conforme foram educadas. Assim, imaginem que para um homem que não conhece o telescópio e enxerga o mundo a olho nu, já seria difícil imaginar que estamos imersos em um sistema, imaginem pensar que existem milhares deles!

Além dessas dificuldades, existe uma série de conceitos que precisava ainda ser construída. Na época de Galileu não se compreendia que as estrelas pudessem estar a diferentes distâncias de nós ², nem mesmo que fossem corpos parecidos com o nosso Sol. Por muito tempo, antes da construção de telescópios mais poderosos, que enxergavam mais longe no espaço, e de técnicas que nos permitissem medir distâncias, ser um cartógrafo da Galáxia era uma tarefa muito árdua!

O uso do telescópio, nossa compreensão do que eram as estrelas, suas distâncias, não foram as únicas idéias que passaram por uma revolução conceitual nos séculos seguintes. Uma outra revolução ganhara corpo no século XVII com algumas observações de Galileu Galilei ³, mais populares e polêmicas que as que ele fez na região da Via Láctea, comprovando a teoria heliocêntrica de Nicolau Copérnico. ⁴

O século XVII findou deixando como herança um Universo em transformação, ou, uma concepção de Universo em transformação. Uma profunda revolução conceitual acontecia com a mudança do centro do Universo, a Terra havia deixado esse centro para ceder lugar ao Sol, uma estrela em torno da qual giravam os planetas até então conhecidos com seus satélites e os cometas. Para tenta compreender o choque das pessoas da época com a mudança de referencial, você pode fazer um exercício partindo apenas de ações cotidianas, como observar o Sol nascendo e se pondo todos os dias, num trajeto durante o qual ele aparentemente percorre uma esfera. Seria mais fácil chegar à conclusão de que o Sol gira em torno da Terra ou de que a Terra revolve em torno do Sol?



Diálogos sobre a Pluralidade dos Mundos – No livro Diálogos sobre a Pluralidade dos Mundos, de Bernard Fontenelle (1657 - 1757), o novo Sistema do Mundo é explicado a uma dama da nobreza. A mudança do sistema heliocêntrico para geocêntrico provocou uma profunda mudança na concepção do homem sobre seu lugar no cosmos e se refletiu na literatura. Diálogos sobre a Pluralidade dos Mundos foi um dos livros mais lidos no século XVIII.

Uma Breve Discussão

O Sistema Solar era todo o Universo conhecido ⁵, ao qual se somava também a esfera das estrelas fixas e essas últimas não atraíam a atenção dos astrônomos. ⁶ Alguns motivos para se chegar a uma conclusão como essa ou mesmo não se pensar em outras possibilidades, são:

- 1) Qualidade dos telescópios – possibilitava observar em pequena escala, ou seja, objetos pertencentes ao Sistema Solar.
- 2) Aplicação das leis de Newton – sucesso de sua aplicação ao movimento de corpos celestes pertencentes ao Sistema Solar.
- 3) A esfera das estrelas fixas não era interpretada como um sistema, nem mesmo a distância desses corpos celestes era conhecida.
- 4) A concepção do Universo havia acabado de passar por uma profunda transformação - o Universo herdado pelo século XVIII seria por muitos séculos o próximo paradigma da visão de mundo.



O Universo no século XVII - Representação do Universo do século XVII gravada em madeira, usada por Camille Flammarion na obra *L'atmosphère: météorologie populaire*, (Paris 1888). Existiriam outros sistemas além da esfera de estrelas fixas?

Questões para Refletir:

Primeiras reflexões:

A ciência tenta entender a maneira como a natureza funciona;

A ciência vem do pensamento humano;

A ciência tenta entender a natureza. A natureza existe por si só, ou seja, cabe ao homem apenas decifrar o mundo natural.

O que você acha das frases que acabou de ler? Elas se combinam, se contradizem, ou dizem todas a mesma coisa? Você acha que a ciência e o pensamento humano estão de alguma forma ligados? Porque? Tente refletir sobre isso!

Segundas reflexões:

*Imagine que uma pessoa do futuro, da sua idade, consegue fazer uma viagem no tempo e vai parar no século XVII, na época de Galileu Galilei. Essa pessoa acabou de aprender várias coisas sobre a Galáxia, como por exemplo, que ela tem braços espirais, regiões como o disco, o halo etc. Ela ficou tão entusiasmada com esse conhecimento que vendo Galileu com seu humilde telescópio observando o céu, conta-lhe todas as **verdades** que acabou de **desvendar** sobre a Galáxia, sobre os telescópios potentes como o Hubble, etc. Galileu não entende, fica confuso. Afinal, ele não pode constatar nada daquilo que o menino diz com seu telescópio. Você consegue imaginar porque Galileu não compreende o que a pessoa diz? Será que isso significa que Galileu era burro, que ele não conseguia enxergar a verdade?*

Praticando 1

Comparar quantitativamente a abertura do nosso olho com a abertura de um telescópio. O que isso significa em termos de observação do céu?

Praticando 2

Partindo do seu senso comum, da sua observação do dia-a-dia, você diria que é a Terra quem gira em torno do Sol ou é o Sol quem gira em torno da Terra? Porque?

Pra quem quer saber mais ...

Sobre Galileu Galilei e algumas obras do século XVII

A vida de Galileu de Bertold Brecht - Uma peça teatral em que o autor retrata a problemática da compreensão com relação à sua própria época fazendo um paralelo com alguns episódios característicos da vida de Galileu Galilei.

Um livro que retrata muito bem a compreensão de uma pessoa do século XVII com relação a mudança de sistema heliocêntrico para geocêntrico é o **Diálogos sobre a Pluralidade dos Mundos** de Bernard Fontenelle.

*Sobre alguns mitos de criação do Universo e sua concepção histórica, consultar : **O Universo**, de Roberto de Andrade Martins, Editora Moderna.*

1 O homem começava a usar instrumentos a partir dos quais obtinha evidências do mundo natural que não imaginava serem possíveis. O telescópio e as observações de Galileu não foram aceitas de imediato, foram alvo de polêmica e controvérsia.

2 Estavam todas incrustadas, fixas na esfera celeste.

3 Observações das luas de Júpiter, conhecidas atualmente como “Luas Galileanas” e das fases de Vênus.

4 É bom lembrar que Copérnico não foi a primeira pessoa a pensar no Sol como centro do nosso sistema planetário. O grego Aristarco de Samos (310-230 a.C.), teria tido um ideia semelhante à sua.

5 No fim do século XVI, Johannes Kepler (1571-1630) já havia publicado a obra em que expunha as três leis para o movimento planetário e Isaac Newton (1643-1727) já havia formulado a lei da Gravitação Universal, de acordo com a qual um corpo massivo atrai outro com uma força proporcional ao inverso do quadrado da distância entre eles.

6 Possivelmente porque os instrumentos que eles possuíam não acrescentavam muita informação a respeito das estrelas, podiam com eles, estudar objetos mais próximos, como os planetas do Sistema Solar e os cometas.

... e que se façam as nebulosas!

Muito provavelmente você já ouviu a palavra “nebuloso”, que representa algo encoberto, misterioso, mas em um contexto astronômico, você saberia dizer o que são as nebulosas? Para o dicionário da língua portuguesa ¹:

Ne.bu.lo.sa Nuvem de poeira e gás interestelar.

A que se segue outra definição importante:

Ne.bu.lo.so 1. Coberto de nuvens ou vapores densos; nublado. 2. Sem transparência, turvo; 3. Pouco definido, indistinto; 4. Obscuro; ininteligível;



Região de Orion Nebulosa Cabeça de Cavalo – Imagem NASA <<http://www.nasaimages.org/luna/servlet/view>> (acessado em 26/06/2009) Créditos: UKS Telescope [<http://www.roe.ac.u...>]

Dessas duas definições, podemos entender que as nebulosas são corpos celestes, que se assemelham a uma nuvem, constituídos por gases. Seria ainda desejável imaginá-las como objetos difusos, indefinidos, quando observados a olho nu (ou ao telescópio). Quando o telescópio foi usado por Galileu, no século XVII, para a observação do céu, a identificação da natureza estelar de alguns corpos celestes pôde ser constatada, como, por exemplo, da Via Láctea. A palavra, nebulosa, foi durante muito tempo empregada para designar objetos cuja aparência visual fosse difusa ao telescópio.

A primeira nebulosa (sobre a qual constam registros) teria sido observada pelo astrônomo persa, Al Sufi (903-986 a.C.). Ele registrou a observação em seu *Livro das Estrelas Fixas*, em 964 d.C.² Ao longo da história, o registro de observações das nebulosas passou a ser organizado nos catálogos.³

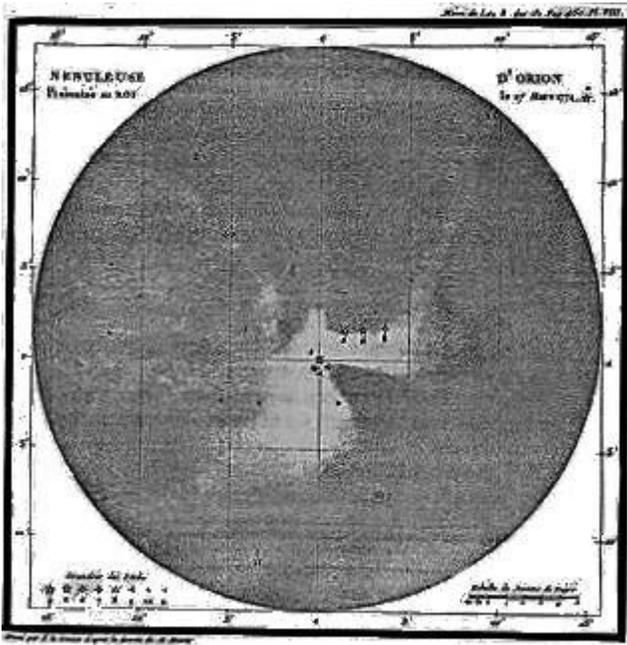
No fim do século XVI (1590), sete nebulosas foram observadas por Tycho Brahe (1546-1601), dentre as quais, apenas uma foi mencionada em catálogos modernos. Cem anos depois, Hevelius (1611-1687)⁴ publicou um catálogo contendo 16 nebulosas, onde apenas duas, M31 e M44, eram ou aglomerados de estrelas, ou nebulosas. Mas até então todas essas observações foram feitas a olho nu.

Ao longo do século XVIII várias nebulosas foram observadas, mas ao contrário do que se pode pensar, não eram focos de um debate cosmológico. Muitos astrônomos registraram nebulosas apenas com o intuito de distinguí-las dos cometas ou outros objetos pertencentes ao Sistema Solar. A natureza das nebulosas, sua constituição, não tinha importância para a maioria dos astrônomos “profissionais” do século XVIII.

A observação de mais nebulosas foi decorrente do uso do telescópio e não de uma busca direta por elas ou de um programa de pesquisas que tivesse o intuito de entendê-las. Com o passar do tempo, as nebulosas foram encaixadas em teorias muito importantes para a compreensão da nossa Galáxia e da existência de outros mundos, que veremos mais adiante.

Em 1712, John Flamsteed (1646-1719) publicou seu grande catálogo, *Historia Coelestis Britannica*, mencionando algumas “nebulosidades” ou “nebulosidades estelares”, como ele se referiu. Três anos depois, Edmond Halley (1656-1742) publica uma obra⁵ na qual constam registros de observações de seis nebulosas.

Uma ideia aproximada do que os astrônomos imaginavam ser uma nebulosa, pode ser visualizada em uma ilustração feita por Messier (1730-1817).



Ao lado o desenho de uma nebulosa de Messier. A nebulosa de Orion que ele chamou de M42 e M43, por ter pensado que se tratavam de dois objetos.

A princípio, o interesse de Messier por nebulosas era relativo à distinção entre estas e os cometas. Poucas das nebulosas conhecidas são visíveis a olho nu, e mesmo os telescópios geravam dados de qualidade ruim porque demandavam uma série de correções (para excluir aberrações das lentes).



M42 ao lado de M43 - os desenhos de Messier se assemelham ao padrão das nebulosas nas imagens modernas.

Breve Cronologia da observação de nebulosas no século XVIII

1715 – Halley publica seu *An account of several nebulae or lucid spots like clouds, lately discovered among the fixed stars by help of the telescope*.

1733 – Maupertuis traduz para o francês e publica o trabalho de Derham.

1734 – Publicado o trabalho de Derham, que reuniu em seu catálogo observações de Halley e algumas de Hevelius (a olho nu).

1760 - Messier começa a observar nebulosas.

1779 – O *Astronomische Jahrbuch für 1779* de Bode, um catálogo com 75 nebulosas, reúne os trabalhos de Halley, Hevelius, Derham, Lacaille, Messier e algumas observações próprias.

1783 e 1784 - Republição do catálogo de Lacaille com 42 nebulosas no almanaque francês *Connaissance des Temps*.

1783 e 1784 - Messier publica no *Connaissance des Temps* em 1783 uma lista de 68 nebulosas e em 1784 outra com 103.

1884 e 1891 - de Chéseaux publica uma lista com 20 nebulosas, que foi publicada no *Annales Observations*, algumas das quais foram descobertas por ele.

Uma Breve Discussão

Mas, se as nebulosas não eram importantes para os astrônomos daquela época, então porque estamos falando tanto delas? Sim, para muitos astrônomos, realmente as nebulosas não eram corpos celestes importantes, como eram os planetas e cometas, mas elas desempenharam um papel muito importante na nossa compreensão da existência de outras galáxias e do formato da nossa. Como já dissemos, é difícil fazer o mapa de algum lugar estando dentro dele, usar objetos semelhantes e externos seria uma alternativa para se conseguir mapear a Via Láctea, por exemplo. Isso não aconteceu de maneira definitiva no século XVIII, mas foi nesse período que algumas pessoas despertaram para a importância das nebulosas, fazendo uma analogia entre elas e o nosso próprio sistema, considerando a possibilidade da existência desses sistemas externos e parecidos com a Via Láctea. Alguns “mapas” da Via Láctea e mesmo um Universo mais abrangente, extenso, formado por milhares de sistemas como o nosso chegaram a ser propostos. Qual seriam as bases desses modelos? Eles foram populares? Influenciaram as pessoas daquela época? Como andava a ciência astronômica no século XVIII e quais foram os principais personagens dessa história?

Questões para Refletir:

Primeiras reflexões:

As primeiras nebulosas foram observadas a olho nu, mas depois do telescópio um número muito maior delas começou a “aparecer” para os astrônomos. Os astrônomos do século XVIII, no entanto, não estavam preocupados com a natureza das nebulosas. Se você vivesse no século XVIII e fosse um astrônomo, preocupado com objetos do Sistema Solar, o que você pensaria ao observar corpos difusos, que você não conseguiria identificar muito bem, mesmo com o telescópio? Você pensaria em questionar a natureza desses objetos?

Pra quem quer saber mais ...

. O livro “The Cambridge Astronomy Guide” de William Liller, Ben Mayer traz um pouco da história dos objetos de Messier além de ser um guia em geral de astronomia observacional.

¹ Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, Mini dicionário da língua portuguesa, Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2000.

² Trata-se da grande nebulosa de Andrômeda, M31, que Al Sufi menciona como sendo bastante popular em sua época.

³ Citamos dois por enquanto, os catálogos de Hipparchus, que observou em Rhodes (146 a 127 a.C.) e o de Ptolomeu que observou em Alexandria (127 – 151 d.C.). Era comum que nesse período houvesse uma confusão entre aglomerados de estrelas e algumas nebulosas, uma vez que as observações eram feitas sem o auxílio do telescópio.

⁴ Hevelius foi um astrônomo contemporâneo de Galileu Galilei, e como ele, observou a Lua, fazendo mapas de suas crateras e calculando a altura das montanhas lunares.

⁵ O catálogo foi republicado no *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 1947, vol 41 pag 69-71.

***No meio da história tinha um filósofo,
Tinha um filósofo no meio da história ...***

Esse é um dos pontos mais excitantes da nossa história. Na metade do século XVIII alguns “pensadores” conceberam de maneira independente teorias sobre o formato da Via Láctea e sobre a existência de outros sistemas, parecidos com ela.



Foi o sueco Emanuel Swedenborg (1688-1772) quem primeiro pensou na Via Láctea como apenas um dos diversos mundos. Suas teorias eram especulativas, não tinham uma base observacional. Swedenborg baseou-se em crenças e idéias, pensamentos que tinha a respeito das coisas do mundo que o cercava. Não podemos dizer que havia consistência entre suas teorias e os fatos disponíveis para ele naquela época. Mesmo que Swedenborg tivesse atentado para observações de nebulosas, não havia evidências suficientes para que ele pudesse afirmar que a Via Láctea era apenas uma dentre milhares de outras.

Durante a primeira metade do século XVIII algumas teorias (diga-se de passagem: teorias especulativas) foram desenvolvidas para interpretar o formato aparente da Via Láctea. As primeiras tentativas de explicar aquela mancha esbranquiçada no céu, e de dar a ela um formato próprio vieram com Thomas Wright de Durham (1711 – 1786), seguido por Immanuel Kant (1724-1804).



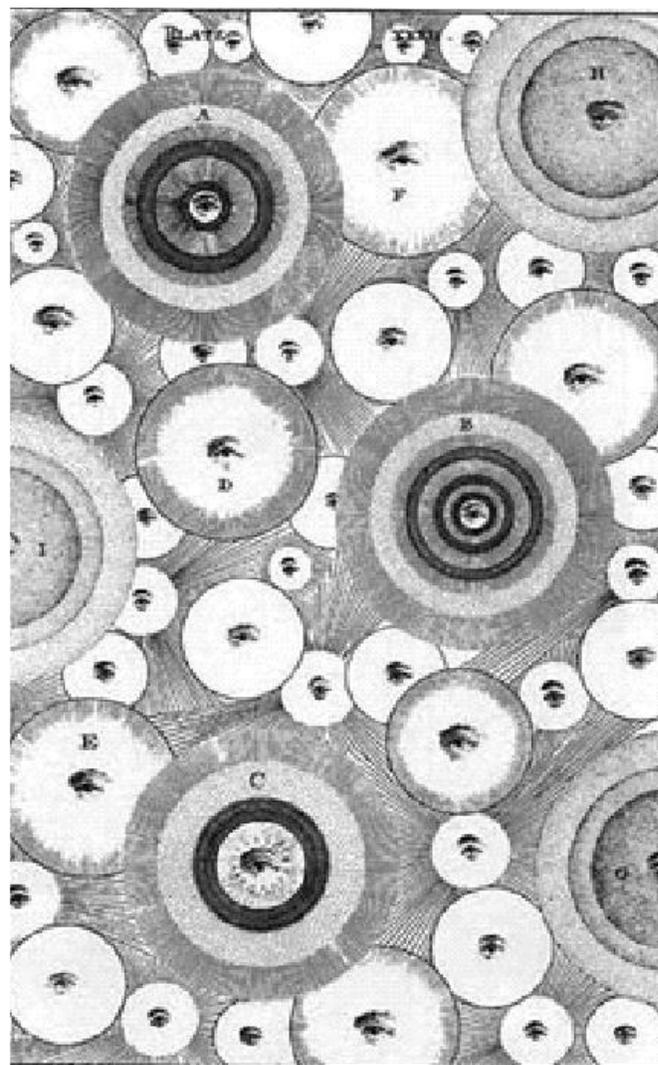
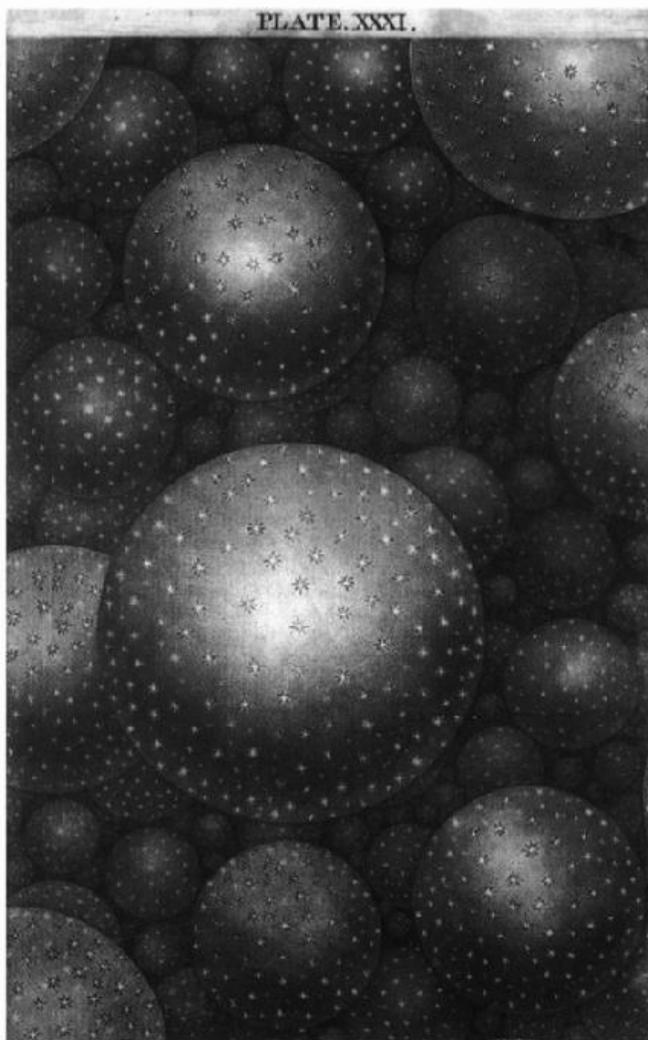
Kant e Wright – Os dois desenvolveram teorias para explicar o formato aparente da nossa Galáxia e pensaram na existência de outros sistemas parecidos com o nosso no século XVIII.

Não se pode dizer que Thomas Wright foi privilegiado com uma boa educação, nos moldes do século XVIII, mas foi um homem dotado de uma inteligência e criatividade de pensamento singulares em seu tempo. Wright não é muito conhecido como astrônomo, apesar de ter observado o céu com um telescópio. Sua obra, Teoria Original ou Nova Hipótese sobre o Universo, publicada em 1750, influenciou Immanuel Kant, que em 1755 publicaria as próprias teorias sobre o formato da Via Láctea, como também sobre a natureza das nebulosas que estavam sendo observadas, outra inspiração em Wright.

Mas, o que o teria motivado a desenvolver um modelo para a Via Láctea? Será que ele buscava nele uma compreensão da ordem moral e religiosa do Universo, aliás, como era comum em sua época? Estaria Wright embasado na astronomia de sua época, dados provenientes de observações, Leis da Gravitação, observações de nebulosas, etc?

A principal idéia de Wright é que a Via Láctea seria um fenômeno óptico. Para ele, a existência da mancha esbranquiçada estaria ligada à nossa imersão em uma camada achatada de estrelas.¹ Através de argumentos especulativos Thomas Wright desenvolveu uma teoria sobre a organização do nosso sistema, sobre a existência de outras “galáxias” e até mesmo sobre vida em outros mundos.

Nos livros de astronomia da época, como o: *Leituras em Astronomia* de William Whiston, Wright teria encontrado que as estrelas eram parecidas com o Sol, ou seja, possuiriam o mesmo brilho, planetas e cometas próprios, além da sugestão de que a aparente desordem das estrelas no céu seria um efeito da posição do observador em relação a elas. Cada estrela constituiria um sistema equivalente ao nosso, outras esferas, nas quais existiriam vários sistemas iguais ao Sistema Solar.



O Universo de Thomas Wright de Durham – As esferas de Wright, representando os milhares de sistemas existentes no Universo. A ordem moral do Universo: a distância ao centro de criação era determinada por uma ordem moral.

Uma Breve Discussão

As motivações de Thomas Wright para organizar o Universo da maneira como fez eram, no entanto, religiosas. Tinham mais o intuito de dar uma ordem moral ao Universo e de adequá-la a idéias científicas do que o contrário. Baseando-se na crença de que o criador do Universo estaria ocupando seu centro ele dispôs o restante da criação, distante desse centro por motivos de ordem moral. Mas pense bem, no século XVIII essa era uma prática comum entre os pensadores e mesmo entre os astrônomos. Os tratados mais populares de astronomia da época dividiam sua atenção entre exaltar a criação divina e cálculos de órbitas de cometas, etc. O próprio Wright cita o: *Princípios Astronômicos da Religião*, de William Whiston. Muitas das organizações que legitimaram as práticas e institucionalizaram a ciência ainda não existiam, sendo que a de maior força era a *Royal Society*. Para o próprio Thomas Wright a astronomia, “a mais útil das ciências”, seria: o meio pelo qual teríamos acesso à constituição do mundo material (sua ordem e suas leis); espaço para a manifestação da própria divindade; o que a tornava inteligível aos domínios da mente humana. Esses argumentos, mesmo que especulativos aliados à capacidade de construir analogias, constituiriam a base da compreensão dos limites de extensão do universo visível na obra de Wright.²

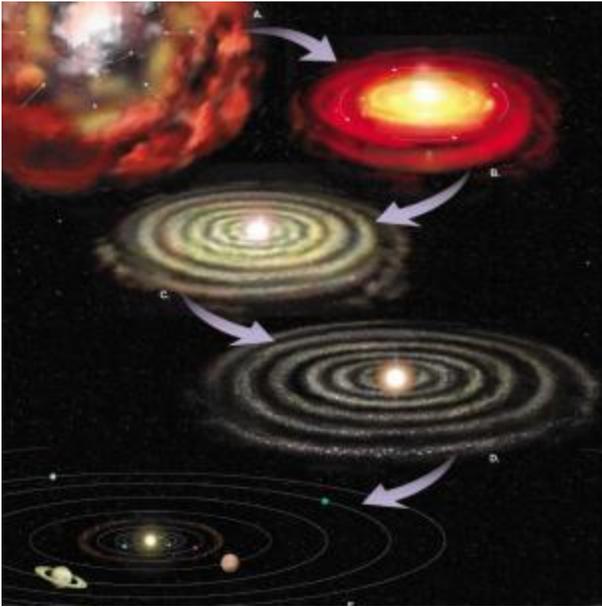
Wright não se baseou em observações disponíveis nem construiu argumentos baseados em cálculos. Naquela época, o que ele poderia ter feito, era testar seu modelo com base nas Leis de Kepler e de Newton, que eram comumente usadas para tratar do movimento dos corpos celestes. Ele citou o trabalho de Halley, como evidência de que o movimento das estrelas permitiria a elas que não colapsassem em direção a um ponto comum, graças à ação das Leis da Gravidade. Também baseou suas hipóteses em compilações de astronomia populares na época, como as de William Whiston. Ele não era um leigo em astronomia, conhecia os tratados existentes e foi tutor de pessoas da sociedade. No entanto, acreditava que seus argumentos, mais pertinentes ao campo da racionalidade, eram suficientes e consistentes.

Hoje, as idéias de Wright podem não parecer revolucionárias, mas é bastante difícil chegar as mesmas conclusões que ele partindo de poucos dados, provenientes de telescópios com baixo poder de resolução e vivendo em um Universo que abrangia apenas os limites do Sistema Solar.

Immanuel Kant, influenciado pela obra de Wright e pelas leis de Newton, formulou seu modelo para a Via Láctea, publicado na obra cujo título integral em português é *História Universal Natural e Teoria dos Céus, ou um Ensaio sobre a Constituição e Origem Mecânica do Universo tratada de acordo com os Princípios Newtonianos*. O trabalho de Kant foi concluído em 1755 e dedicado a Frederico I da Prússia (1701-1713).³ Ele só foi publicado cerca de dez anos após ter sido concluído, período durante o qual Kant se tornou um renomado filósofo. Kant defendeu também a existência de outros sistemas como o nosso, e de sistemas contendo sistemas, chegando a um universo infinito!

Além das posições desses objetos um outro assunto que despertou o interesse de alguns estudiosos do século XVIII foi sobre a origem do nosso sistema. Partindo da ideia de que as nebulosas seriam outros sistemas Kant elaborou sua hipótese nebular, a partir da qual nosso sistema teria se formado de uma massa gasosa de matéria, conforme as leis da atração gravitacional de Newton. Delas surgiria a harmonia e regularidade no arranjo da matéria, e a força gravitacional seria a responsável pela atração da matéria gasosa originalmente espalhada, que

gradualmente se solidificaria tornando-se corpos celestes (Sol, planetas, cometas, etc.). A hipótese de que foi sugerida pelo filósofo alemão Immanuel Kant no trabalho de 1755, também foi abordada por Laplace, de maneira independente. Inclusive, a hipótese de Laplace ficou mais popular entre historiadores da ciência do século XIX que a hipótese de Kant.



Hipótese Nebular – Da rotação de uma massa gasosa se originariam sistemas como o nosso sistema solar. A hipótese foi primeiro apresentada por Immanuel Kant, em 1755.

O *Ensaio de Cosmologia* de Maupertuis, levou Kant a postular sobre a natureza das nebulosas e sobre o fato de serem essas outras Via Láctea, semelhantes a nossa, porque o próprio Maupertuis especula sobre a natureza das nebulosas. Kant propôs que a Via Láctea seria um sistema de estrelas arranjadas ordenadamente, sob a ação de leis (atração gravitacional) e não espalhadas aleatoriamente sem nenhum design. Nesse sentido, ele foi influenciado por Thomas Wright⁴, que também propôs que as estrelas fixas não estariam aleatoriamente espalhadas.

Da obra do próprio Kant, pode-se deduzir que o que mais o influenciou a propor que as nebulosas seriam sistemas organizados sob a ação de leis, as quais também estava sujeito o Sistema Solar, foi a hipótese nebular. Aliando: as observações de nebulosas; algumas das ideias a respeito de sua natureza (como as de Maupertuis); sua hipótese nebular e algumas especulações sobre a necessidade da existência de uma “ordem universal”, que se manifestava sob a ação das leis de atração e repulsão a hipóteses de Thomas Wright, Kant construiu seu modelo para a galáxia. Ele seguiu o mesmo raciocínio de Wright, questionando o formato observado da Via Láctea.

O formato da Via Láctea estaria relacionado ao formato observado das nebulosas. Isso, porque considerava que as nebulosas fossem outros sistemas, iguais a nossa Via Láctea. Estando as estrelas fixas dispostas em um plano comum ao da Via Láctea e sendo estes sistemas iguais a ela só que situados a uma distância tão grande de forma que não fosse possível identificá-los como tal (nem mesmo ao telescópio), seria natural observar esses sistemas sob o formato circular, caso o observador esteja na direção de visada desse plano, e elíptico, caso esse plano fosse observado de lado.

Para Kant, as estrelas constituiriam sistemas, e esses teriam um ponto central comum. No século XVII, Christiaan Huygens (1629-1695), que acreditava que a determinação direta da distância (a partir da observação) de uma estrela era impossível⁵, estimou a distância de Sirius baseando-se na comparação entre seu brilho e o do Sol. O resultado encontrado por Huygens para a distância⁶ foi de aproximadamente 28 mil vezes a distância Terra-Sol⁷. Kant usou esse valor para calcular o período de translação de Sirius em torno do Sol, a partir da terceira Lei de Kepler. O resultado encontrado por Kant mostrava que “esta estrela deveria levar mais de um milhão e meio e anos para completar a volta em torno do Sol e, o que é mais, em quatro mil anos deveria ter se movido de apenas um grau”.⁸

Uma Breve Discussão



Quanto à hipótese de Laplace, que partiu de uma idéia simples de que a matéria que formava o Sol, os planetas e os satélites, existia originalmente como um gás, a partir do qual se formava um globo, cuja extensão abrangia os limites de localização do Sol e de Netuno (ele não se preocupa em explicar como essa massa se originou). O Sistema Solar teria se originado da condensação e solidificação dessa massa gasosa, dotada de um movimento de rotação em torno de si mesma. Se essa massa não possuísse rotação a gravidade atrairia todas as partículas de maneira idêntica para o centro da formação (não se surgiriam os anéis a partir dos quais os planetas teriam se formado), surgiria então apenas um corpo no centro e não planetas e outros corpos celestes girando em torno do centro.

Questões para Refletir:

Primeiras reflexões:

Você não acha curioso que no século dezoito alguns dos “cosmólogos” em ação fossem filósofos? Como você pode notar, algumas das teorias desses filósofos sobre a Via Láctea ou sobre a existência de outras galáxias se parecem muito com o que acreditamos atualmente. Porque será que os astrônomos daquele período não se perguntavam as mesmas coisas? Será que eles se perguntavam, mas não ficaram para a história, ou será que não se perguntavam e não estavam interessados? Pense sobre essas questões.

Segundas reflexões:

Hoje em dia filósofos ainda especulam mais no campo da cosmologia? Um filósofo seria capaz de produzir algum modelo científico? Será que mudou alguma coisa na ciência nos últimos 200 anos, desde Kant e Thomas Wright?

Terceiras reflexões:

No início do século XVIII não se tinha a ideia de que a Via Láctea fosse uma galáxia, um sistema constituído por milhares de estrelas. Ao longo desse século e principalmente com a observações das nebulosas e incremento dos telescópios, essa ideia surgiu e se aprimorou. Tente pensar como Immanuel Kant, por exemplo, você acha que chegar a ideia de que a Via Láctea seria um sistema constituído por estrelas é uma constatação óbvia? Quais seriam os indícios que você acha que Kant tinha disponíveis na época que o fariam concluir que a Via Láctea seria uma galáxia e que as nebulosas seria sistemas equivalentes?

Praticando

Praticando 1

Você pode fazer um exercício usando a terceira lei de Newton para estimar o tempo que a estrela Sirius levaria para dar uma volta completa em torno do Sol, caso ela girasse em torno dele. Kant fez essa estimativa no século XVIII. (Use a distância de Sirius estimada por Huygens no século XVII, cerca de 28 mil vezes a distância da Terra ao Sol).

Pra quem quer saber mais ...

*. Sobre a História da evolução do conceito de Universo e teorias científicas a esse respeito: **O Universo**, de Roberto de Andrade Martins, Editora Moderna.*

¹ Essa idéia de Wright, da imersão do observador em uma camada de estrelas é equivalente às idéias de outro astrônomo do século XVIII, William Herschel. Em um artigo apresentado a Royal Society em 1785, ele tenta traçar a construção dos céus, baseando-se em situações hipotéticas de localização do observador entre camadas de estrelas e inferindo qual seria a visão do observador imerso nessa camada. Ele queria entender o formato da Via Láctea.

² Para Thomas Wright nós seríamos os únicos seres dotados de razão no universo, característica que nos aproximava do criador, por semelhança e que nos possibilitava compreender a extensão da criação divina.

³ A Academia de Ciências de Berlim foi fundada em 1710 por Frederico I da Prússia (1701–13), também Frederico III de Brandenburgo (1688 – 1713) . A obra de Kant foi publicada alguns anos após sua fundação, em 1755. Muito provavelmente o Rei Frederico não chegou a ver o livro que foi publicado apenas em 1765.

⁴ Alguns autores discordam que Thomas Wright tenha aceitado a Via Láctea como um sistema de estrelas dispostas em um disco, como postulou Kant, mas a contribuição mais significativa de Wright para Kant foram suas idéias e a maneira com a qual ele propôs novas possibilidades para a distribuição das estrelas fixas no firmamento.

⁵ Como já mencionamos a maioria dos astrônomos no século XVIII interessava-se em observar corpos pertencentes ao Sistema Solar, sendo que as estrelas fixas, para a maioria deles, não eram interessantes a não ser pelo fato de que, a determinação de suas posições na esfera celeste possibilitaria a determinação da posição dos corpos do Sistema Solar.

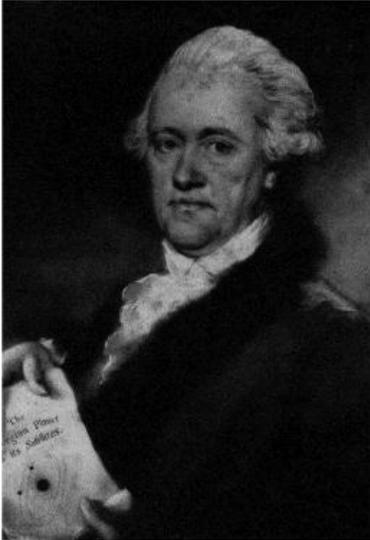
⁶ Sirius é um sistema binário conhecido desde a antiguidade. Ele foi identificado como um sistema binário no século XIX, por Friederich Wilhelm Bessel, em 1844.

⁷ Resultados do início do século XX mostraram que essas estimativas feitas por Huygens eram muito pequenas, sendo que o valor da época era de cerca de 500 mil vezes a distância Terra-Sol (18 vezes maior que a calculada por Huygens que é também o valor aceito atualmente).

⁸ Bradley havia observado um movimento quase imperceptível das estrelas, o movimento próprio. Kant chegou a comentar sobre suas expectativas com relação a detecção do movimento próprio das estrelas, com a melhora dos instrumentos e conhecimentos sobre as estrelas.

A “construção dos céus”

Como dissemos, os astrônomos do século XVIII não dedicavam seus estudos a uma astronomia voltada para questões das estrelas. Depois da primeira metade desse século, a história da astronomia estelar começou a mudar. As primeiras observações de nebulosas, por exemplo, foi em grande maioria acidentais ou com o propósito de distinguir corpos pertencentes ao Sistema Solar, estudar seus movimentos, mas para um astrônomo do século XVIII elas eram de importância vital.



Se você nunca ouviu falar do astrônomo William Herschel, saiba que foi ele quem descobriu o planeta Urano em 1781, batizado *Georgium Sidus* em homenagem ao então rei da Inglaterra, George III. Herschel nasceu na Alemanha, mudando-se para a Inglaterra em 1756, país onde manteve residência até o fim da vida. Inicialmente viveu como músico, por quase trinta anos, até que pudesse assumir sua carreira profissional na astronomia, em 1782 após a descoberta de Urano. É difícil falar do William Herschel astrônomo sem mencionar que ele foi muito provavelmente o mais hábil construtor de telescópios de seu tempo, sendo o poder de aumento de seus telescópios incomparável até então. Seus artigos foram compilados no século XIX, após sua morte, onde também constam catálogos de centenas de nebulosas e estrelas binárias.

Herschel manteve, com auxílio dos irmãos Caroline e Alexander¹, durante quase todo o tempo em que atuou como astrônomo, o projeto de “varrer” os céus². Ao contrário da maioria dos astrônomos de seu tempo, Herschel dedicou-se a observação de nebulosas, catalogou-as e tentou compreender seus diferentes formatos. Equipamentos de sua própria construção (de uma qualidade incomparável na época) possibilitaram suas empreitadas de observação. Dentre outras, calculou a altura das montanhas da Lua e constatou que a Via Láctea era formada por estrelas, conforme havia adiantado Galileu³.

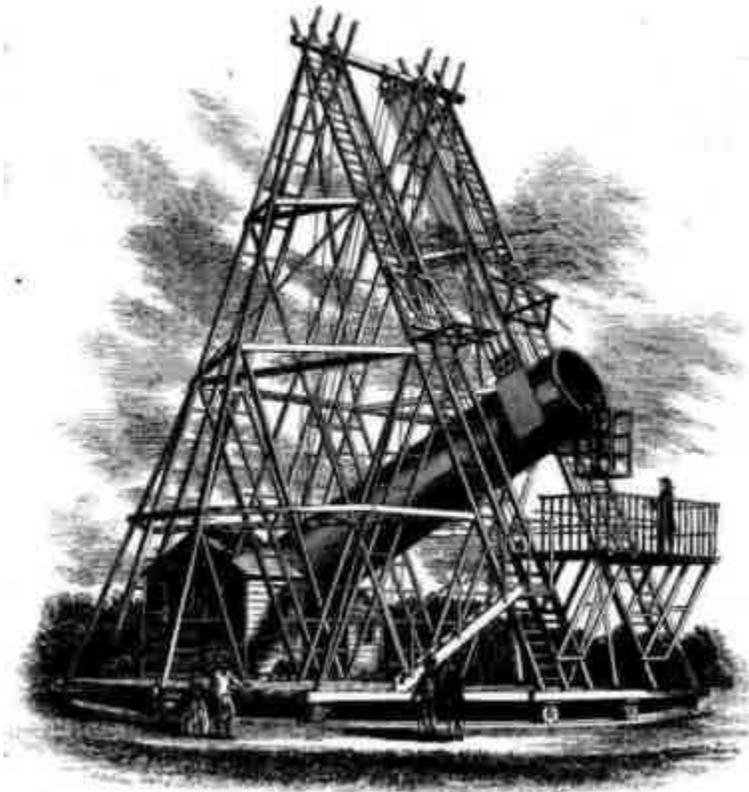


Herschel e sua assistente e irmã Caroline em uma noite de observação.

Uma Breve Discussão

Mas, o que significava dizer que um telescópio era bom na segunda metade do século XVIII?

- * Ele teria que ter espelhos maiores que os anteriores, de material mais reflexivo e melhor polido – Herschel havia desenvolvido a habilidade de trabalhar com espelhos da prática diária, a irmã de Herschel, Caroline, conta em suas memórias que chegou a alimentá-lo muitas vezes na boca, enquanto ele passava horas polindo espelhos ou observando durante as madrugadas.
- * Necessidade de objetivas de precisão e poder de resolução adequados - Herschel construiu lentes que chegaram a proporcionar um aumento de milhares de vezes.
- * Necessidade de plataformas sobre as quais os telescópios pudessem se apoiar permitindo virar o instrumento em várias direções rapidamente.



O maior telescópio de Herschel - Herschel dedicou grande parte de sua atividades como astrônomo à construção e implementação da qualidade dos telescópios. Na imagem o maior construído por ele, o telescópio de 40 pés de distância focal.

Herschel percebeu que as nebulosas se arranjavam numa espécie de stratum, conclusão baseada em suas observações.⁴ O grande número de estrelas que se apresentaram em seu campo de visão (na direção de Orion) o fizeram constatar que muitas nebulosas, que não continham estrelas, eram na verdade resolvíveis. Ele temia superestimar o número de estrela em seu campo de visão, se propôs a contá-las numa região dividida em vários campos, e extrair deles a média calculada para a região da Via Láctea.

Herschel acreditava que a Galáxia cercava toda a esfera celeste, assim sendo, o Sol deveria estar em seu interior, embora ele não acreditasse que ele estivesse em seu centro. Herschel cita alguns métodos a partir dos quais se poderia determinar a posição do Sol no stratum de estrelas, e comenta o método que decide usar, que chamou o Star Gauging. É importante ressaltar que o método não foi estabelecido para se buscar o formato da Galáxia, mas para determinar a posição do Sol nela.⁵ O método consiste basicamente em contar repetidas vezes o número de estrelas existente em algumas faixas do céu (10 faixas especificamente), visíveis no refletor de Herschel, somar o número de estrelas e extrair a média do número de estrelas para todo o céu, como se a densidade de estrelas no céu fosse constante. Assumindo de fato, uma densidade constante de estrelas, Herschel contou o número delas visíveis em uma região do céu com tamanho padrão (do tamanho de uma folha de papel, por exemplo), em diferentes direções.

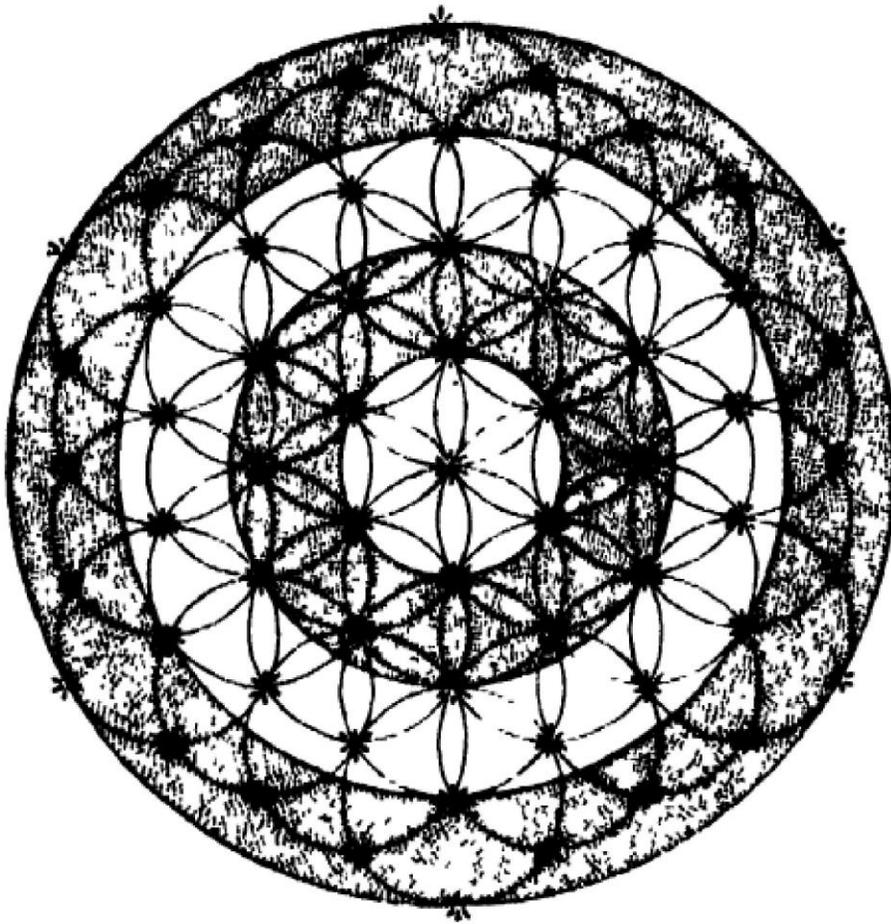


FIG. 1.

A contagem de estrelas de Herschel – Como Herschel via a distribuição das estrelas no céu.

As regiões com maior número de estrelas, deveriam ter uma extensão espacial maior, uma vez que a densidade de estrelas deveria ser constante. Assim, chegou a um modelo para a Via Láctea, em que essa se pareceria com um disco.



A Via Láctea de Herschel - Para ter uma ideia da extensão desse sistema, o desenho foi feito com base na escala onde a distância de Sirius é não mais que a 80 parte de uma polegada. Quando fala sobre a origem desse stratum: a nebulosa que habitamos tem marcas de ser antiga, uma vez que a condensação de aglomerados é um processo gradual e reflete de certa maneira sua idade. O diâmetro proposto por Herschel para a Via Láctea em 1785 foi de 1,800 pc.

“Um braço extenso, composto pela agregação de milhões de estrelas, que provavelmente devem sua origem à muitas outras estrelas grandes e bem próximas, que tenham atraído as outras.” – William Herschel, sobre a Galáxia em 1785.

Herschel assumiu erroneamente, no entanto, que todas as estrelas teriam o mesmo brilho intrínseco ou magnitude absoluta.⁶ Ele pensou que as mais fracas estariam mais distantes. Usando o fato do espaço ser transparente para a luz das estrelas e assumindo que todas essas fossem similares ao Sol, Herschel teria um indicativo de que as estrelas mais fracas estariam mais distantes, portanto, poderia usar o brilho aparente como indicador de distância. Usando a transparência do espaço para a luz das estrelas e assumindo que estas se distribuem uniformemente pelo espaço, poderia inferir que a Galáxia se estende mais nas direções nas quais observou um maior número de estrelas.

Para Herschel, seus resultados eram bastante consistentes, porque eram baseados em observações, já para Thomas Wright sua teoria era válida porque ela se baseava no uso que ele havia feito da razão, Herschel, no entanto, apela para a importância da experimentação para legitimar seus resultados. Mas o Herschel observador estava também a serviço do Herschel teórico, ele expressa em um de seus trabalhos uma preocupação com o equilíbrio entre observação e teoria, sendo que para ele, não se deveriam privar nenhuma das duas.

A “desconstrução dos céus”

Além de estudar o formato da Via Láctea (uma decorrência de seu estudo das nebulosas), William considerou a possibilidade de que essas fossem objetos exteriores a nossa galáxia. Ele supôs a existência de incontáveis estrelas (distribuídas de maneira mais ou menos homogênea por todo o espaço), sujeitas à ação das “forças de atração”, que atuavam sobre as estrelas fixas, de modo a formar as nebulosas.⁷ Ele identificou 500 objetos, apresentados em um artigo a *Royal Society* em 1784, onde cita que teria conseguido resolver em estrelas individuais a maioria dos objetos de Messier. Herschel mostrou que muitas nebulosas, hoje conhecidas como aglomerados globulares, eram compostas de estrelas. Isso daria suporte à teoria proposta por Wright e Kant⁸, porque se as nebulosas fossem constituídas de estrelas poderiam ser sistemas iguais ao nosso, outras galáxias⁹!

Herschel classificou as nebulosas em uma escala de brilho, segundo a qual elas seriam: nebulosas brilhantes; nebulosas fracas; nebulosas muito fracas; nebulosas planetárias; nebulosas muito grandes; nebulosas comprimidas; aglomerados de estrelas ou aglomerados muito comprimidos de estrelas pequenas. Um dos pontos importantes no trabalho dele era determinar se as nebulosas que observava eram constituídas por estrelas ou não.¹⁰ Ele supôs que as nebulosas planetárias seriam compostas de gases.

Você sabia que:

Não era possível, naquela época, distinguir nebulosas gasosas de aglomerados de estrelas. Pensava-se que todas as nebulosas fossem grupos de estrelas, alguns tão distantes, que essas estrelas não poderiam ser vistas.



Agglomerado Aberto (Plêiades) e Agglomerado Fechado (M13) respectivamente – Vários aglomerados globulares foram confundidos com nebulosas. Os aglomerados globulares no entanto, são formações velhas de estrelas da nossa galáxia que se localizam no halo galáctico, eram mais identificados na região da constelação de Sagitário. Os aglomerados abertos são grupos de estrelas jovens que se localizam nos braços espirais, no disco galáctico, aparecem na direção da galáxia. Não se entendia o porquê dessa distribuição.

Algumas nebulosas não podiam ser resolvidas em estrelas, as planetárias. Uma nebulosa em especial, NGC 1514, o levou a deduzir que se tratava de uma estrela associada a uma nebulosidade fraca. ¹¹

Mesmo com o grande poder de aumento de seus telescópios, e como ele confiava muito em seus instrumentos, algumas nebulosas permaneciam não resolvíveis, e ele abandonou a hipótese de que fossem em 1811. Herschel considerou que as nebulosas seriam nada mais do que aglomerados de estrelas disfarçados por sua enorme distância, mas ainda durante a primeira metade do século XIX teria refutado essa ideia, retirando seu apoio a hipótese de Wright- Kant.

A conclusão de Herschel influenciou fortemente a maneira como a questão passou para os astrônomos e historiadores da ciência do século XIX, quando a visão corrente sobre as nebulosas, era de que não se tratavam de objetos exteriores a nossa Galáxia.

Questões para Refletir:

Primeiras reflexões:

Atualmente os cientistas publicam os resultados de seus pesquisas em revistas especializadas. As publicações que são resultado do esforço conjunto de uma equipe são de autoria comum de todo o grupo. William Herschel, um grande astrônomo, contou com o auxílio da irmã Caroline, sua assistente que também atuou como astrônoma, foi caçadora de cometas. Embora Herschel tenha tido o auxílio da irmã em suas longas noites de observação, não há menção ao nome dela em suas publicações. Será que esse fato reflete uma mudança no “fazer científico” nos últimos séculos? Será que reflete uma mudança da participação feminina na sociedade e na ciência ou é só a maneira como estamos documentando essa participação é que está mudando? Enfim, pense: será que os padrões de comportamento da sociedade se refletem no “fazer científico” ?

Segundas reflexões:

Herschel acreditava que as nebulosas fossem agregados de estrelas, se não poderiam ser identificados, era uma questão de sua enorme distância. Ele desistiu dessa hipótese em favor da que as nebulosas fossem na verdade “laboratórios de criação”. Como essa troca desfavorece a hipótese de Wright-Kant e como favorece a hipótese nebular de Kant-Laplace?

Terceiras reflexões:

Pensando na sua última reflexão, como Kant pode ter formulado no mesmo tratado duas hipóteses que levavam a possibilidades contrárias sobre a natureza das nebulosas? Pense nas teorias científicas, uma teoria científica que se preze pode suscitar duplas interpretações, dúvidas, ela é passível de erro?

1 Caroline e Alexander Herschel, foram parecidos do irmão mais velho, William em diferentes empreitadas. Caroline foi assistente de Herschel, viveu com ele na cidade de Bath, Inglaterra, e o acompanhou na mudança para a côrte, quando Herschel se tornou Astrônomo Real, título que conseguiu pela descoberta de Urano. Caroline foi caçadora de cometas, atividade também desempenhada por Messier, e uma das mulheres mais importantes da astronomia no século XVIII. Já Alexander Herschel trabalhou com William na construção de telescópios. Os telescópios de William Herschel tem a fama de terem sido os mais notáveis do século XVIII.

2 Seu conhecimento minucioso da posição dos astros no céu, rendeu-lhe a descoberta do planeta Urano, que ele inicialmente pensou tratar-se de uma estrela numa posição em que nunca tinha observado, e depois um cometa.

3 O próprio Herschel julgava construir telescópios muito superiores, tanto que decidiu por esse motivo, refazer algumas observações de Galileu Galilei, como das montanhas lunares e da constituição estelar da Via Láctea. Em um trabalho seu, Herschel menciona que tais observações foram refeitas não por ele duvidar de grandes astrônomos como Galileu, mas porque possuía telescópios de melhor qualidade.

4 Herschel relatou a *Royal Society* que o *stratum* de nebulosas que havia observado não era igualmente denso (em nebulosas) em todas as direções, não apresentava o mesmo brilho e que não se estendia preferencialmente em uma única direção, sendo que em uma porção considerável se curvava e se dividia em dois fluxos de estrelas, do que se deveria esperar uma grande variedade nesse *stratum* de aglomerados e nebulosas.

5 Graças a sua forte crença no caráter empírico preferiu não emitir nenhuma opinião sobre esses lugares sem nebulosas, sobre a maneira como se encontravam espalhadas entre as nebulosas no *stratum* sideral. Baseando-se em observações, no entanto, ele aponta direções de localização de alguns dos *strata*, sendo que um deles é apontado como a nebulosa de *Cancer*, visível a olho nu e que Herschel acreditava não estar muito distante de nós. Outro *stratum* apontado por ele, e o de *Coma Berenices*, sendo que ele supôs que *Coma* seja um dos aglomerados desse *stratum*.

6 Herschel lembra que diferentes instrumentos resultariam em um número de estrelas maior ou menor nos campos observados, e que esse número de estrelas também depende da posição do Sol e do observador no *stratum* de estrelas. E com isso ele afirma poder extrair informação da localização do Sol no *stratum*.

7 Como observava nebulosas de diferentes tipos e formatos era natural que William começasse a questionar a influência da distância dos aglomerados (nebulosas) sobre esse formato, da mesma maneira que questionou a influência de seus equipamentos na resolução destas (nebulosas) em estrelas. Ele elaborou um método com o qual pretendia determinar distâncias até as estrelas, baseando-se na aparência ótica de cada uma delas, ou seja, em suas magnitudes. Às estrelas mais brilhantes, ele atribuiu uma unidade de distância, às estrelas um pouco menos brilhantes duas unidades de distância e assim por diante. Herschel anotou cuidadosamente em tabelas detalhes sobre as nebulosas que observava, quantidade de estrelas, se elas aparentavam nítidas ao telescópio, se eram constituídas por muitas ou poucas estrelas, se eram essas brilhantes ou não, etc.

8 William considerou fortemente o papel da atração gravitacional em seus modelos de formação de aglomerados de estrelas, formulando inclusive algumas objeções as suas hipóteses, sendo a primeira sobre o possível colapso do Universo em um centro comum, graças à ação da força de atração. Herschel acreditava que a estabilidade do sistema do Universo existia graças ao fato de ser este, muito extenso, o que evitaria que todas as partes do todo que o constituem de se atrair.

9 Muito embora eles não tenham trabalhado juntos nisso e na época os resultados de Herschel não foram usados para legitimar as teorias de Wright e Kant, porque elas não eram muito conhecidas.

10 Dentre esses objetos comparáveis à Galáxia observados por Herschel estão M33, M17 e M31, todos objetos do catálogo de Messier.

11 No artigo de 1785, referiu-se por vezes a algumas nebulosas como “laboratórios do universo”, acreditava que se tratassem de lugares de formação de estrelas.

Enfim o século XIX e o nascimento da astronomia estelar

Ao longo do século XIX alguns astrônomos se interessaram por essas questões:

1. O que são as nebulosas?
2. Existem diferentes tipos de nebulosas?
3. Seriam todas resolvíveis em estrelas?

Essas questões estão relacionadas a um novo tipo de astronomia que começou a se delinear na segunda metade do século XVIII e que se liga ao estudo das estrelas. Algumas das idéias típicas sobre elas, nessa época, eram:



- * as estrelas se movimentam na esfera celeste movimento real ou aparente;
- * são incomensuravelmente remotas;
- * algumas têm brilho variável.

Até o século XVIII existiam três tipos de astronomia: uma observacional,¹² uma baseada em cálculos matemáticos; e a terceira, a astronomia física, que veio com o advento do telescópio. Essa se preocupa em entender a constituição dos corpos celestes e não apenas seus movimentos no céu, vamos denominá-la de astronomia estelar.

A astronomia estelar engloba também o estudo das nebulosas, de movimentos próprios e a medida de distâncias. Esses assuntos foram tratados independentemente por diferentes astrônomos nos séculos que precedem o XVIII, no entanto, eles nunca foram muito importantes para eles, à exceção de William Herschel.³

O Universo passou a representar um laboratório para a comprovação de algumas teorias, da ciência física, bem como participa da sua unificação com a astronomia: estudos acerca da composição dos corpos celestes; magnetismo da terra (Sol); ação seletiva da atmosfera terrestre sobre a radiação solar; estudos sobre a origem da vida na Terra.

Você sabia que:

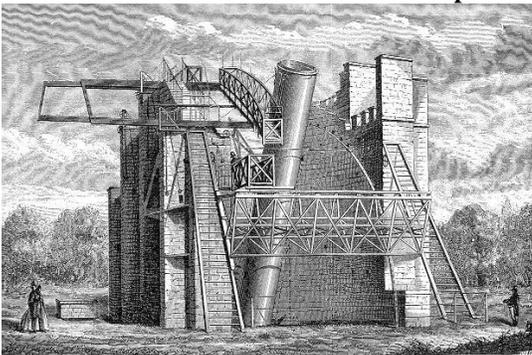
A consolidação da astronomia gravitacional de Newton, uma astronomia de cálculos matemáticos, levou ao estabelecimento de uma visão mecânica do Universo? Essa visão puramente "mecanicista" do funcionamento da natureza conduziu (junto com outros motivos) no fim do século dezoito, ao movimento Romântico. Ele teve, dentre outras, manifestações literárias e artísticas e foi em parte uma reação ao racionalismo.



The Ancient Days - A pintura do poeta e pintor romântico William Blake (1757 - 1827), *The Ancient Days*, é a imagem de Deus, supostamente, usando um compasso.

O Leviathan de Parsonstown

O Leviathan de Parsonstown - O telescópio monstro

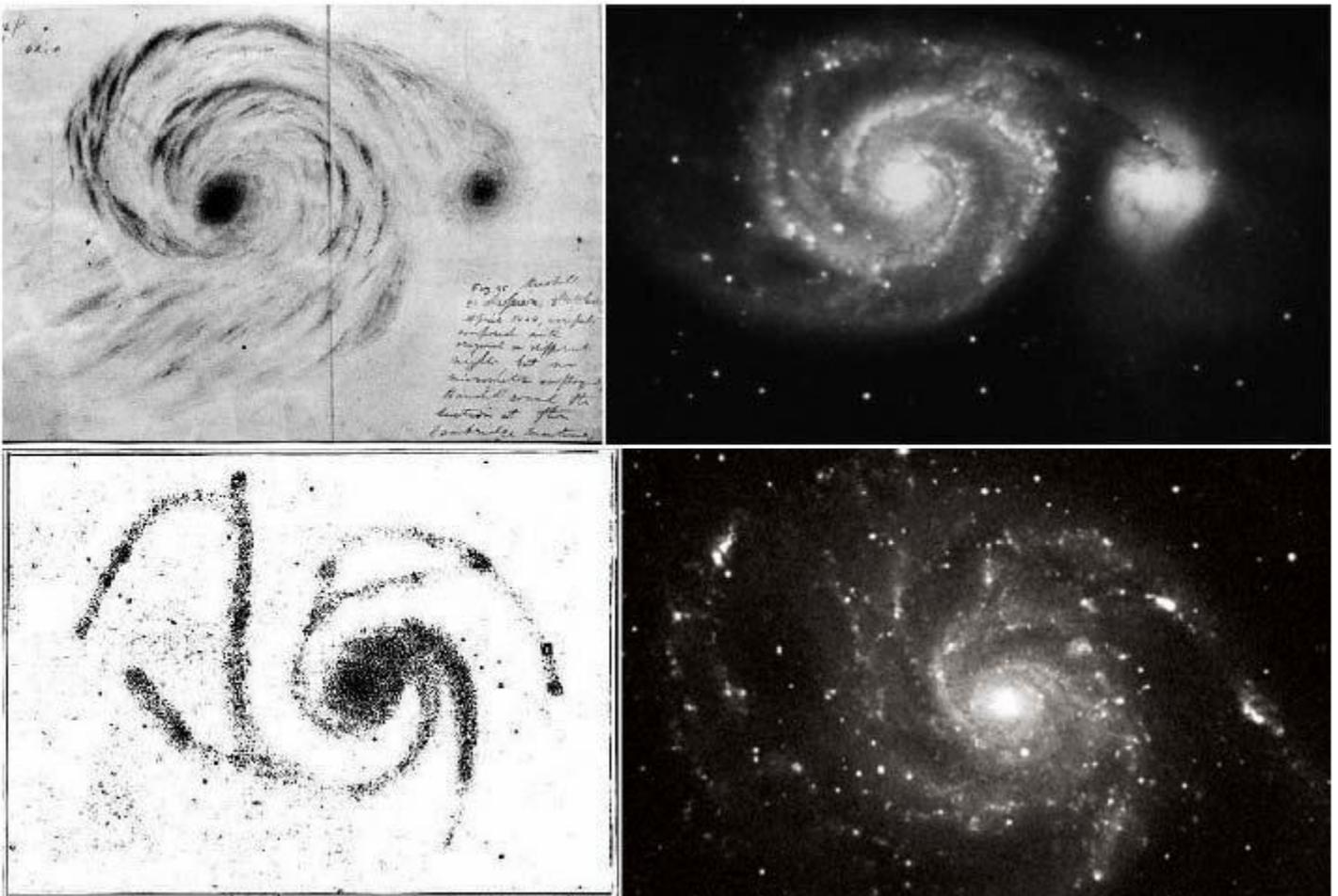


O que é um Leviathan (ou Leviatã)? Você já ouviu essa palavra antes?

Na mitologia um Leviatã é um monstro vindo das profundezas do mar, mas, na nossa história estamos tratando de um telescópio monstro mesmo!

Os telescópios produzidos por William Herschel permaneceram insuperáveis por muitos anos, até que surgisse o “Levithan de Parsonstown”. Esse telescópio foi construído em 1840, em um castelo na Irlanda, o *Birr Castle*, na propriedade de William Parsons. O enorme telescópio tinha 72 polegadas e para construí-lo, Parsons foi auxiliado por um carpinteiro e por trabalhadores de sua propriedade. O Leviathan de Parsonstown foi o maior telescópio construído até então e permaneceu até ser superado pelo norte-americano do Observatório de Monte Wilson com 100 polegadas.

Lord Rosse e seus assistentes observaram nebulosas e descobriram o padrão espiral em uma delas, M51 na região da constelação Cães de Caça, em 1845. Na última metade do século XIX, acreditava-se que existiam dois tipos de nebulosa, aquelas resolvíveis em estrelas individuais e o tipo espiral detectado em Mesier 51 por Lord Rosse. As nebulosas espirais deveriam atrair a atenção dos astrônomos nos anos seguintes.



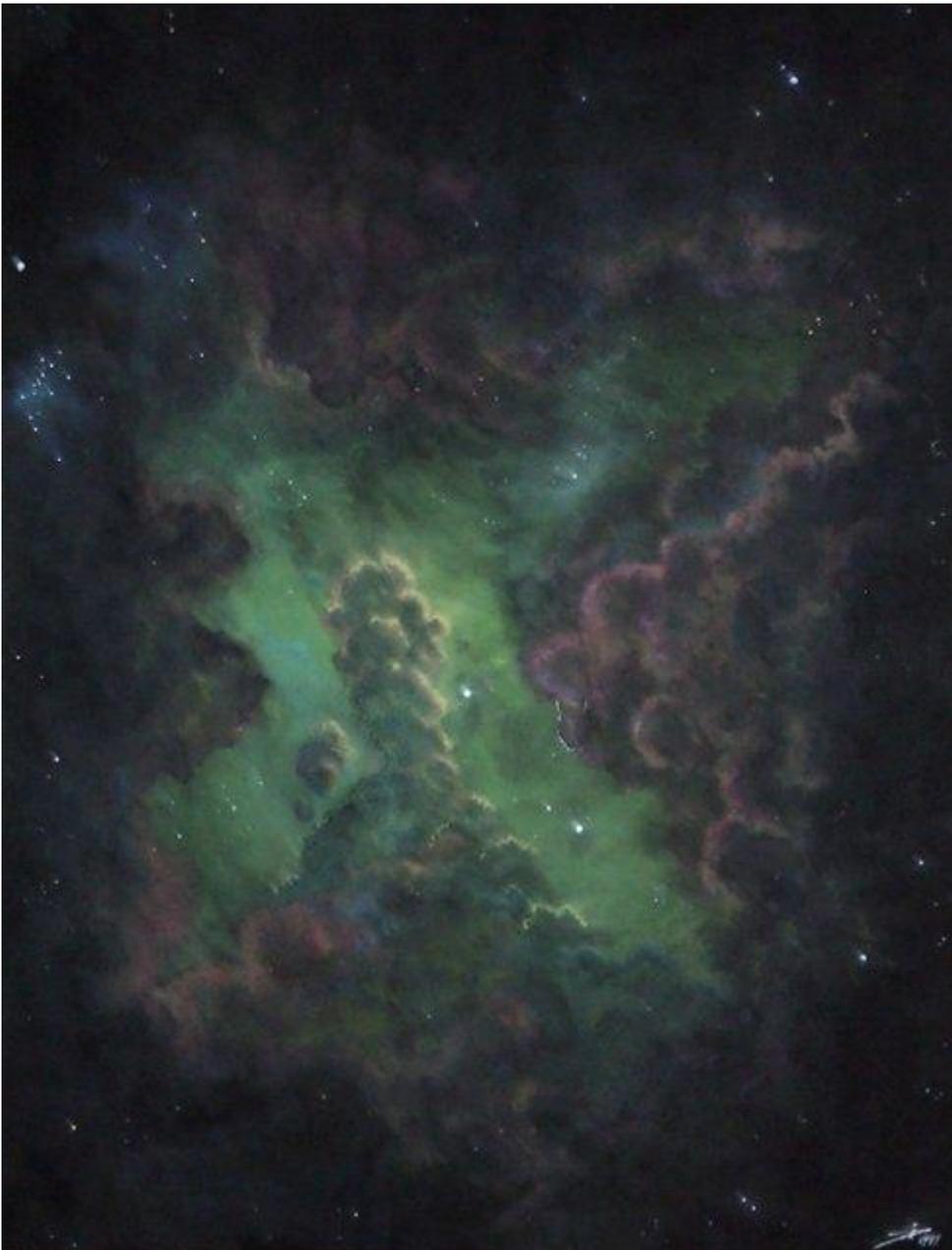
Nebulosas de Rosse - M51 e M101 respectivamente. Desenhos de Rosse e a comparação com fotografias modernas. O trabalho de desenho de Rosse no *Philosophical Transactions*, permitiu que as nebulosas fossem identificadas através deles.

Durante cinco anos Rosse reportou a descoberta de mais 14 espirais. Será que as espirais estariam muito longe da *Via Láctea* e por isso não se conseguia distinguir as estrelas? Seria esse um problema relacionado a

qualidade dos telescópios? As espirais seriam uma peça chave na compreensão da natureza das próprias nebulosas; na verificação da hipótese nebular, proposta um século antes, de maneira independente, por Kant e Laplace; e da existência de outras galáxias.

Uma Breve Discussão:

Pra que serviam os desenhos de nebulosas espirais no século XIX?



Concepção artística moderna de uma nebulosa – nebulosa X, disponível no Jip's page: <http://www.dse.nl/~jipje/drawing/div/xnebula.html> (acessado em 26/06/2009)

Atualmente os desenhos de nebulosa adquiriram um caráter de quase-realidade, de maneira que as vezes, nós, leigos, os confundimos com imagens de telescópios potentes, como o Hubble. Esses desenhos são úteis para ilustrar corpos celestes como galáxias ou mesmo para dar uma ideia aproximada de como seriam, visto que as vezes só conseguimos estudar alguns corpos celestes em regiões do espectro de luz que não nos é visível. Com certeza, para estudar corpos como as nebulosas, os telescópios são muito mais úteis. Mas, e no século XIX? Se fazia muitos desenhos de nebulosas? A resposta é, sim. No século XIX se fazia desenhos de nebulosas, da mesma maneira que Messier havia feito no século XVIII. Mas que tipo de fenômeno esses desenhos revelavam? Esses desenhos serviam a propósitos diferentes, eram usados para se conhecer melhor a estrutura das nebulosas: rastrear mudanças; representar resolução dos telescópios e assim auxiliar na calibração do mesmo; comparar observações feitas com diferentes telescópios; estudar a forma das nebulosas no intuito de classificá-las; catalogar fenômenos astronômicos.

No contexto da hipótese nebular e da nova ciência da astronomia estelar, os desenhos de espirais foram muito importantes. Se as nebulosas pudessem ser resolvidas em estrelas, todas elas, então não haveria nebulosas gasosas. Se não houvesse nebulosas gasosas a hipótese nebular formulada por Laplace e por Kant independentemente, no século XVIII, caía por terra. A última chance para a verificação da hipótese nebular seria constatar que as espirais não poderiam ser resolvidas em estrelas.

... mais sobre as espirais:

A hipótese de que as estrelas e sistemas teriam se originado nas nebulosas ganhava cada vez mais força com a descoberta das espirais. Herschel já havia especulado sobre o fato das nebulosas serem os laboratórios do Universo, essa hipótese seria aplicável a todas as estrelas, inclusive ao Sol. Era normal que os astrônomos acreditassem naquela época que as nebulosas gasosas que observavam eram todos laboratórios de criação de estrelas e planetas, outros sistemas como o nosso. As nebulosas espirais apresentavam rotação, o que fornecia indícios ainda mais fortes para se acreditar que se tratavam de futuros “sistemas solares” (o que vinha de observações e desenhos e mais tarde de fotografias!).

Também se especulava que essas espirais estivessem a uma grande distância de nós, elas poderiam não ser resolvíveis em estrelas por esse motivo e por uma questão da qualidade dos telescópios ou poderiam simplesmente ser “laboratórios de novos sistemas”.

Dessas duas opiniões diferentes surgiria uma controvérsia sobre as nebulosas e sua localização ser externa à Via Láctea ou não.

Uma Breve Discussão:

A história da ciência na História

Porque falar o que pensavam os historiadores da ciência do século XIX, por exemplo, sobre a ciência do século XVIII e XIX? A opinião deles deve estar ultrapassada já que eles pertencem ao passado. Se a opinião deles estava errada, então deve permanecer enterrada junto com o passado? Bem, a história é importante por vários motivos, um deles é porque ela nos ajuda a compreender o nosso presente. Mesmo que consideremos que uma opinião seja "errada", ainda assim ela pode ser importante, pois nos ajuda a compreender como atingimos o que hoje julgamos ser o "certo".

A história é construída de acordo com as interpretações que se pode fazer de determinados acontecimentos, que são transformados em fatos históricos. Isso não acontece de maneira diferente na história da ciência. Os historiadores da ciência selecionam episódios que julgam importantes e os interpretam a luz de seu próprio

conjunto de ideias e valores. Seria desejável que isso não acontecesse, que estivéssemos livres da influência dos nossos valores na análise dos fatos. O que podemos fazer é tentar ao máximo interpretar nossas influências na identificação deles e na sua interpretação, e esse não é um processo fácil.

A ciência também vem do pensar humano, e se o “pensar humano” está sujeito a influências sociais, então a ciência também é influenciada pela sociedade.⁴ A história está sempre em construção, é feita de uma análise de análises, e as vezes na história da ciência procuramos analisar o que outros historiadores pensaram sobre determinados episódios. Essa é uma maneira de ver quais visões da história foram privilegiadas e porquê.

Citamos alguns exemplos em que a opinião dos historiadores da ciência influenciou crenças científicas de astrônomos de uma época, como no caso de Agnes Mary Clerke a respeito de William Herschel e a Galáxia. Em 1905, um livro popular sobre o status da astronomia no século dezenove foi publicado por Agnes Mary Clerke, *O Sistema das Estrelas*. Baseada nos resultados de Herschel ela concluiu que:



“A questão das nebulosas serem galáxias exteriores à nossa dificilmente necessita de mais discussões. Foi respondida pelo progresso da pesquisa. Nenhum pensador competente, com todas as evidências à sua disposição, pode agora, é seguro dizer, manter qualquer nebulosa como um sistema de estrelas parecido com a nossa Galáxia. Há uma certeza de que todos os constituintes, estrelas e nebulosas, pertencem à um mesmo agregado, e estabelecem relações mútuas dentro dos limites de um esquema mais abrangente.” Agnes Mary Clerke em *O Sistema das Estrelas*.

Agnes Clerke usou os resultados de Herschel para afirmar que não existiriam outras galáxias, essa era para ela uma conclusão definitiva e não havia mais o que especular sobre a existência ou não de outras galáxias. Ela foi categórica em sua afirmação, e à luz dos nossos atuais conhecimentos sobre o Universo, sabemos que existem outras galáxias como a nossa. As afirmações de Agnes, uma importante historiadora da ciência do século XIX, muito lida, certamente influenciaram muitos astrônomos do século XIX e XX. Agnes com seu prestígio levou os resultados de Herschel a público, transformou-os em fatos privilegiados

pela história da ciência. Alguns historiadores da ciência do século XIX acreditavam que pensar nas nebulosas como sistemas iguais ao nosso, era algo grandioso, mas uma conclusão errada que havia sido abandonada. Contudo, como a ciência está sempre em transformação, porque o pensamento humano também está, as coisas mudaram e nossa visão sobre a galáxia também mudou. Novas técnicas nos permitiram perceber coisas que até então não enxergávamos (por isso, ideias que as envolvessem em modelos científicos não poderiam ter surgido). Esse é o caso da espectroscopia, cujo nascimento deu novo significado a ciência astronômica e acabou abrindo espaço para o estudo da constituição dos corpos celestes, como as estrelas, coisa que no início do século XIX não se pensava ser possível.



Um outro episódio curioso na história da ciência se deu com o filósofo Augusto Comte. (1798 - 1857) Você já deve ter ouvido falar na doutrina positivista. Pois então, essa doutrina de pensamento, característica do século XIX, que reúne aspectos relacionados a ciência, política, etc. foi criada por Comte.⁵ Em 1835, no Discurso da Filosofia Positiva, Comte diz que acha impossível para o homem compreender algo sobre a composição química das estrelas:

“Com respeito as estrelas, toda as investigações que não se reduzem a observações visuais simples nos são necessariamente negadas. Enquanto podemos conceber a possibilidade de determinar suas formas, tamanhos e movimentos, não devemos ser capazes de modo algum de estudar sua composição química ou estrutura mineralógica [...] Eu considero que qualquer noção a respeito da temperatura média de várias estrelas está para sempre proibida para nós.” Augusto Comte no *Discurso da Filosofia Positiva*.

Mas na última metade do século dezenove não uma, mas duas novas técnicas provariam que Augusto Comte teria se enganado. A constituição química das estrelas, movimentos das nebulosas seriam passíveis de ser estudados.

Poderíamos tentar responder a pergunta: Do que o Universo é feito?

Questões para Refletir:

Primeiras reflexões:

Os desenhos de nebulosas que os astrônomos faziam no século XIX ainda seriam úteis para os astrônomos de hoje em dia?

Segundas reflexões:

Você viu que os historiadores da ciência emitiram algumas vezes opiniões sobre o desenvolvimento futuro da ciência que se provaram contrárias aos resultados atingidos pelos cientistas. Pense no processo de construção de um conhecimento e tente avaliar a opinião desses historiadores. Ela é maléfica ou benéfica para as gerações futuras? O que você acha?

Pra quem quer saber mais ..

O que é ciência, afinal? Por Alan Francis Chalmers, Raul Fiker.

O que é a História? De Hallet Carr.

Tutorial sobre como fazer desenhos artísticos de nebulosas: disponível em

<<http://www.webdesign.org/web/photoshop/drawing-techniques/create-a-realistic-nebula-scene-from-scratch.16869.html>>

1 Observação e descrição o mais próxima possível da realidade, de forma a acomodar os fatos concernentemente a razão.

2 Foi estabelecida e introduzida por Newton e pode ser também denominada de gravitacional. Dessa maneira a tarefa de observar cumpre o papel de fechar e encadear a teoria.

3 Por exemplo, como já abordamos, atribui-se ao século XVIII grande interesse no estudo de nebulosas, mas será que os astrônomos desse período tinham essa preocupação? Poucos astrônomos dedicaram seu tempo ao estudo da natureza das nebulosas, mas há exceções, como Maupertuis, que no *Discurso sobre as diferentes figuras dos astros*, tenta compreender porque as nebulosas, dentre outros corpos celestes, tinham o formato observado. (Maupertuis também foi um dos principais responsáveis pela introdução da física newtoniana na França, e como sabemos, influenciou Kant).

4 Esse não era um pensamento muito comum até um pouco depois da primeira metade do século passado.

5 As correntes de pensamento sobre a história passavam por um período em que tentavam se afirmar como ciência. Isso acontecia porque foi no século XIX que a ciência como a concebemos hoje se estabeleceu, se institucionalizou e vem até os dias de hoje sendo fruto da aplicação de um método que lhe confere o prestígio que tem, um método baseado no uso dos fatos, na verificação das teorias nesse mundo dos fatos. Era natural que outras ciências quisessem desfrutar desse prestígio que as ciências naturais desfrutavam. Então a história desse período é marcada por uma ânsia em afirmar a própria história como ciência (influência de uma corrente criada pelo próprio Auguste Comte, o positivismo) e da importância dos fatos.

Do que o Universo é feito?

Nós não podemos viajar pela Galáxia, mas seria mais fácil mapeá-la se pudéssemos. No entanto, a luz viaja pela Via Láctea, usar a viagem dela seria uma maneira de fazer um mapa. Teríamos que desenvolver então, técnicas a partir das quais conseguíssemos entender a jornada da luz, por onde ela passou, de onde ela veio. O surgimento de duas técnicas: a espectroscopia e a astrofotografia nos possibilitariam resolver algumas questões que estavam sendo colocadas a respeito das nebulosas, por exemplo. Seria possível documentar onde as estrelas estavam e quem elas eram.

Espectroscopia

No século XIX foi possível através da espectroscopia determinar que tipos de elementos constituíam as nebulosas, e no caso das espirais foi possível identificar que não se tratavam de corpos gasosos, porque apresentavam um espectro contínuo, diferentemente do dos gases (a espectroscopia não se voltou para o estudo das nebulosas de início, isso porque elas são corpos que emitem pouca luz).

Em 1864, William Huggins anuncia o fim do mistério das nebulosas, quando encontrou uma nebulosa em Draco com espectro de emissão característico de uma nuvem de gás quente, propôs então que as nebulosas espirais eram nuvens de gás e não compostas por estrelas. As descobertas de Huggins foram muito significativas, porque ao estudar o espectro das estrelas com o intuito de saber sua composição química, ele pôde constatar que os elementos químicos presentes nas estrelas eram os mesmos que constituíam o Sol e a Terra.

A conclusão de Huggins, de que as nebulosas seriam massas imensas de gás fazia cair por terra a sugestão de Rosse sobre as espirais, de que seriam formadas por estrelas, mas situadas a uma enorme distância de nós (o que estava de acordo com a hipótese de Wright-Kant). No entanto, dava sustentação à hipótese nebular de Kant-Laplace. As nebulosas espirais seriam então gasosas, e pela perda do calor se contrairiam formando sistemas como o nosso.



O observatório de Huggins em Tulse Hill, Londres. Na imagem o aparato de espectroscopia e fotografia acoplado ao telescópio. (Williams e Margaret Huggins no Atlas de Espectro Estelar).

“A natureza das nebulosas” foi um assunto que despertou o interesse dos astrônomos no século XIX, sendo que, havia três possibilidades se confrontando:

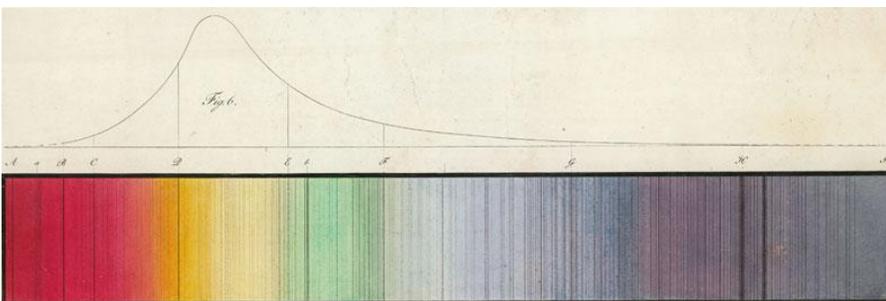
As nebulosas seriam galáxias distantes;

Poderiam também ser nuvens de gás que futuramente se condensariam em planetas e estrelas;

Finalmente, poderiam ser aglomerados de estrelas não resolvidas, dentro da nossa galáxia ou muito distante de nós.

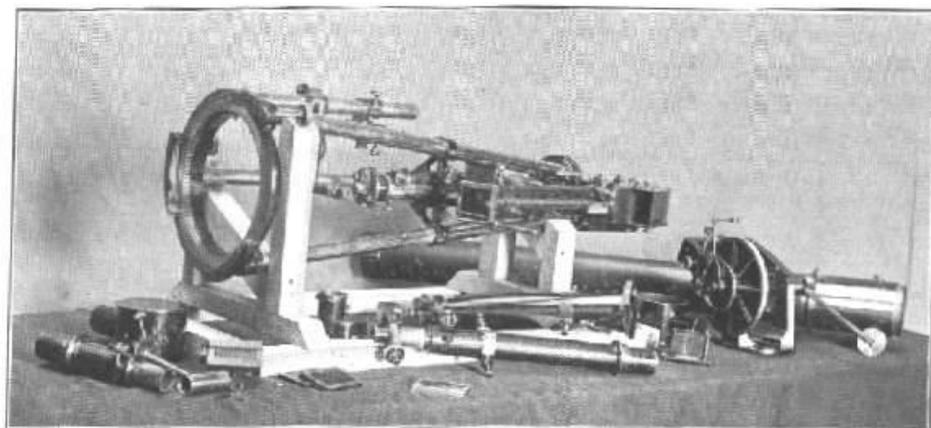
Você sabia que:

A espectroscopia nasceu de um casamento da tentativa de determinar a composição química de algumas substâncias com os estudos sobre as propriedades da luz. Joseph Fraunhofer (1787-1826), em 1812, usou um prisma acoplado ao telescópio, obtendo o que se chama de espectroscópio.



Fraunhofer e o espectro do Sol. A presença de linhas de absorção era comum para o Sol e estrelas como Sirius. Mas Fraunhofer não sabia o porquê dessas linhas.

A espectroscopia foi aprimorada pelo físico Gustav Kirchhoff (1824-1887). Ele descobriu que a composição química de um gás poderia ser deduzida através do espectro de luz produzido por esse mesmo gás. Esse método, que se iniciou na aplicação em gases, foi depois expandido para estudo das estrelas, que eram corpos gasosos. A técnica consistia em acoplar um espectrógrafo ao telescópio, assim como fez William Huggins (1824-1910). O espectro de luz de uma fonte luminosa apresenta sempre dois tipos de linhas espectrais: as claras (emissão) e as escuras (absorção). Essas linhas são características para cada elemento químico, que absorvem e emitem luz em comprimentos de onda da luz bem determinados.



B. THE SPECTROGRAPH AND AUXILIARY EQUIPMENT.

Espectrógrafos – O primeiro do Observatório de Uppsala na Suíça e o espectrógrafo do Observatório Lowell, por V. M. Slipher, "The Lowell Spectrograph".

Astrofotografia

A outra técnica que mencionamos que possibilitaria, dentre outros, obter mais detalhes do formato das espirais, foi a astrofotografia. O pioneiro em astrofotografias, Dr Isaac Roberts (1824-1904), publicou seu trabalho com nebulosas espirais em três volumes. As fotografias revelavam que as nebulosas espirais quando vistas de lado, mostravam-se comparativamente finas em relação ao seu diâmetro, num formato parecido com o de um disco.

Suas fotografias mostravam que a nebulosa de Andrômeda apresentava estrutura espiral, e não anelar como se acreditava, e mesmo na nebulosa em Lyra, que se acreditava também ser anelar.



Fotografias de M31 e M45 de Isaac Roberts.

Curiosidades: M31 e M33

Você se lembra quando dissemos que é muito difícil mapear a nossa galáxia estando em seu interior? Seria mais fácil se pudéssemos comparar nosso sistema com alguns parecidos. Um desses sistemas que foi muito observado ao longo dos séculos foi a nebulosa de Andrômeda, catalogada por Messier como M31. Uma outra galáxia importante, por ter sido bastante observada, foi M33.



A Galáxia de Andrômeda (M31) - Hoje sabemos que é uma galáxia externa a Via Láctea, mas não tínhamos conhecimento desse fato até a primeira metade do século XX.

Créditos: *The Electronic Universe Project.*

Huggins foi quem obteve o primeiro espectro para M31, e em 1890 foi discutido por Julius Scheiner (1858 – 1913). Em 1899 Scheiner analisou um espectro do núcleo de Andrômeda usando uma combinação de a um telescópio e registros fotográficos.



Galáxia espiral M33 – A galáxia M33, apelidada de galáxia triângulo.

Dreyer (1852-1926) ¹, usando fotografias tiradas por Isaac Roberts, publicou um catálogo das condensações em M33 para determinar se tinham acontecido mudanças ao longo do tempo.

Questões para Refletir:

Primeiras reflexões:

A espectroscopia e a astrofotografia são maneiras que encontramos para analisar a luz que vem das mais variadas direções da Galáxia e mesmo de fora dela, para tentar construir o nosso mapa. Sem essas técnicas nós teríamos sido capazes de compreender as informações armazenadas na luz?

¹ John Louis Dreyer, foi assistente de Lord Rosse. Foi ele quem compilou as nebulosas de William Herschel no catálogo NGC *New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars*, que ainda hoje é usado.

A luz e sua viagem conturbada pela Galáxia

Já que não podemos viajar pela Galáxia, mapear seus quadrantes mais distantes, decidimos usar uma outra viagem para fazer o nosso mapa, a viagem da luz. Técnicas como a espectroscopia, permitiram compreender melhor as informações armazenadas por ela, que percorreu grandes distâncias e passou por vários obstáculos até que pudesse nos encontrar. Essas informações, que estávamos tentando codificar no século XIX revelavam a constituição dos corpos celestes, mas haveria ainda mais escondido na luz. Através dela, também podemos inferir a distância que percorreu, podemos usá-la para saber de onde ela veio e o quanto a fonte que a emitiu está longe ou perto de nós.

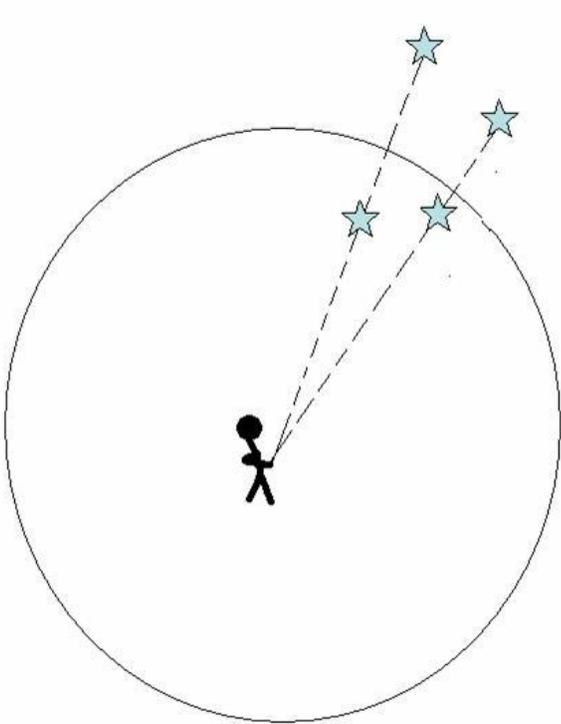
Na virada do século XX, a maioria dos astrônomos aceitava que todas as estrelas estariam contidas na Via Láctea e o Sol ocupava uma posição central dentro dela. Mas nem todos eles abandonaram a possibilidade da existência de objetos exteriores a Via Láctea, o que estava relacionado à natureza das espirais. Algumas das questões técnicas, que ainda não estavam propriamente desenvolvidas no início do século XX e que estão relacionadas à compreensão da existência de sistemas de estrelas externos à nossa Galáxia:

1. Determinação da distâncias das estrelas,
2. Absorção da luz no meio interestelar (porque a absorção interfere na determinação de distâncias),
3. Determinação da velocidade de rotação das espirais.

As distâncias até as nebulosas ainda eram desconhecidas, e elas não aparentavam ter movimentos discerníveis (o que acabava por provar que elas teriam distâncias muito maiores que as estrelas cujos movimentos eram observados). Ainda havia regiões do plano galáctico onde não observávamos nebulosas. Porque será?

A determinação de distâncias

Na verdade, a determinação de distâncias sempre foi um problema em astronomia. Isso acontece porque quando vemos uma estrela no céu não temos muita noção da profundidade dessa estrela no espaço, ou seja, sua distância. Uma maneira de inferir a distância é usando a informação contida na luz que a estrela emite. Muitos astrônomos tentaram compreender as distâncias usando a diferença que observavam no brilho das estrelas. Primeiro, eles pensaram que se todas as estrelas tivessem o mesmo brilho (o que não é verdade), então as mais brilhantes estariam mais próximas, as menos brilhantes mais distantes. Essa idéia faz sentido, mas ela não é verdadeira, porque as estrelas não tem todas o mesmo brilho.



Distâncias – Como na imagem, não temos noção da profundidade das estrelas que se apresentam na esfera celeste. É preciso usar informações a respeito da luz e do meio que a luz percorreu até nos atingir para determinar essa distância.

Podemos usar certas propriedades da luz para encontrar a distância até uma estrela, sendo que ela depende da relação entre a sua magnitude aparente (que observamos) e a magnitude intrínseca (verdadeira):

$$m - M = 5 \log(d) - 5$$

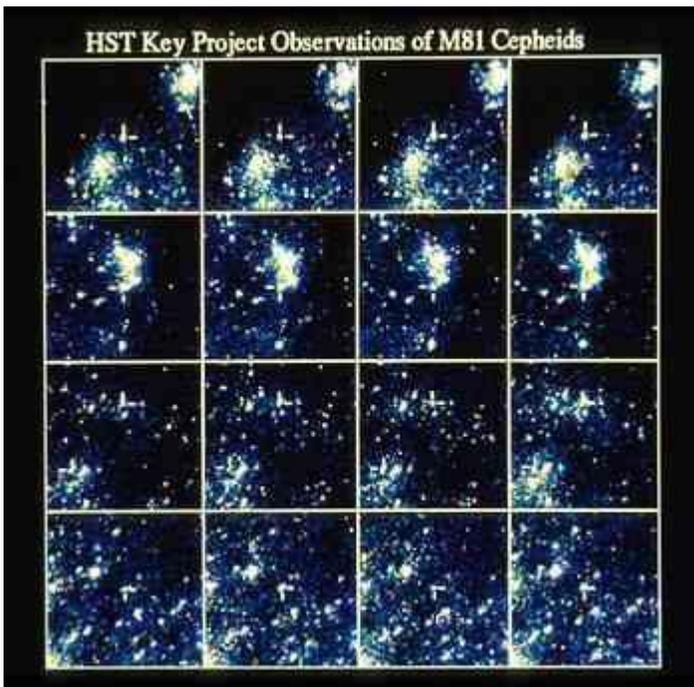
Mas, existem ainda os obstáculos pelos quais a luz passa até nos atingir (principalmente quando passa pelo plano da Galáxia) : as nuvens de absorção do meio interestelar. Elas provocam o "avermelhamento" (A_v) da magnitude aparente (a luz perde um pouco da sua energia ao passar por uma nuvem interestelar), sendo que ela chega até nós distorcida. É necessário considerar o efeito da extinção interestelar no cálculo da distância:

como $m = M - A_v$,

então, $m - M = 5 \log(d) - 5 + A_v$

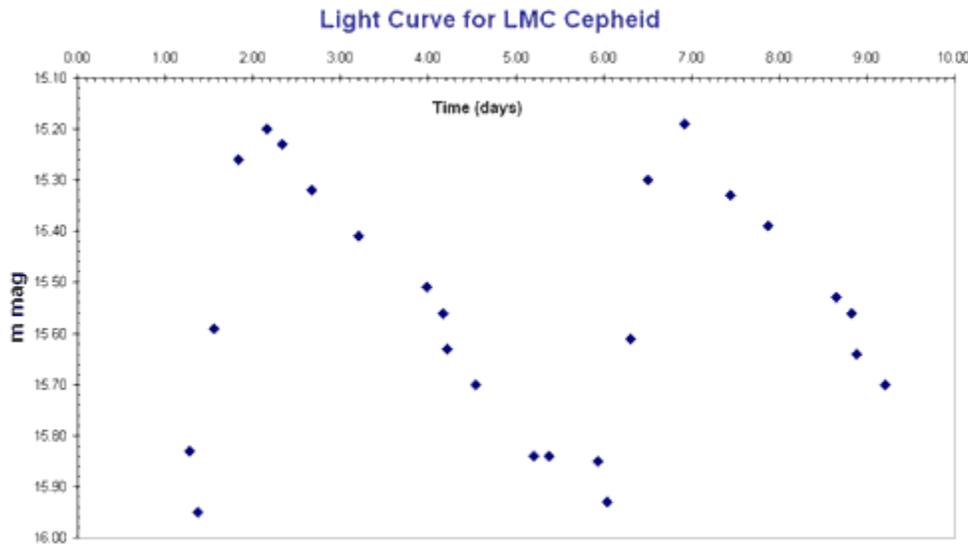
Hoje sabemos que esse método, conhecido como paralaxe espectroscópica, é bom para determinar a distância de estrelas que estão até a 10.000 pc de nós, depois disso, ele se torna um pouco impreciso. No início do século XX as dimensões da nossa Galáxia se estendiam por cerca de 10.000 pc, (Lembre-se que, atualmente consideramos que a Galáxia tem aproximadamente 30.000 pc) não era necessário adotar outro método, porque não se imaginava que houvesse objetos mais distantes, tampouco se conhecia as limitações desse. Mas, se as espirais fossem objetos externos à Via Láctea, então suas distâncias deveriam ser maiores que 10.000 pc. Mas como se poderia determinar essas distâncias?

Descobriu-se que poderia se usar estrelas variáveis (estrelas de tipo especial que variam seu brilho) no cálculo de distâncias, método que foi empregado ao cálculo de distância a nebulosas espirais. Em 1912, a astrônoma Henrietta Leavitt (1868-1921) do *Harvard College Observatory*, comparava placas fotográficas da Nuvem de Magalhães (em tempos diferentes) notou que algumas estrelas apareciam brilhantes em uma placa e fracas em outra. Essas estrelas estavam todas a mesma distância de nós e ela percebeu que quanto mais brilhante a variável maior o seu período.



Cefeidas em M81 - A relação entre período e luminosidade das estrelas variáveis Cefeidas deram condições para determinar as distâncias até as nebulosas. Créditos da imagem NASA, STScI.

Mas como se pode usar essa relação entre período e luminosidade para encontrar a distância até uma estrela variável Cefeida? Se conhecermos a magnitude aparente (m) da estrela Cefeida e relacionarmos a variação dessa magnitude para tempos diferentes, teremos uma curva de luz.



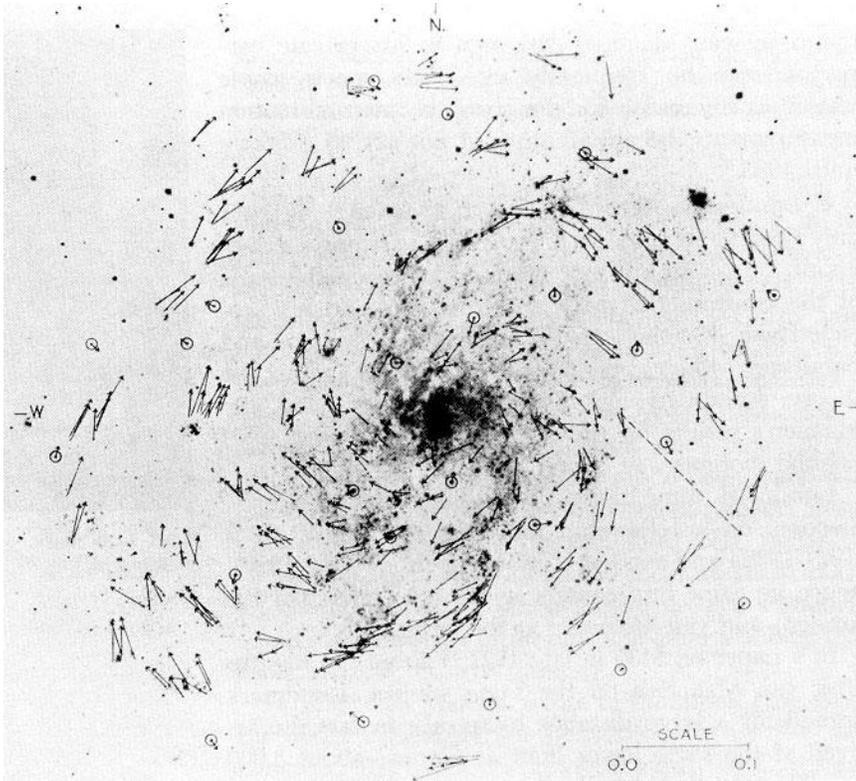
Curva de luz (magnitude aparente X período em dias) para uma cefeida na Nuvem de Magalhães.

Conhecendo o período da cefeida, e a magnitude aparente média, m , pode-se determinar sua magnitude M média. Com m e M , determina-se a distância com a relação: $m - M = 5 \log(d) - 5$. Descobrir uma estrela variável cefeida em um aglomerado, seria uma maneira de obter sua distância. (Mais tarde usar cefeidas para determinar distâncias acabou se tornando crucial na compreensão das distâncias galácticas).

Outro tipo de estrela variável usada para calcular distâncias foram as estrelas "Novas". Em 1885 a primeira nova foi identificada por Julius Scheiner em Andrômeda, a *S Andromedae*, ela teve sua magnitude elevada até a ordem 7, o que significava que brilhava de maneira equivalente a 50 milhões de Sóis. Em 1917 o astrônomo norte-americano George Willis Ritchey, que estudava placas fotográficas de nebulosas espirais (para detectar seu movimento interno e pontos que pudessem ter movimentos próprios medidos), acabou identificando numa delas uma "Nova" (na espiral NGC 6946). Depois disso, Ritchey e o astrônomo Heber Curtis encontraram muitas outras novas em espirais, essas mais fracas que a de 1885. As novas forneciam distâncias de corpos celestes mais distantes porque brilhavam com uma intensidade muito maior (O astrônomo Knut Lundmark chegou a afirmar em 1920 que algumas novas deveriam fornecer medidas de distância para objetos de até milhões de anos luz).

Velocidades de rotação das espirais

De 1910 a 1920, o astrônomo Adrian van Maanen (1884-1946), do observatório *Mount Wilson*, um especialista no movimento próprio de objetos celestes¹, mediu movimento interno de espirais a fim de determinar suas velocidades de rotação. van Maanen havia medido o movimento próprio de algumas estrelas próximas, esses são tipicamente movimentos pequenos, da ordem de segundos de arco por ano. Para determinar a velocidade de rotação dessas espirais, ele teria que conhecer suas distâncias. Mas essas não eram conhecidas na época.



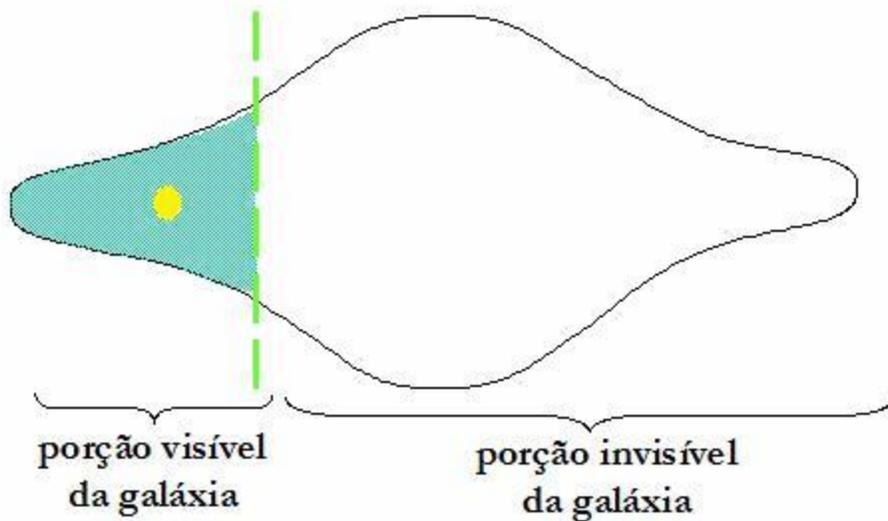
A rotação da espiral M33 detectada por Adrian van Maanen. Ele comparava chapas fotográficas das espirais (de diferentes tempos) para determinar a taxa de rotação de alguns pontos selecionados em segundos de arco por ano.

[agora falar das determinações de velocidade radiais do slipher]

Você sabia que:

Na região de Escorpião não se costumava identificar muitas nebulosas. Os astrônomos começavam a atentar para esse fato. Voltando a pensar na viagem da luz pela Galáxia: a luz sai de uma determinada nebulosa, atravessa os confins da galáxia (estamos imaginando a nebulosa dentro da Via Láctea) até nos atingir, certo? Mas, será que entre essa nebulosa e nossa Galáxia não haveria nada que pudesse interceptar a luz? Ela não esbarra em nada que desvie seu caminho ou mesmo pode encontrar um obstáculo que faça com que ela nunca nos atinja? Sim.

Especialmente no caso da indentificação de zonas com maior concentração de nebulosas que outras, está relacionada ao fato da luz esbarrar em obstáculos, que se deve à absorção do meio interestelar² no plano galáctico, mas não se tinha conhecimento desse fato até o início do século XX.³



O campo visível para nebulosas – a porção invisível da Galáxia fica escondida sob nuvens de absorção.

O Grande Debate

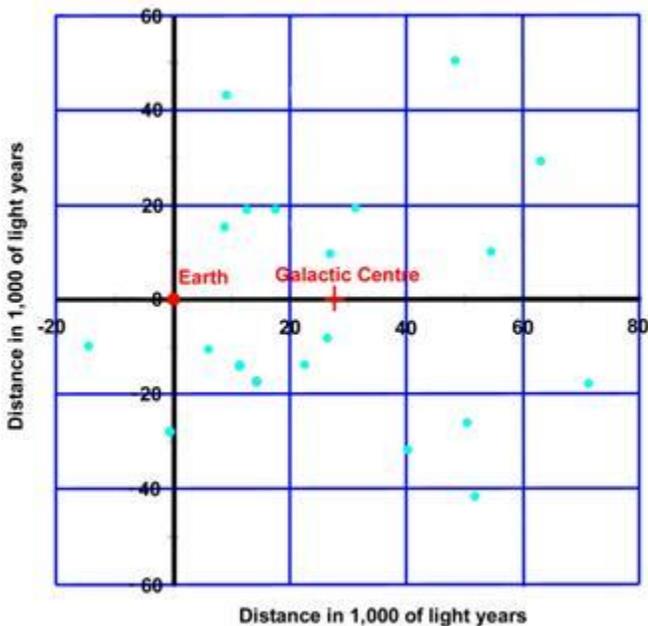
O que ficou conhecido como “Grande Debate” foi um encontro público, arranjado em 1920, entre dois cientistas, Harlow Shapley do observatório de “Mount Wilson” e Heber Curtis do “Lick Observatory”, ambos na Califórnia. A idéia de um debate veio do diretor e fundador do observatório de Mount Wilson, George Ellery Hale, em 1919. Chegou a ser proposto que o debate fosse sobre relatividade, mas o tema que acabou definido foi a “escala do Universo”. As pessoas tinham outros interesses científicos que não estavam relacionados a escala do Universo. Apesar de ter se realizado sob o formato de apresentações dos dois participantes, e não de um debate, o encontro ficou memorizado como tal. Na época em que aconteceu, não foi muito popular entre os astrônomos, sua importância foi reconhecida mais tarde pelos historiadores da ciência que criaram o termo "Grande Debate". Primeiro porque os dois astrônomos apresentaram visões bem contrastantes sobre o tamanho e estrutura da Galáxia e porque cada um trouxe pela primeira vez uma compreensão diferente sobre a nossa posição na Galáxia e no Universo.

A vez de Harlow Shapley

Vamos primeiro falar da visão de Harlow Shapley (1885-1972). Você se lembra das cefeidas? As estrelas cuja relação entre período e luminosidade possibilitavam obter sua distância? Shapley usou observações de cefeidas para estimar a distância até aglomerados globulares. Ele estudava a distribuição deles na Via Láctea, e notou que evitavam a região do plano se arranjando simetricamente em torno dele (o que também notamos

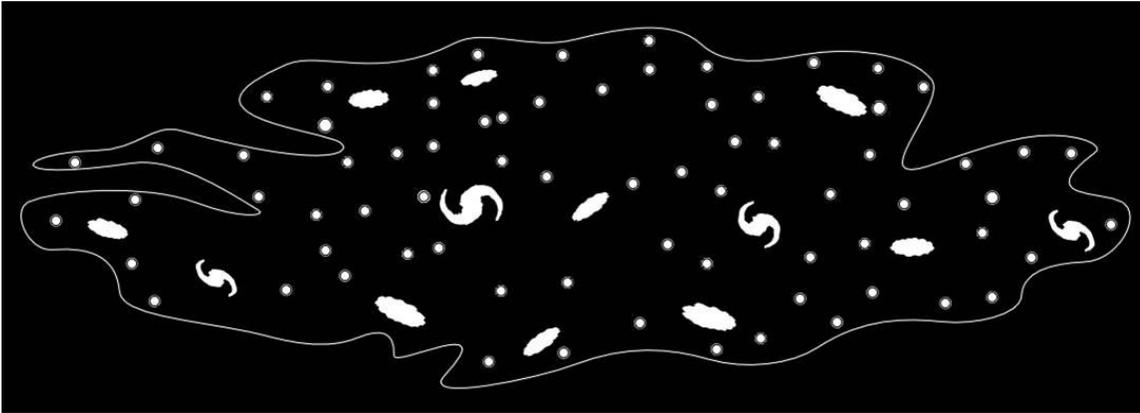
hoje, já que o halo, região na qual se distribuem os aglomerados globulares, é esfericamente simétrico com relação ao centro da galáxia).

Como os aglomerados globulares estavam distribuídos simetricamente em relação ao centro da Galáxia, Shapley deduziu que o Sol estaria a cerca de 8 Kpc desse centro (~30.000 anos luz), uma mudança dramática, já que nos tirava do centro do Universo. Shapley defendeu durante o debate, que a Galáxia tivesse proporções gigantescas, em torno de 100 Kpc, o maior resultado apresentado até então (Na época o tamanho da Galáxia era estimado como 10 Kpc, hoje os resultados de Shapley estão mais próximos do que concebemos (30 Kpc) dos que os apresentados por seu "oponente", Heber Curtis) . Numa Galáxia tão grande não havia espaço para nada que fosse exterior, ela deveria ser todo o Universo conhecido, com os aglomerados globulares fazendo parte dela.



A distribuição de aglomerados globulares observada por Harlow Shapley. Observe que a Terra dista cerca de 30.000 anos luz do centro da Galáxia.

Para se decidir sobre a pertinência das espirais à nossa Galáxia, Shapley usou resultados de movimento de rotação de espirais obtidas por Adrian van Maanen. Como dissemos anteriormente, van Maanen estava tentando calcular a velocidade de rotação de algumas espirais. Se ele tivesse a distância dessas espirais, poderia obter a sua velocidade de rotação em Km/s. Porém, essas distâncias não eram conhecidas. Shapley imaginou (de acordo com Curtis e com a opinião de outros astrônomos da época) que essas espirais fossem externas à nossa Galáxia, então suas distâncias deveriam ser muito grandes. Mas como a velocidade de rotação em Km/s dependia de uma relação direta com a distância, então quanto maior a distância, maior essa velocidade de rotação. Acontece que, distâncias muito grandes, da ordem ou maiores que o tamanho da Galáxia conhecido na época, fariam as velocidades de rotação serem próximas a velocidade da luz. Isso era inconcebível. Portanto, Shapley, crendo nos resultados de van Maanen, ignorou a possibilidade de que as espirais fossem galáxias externas.



O Universo de Shapley – Formado apenas pela nossa Galáxia, numa extensão de cerca de 100 Kpc.

A vez de Heber Curtis

Heber Curtis por outro lado, era partidário de uma Galáxia pequena, inserida em um vasto Universo no qual co-existiriam muitas galáxias. Em 1917 Heber Curtis (1872 - 1942) usou uma nova para calcular a distância de algumas espirais. Para Curtis a Galáxia de Shapley deveria ser reduzida por um fator de 10, ou seja, 10 Kpc um valor com o qual os astrônomos estavam familiarizados.

Curtis fez seus cálculos de distâncias usando estrelas e para ele o Sol estaria próximo do centro, também contrastando com o que Shapley defendia.

Para Curtis as nebulosas eram outras galáxias, comparáveis a nossa. Para isso ele usou as estrelas novas, observadas em nossa Galáxia e também nas espirais. Se isso fosse verdade, então as espirais deveriam estar muito distantes e compostas de estrelas. Enquanto Shapley usou resultados de Adrian van Maanen, Curtis usou as medidas espectroscópicas de velocidades radiais de espirais de Vesto Slipher, como evidência de que não se tratava de objetos pertencentes à Galáxia. Como não concordava com os resultados de Shapley, Curtis argumentou que as cefeídas não seriam bons indicadores de distância tampouco nos resultados de van Maanen para a rotação das espirais.



O Universo de Curtis – A nossa Galáxia seria menor que a estimada por Shapley e as nebulosas outras galáxias de tamanho comparável.

Abaixo, alguns dos pontos mais importantes do debate e o posicionamento de Shapley e Curtis respectivamente.

	Shapley	Curtis
1) Localização do Sol na Via Láctea.	Tirou o Sol do centro da Via Láctea	O Sol se localizaria perto do centro galáctico.
2) Tamanho da Via Láctea	Superestimou o valor calculado, mas estava próximo.	Uma Galáxia pequena.
3) Distância das nebulosas espirais	(Usou cefeidas) Estariam contidas na Via Láctea.	(Usou novas) Seriam externas à Via Láctea.
4) Absorção da luz no meio interestelar	Não considerou esse efeito.	Achou que não era um efeito a ser considerado dentro da Via Láctea.

... afinal, alguém venceu esse debate?

Quem se apresentou melhor, quem pontuou melhor, usou melhor seus argumentos? Mas nesse caso, ambos, Curtis e Shapley, estavam certos e errados em pontos específicos. Os dois deram ênfases em assuntos diferentes, por exemplo, para Curtis a questão da localização das nebulosas externas à nossa Galáxia era mais importante do que o tamanho dessa, que foi o ponto enfatizado por Shapley. Discutimos alguns argumentos e conclusões apresentadas por Heber Curtis e Harlow Shapley:

1. Quanto ao uso de cefeidas como indicadores de distância.

Os astrônomos da época concordavam na determinação de distâncias para objetos da vizinhança Solar, o que não acontecia para objetos mais distantes que compunham o sistema da galáxia como um todo (o próprio Shapley, na transcrição do debate comenta que as diferenças das distâncias estimadas pelos astrônomos chegava a ser da ordem de 1000% ou mais). Shapley usou a relação período-luminosidade para determinar a distância de aglomerados globulares.

Curtis achava que as cefeidas não forneceriam valores confiáveis de medida de distância na Via Láctea. No entanto, as cefeidas encontradas em aglomerados eram análogas às variáveis galácticas (Shapley havia estudado as características de suas curvas de luz). Se as estrelas que compunham um aglomerado globular fossem em geral parecidas com o Sol (mesma luminosidade) então não poderiam estar muito distantes (de acordo com as magnitudes observadas).

Shapley estava certo nesse ponto, ele poderia usar cefeidas para determinar distâncias a aglomerados globulares

2. Localização do Sol

A proximidade do centro galáctico seria uma ilusão causada pela nossa localização no plano da Galáxia (especificamente pela presença de um aglomerado de estrelas, Gould's Belt) de acordo com Shapley.

Uma das consequências de se aceitar que os aglomerados globulares estavam no contorno da nossa Galáxia é que o Sol estaria distante do seu centro (os astrônomos concordavam que o Sol estaria no plano galáctico nessa época, mas estaria situado no centro da galáxia porque a densidade de estrelas parecia diminuir de maneira igual em toda as direções. Para Shapley, estaríamos subordinados à métodos restritos de determinação de distância).

Shapley estava certo, o Sol realmente não se localiza perto do centro galáctico.

3. Distribuição de espirais no céu.

Havia regiões do plano da Galáxia em que não observamos nebulosas. Nenhum dos dois astrônomos considerou que isso aconteceria devido ao efeito da absorção da luz no meio interestelar. Curtis chegou a cogitar a hipótese enquanto que Shapley, por acreditar nas distâncias que vinham sendo calculadas usando o método das cefeidas, inferiu que a absorção do meio interestelar não deveria afetar os resultados.

4. Quanto ao uso de novas na determinação de distâncias

5. Quanto aos resultados de Adrian van Maanen

Adrian van Maanen havia calculado velocidades de rotação para algumas espirais: M33, M101 e M81. Essas espirais deveriam ser muito distantes se fossem objetos externos a Via Láctea, o que seria impossível, pois com grandes distâncias a sua velocidade de rotação seria próxima à velocidade da luz. Shapley usou resultados de van Maanen e uma especulação desse tipo para concluir que as espirais deveriam estar dentro da nossa galáxia.

6. Quanto as espirais serem externas à Via Láctea.

Esse não era o ponto enfatizado por Shapley, na transcrição do grande debate ele não fala muito sobre a questão da localização das espirais, porque para ele ela se baseava na teoria de que a galáxia fosse menor, o que não era correto. As espirais deveriam ser nuvens de gás e não sistemas estelares (para concluir isso, Shapley se baseou nos resultados de velocidade de rotação calculados por van Maanen para as espirais, M33, M101 e M81)

7. Quanto ao tamanho da Via Láctea.

A principal objeção de Curtis ao tamanho da Galáxia calculado por Shapley, era a de que ele havia se baseado no uso das cefeidas para calcular distâncias (questionando a quantidade de dados principalmente). Mas Shapley afirma que mesmo usando métodos diferentes, encontraria a mesma distância para alguns aglomerados e que o uso das cefeidas e a concordância de resultados encontrados para diferentes métodos apenas os reforçava. Como Shapley havia encontrado grandes distâncias para os aglomerados globulares, e eles estariam ligados a ela pela sua distribuição espacial, então era razoável admitir que o tamanho da Via Láctea estivesse de acordo com as maiores distâncias encontradas para esses aglomerados globulares.

Shapley estava certo com relação a extensão da Via Láctea, mais próximo do resultado atual, do que Curtis.

Você notou?

... que a pesquisa em astronomia começou a se destacar nos EUA

As fundações da cosmologia moderna foram elaboradas na Europa. Como vimos, vários pensadores europeus especularam sobre a existência de outras galáxias, como Kant e Thomas Wright. Algum tempo depois, mas ainda em domínios europeus, William Herschel e Lord Rosse revolucionaram as técnicas observacionais, construindo telescópios que permaneceram insuperáveis por décadas. Mas, na virada do século XX a cosmologia observacional passou a ser dominada por astrônomos norte-americanos. Grandes observatórios foram erguidos, como o de Monte Wilson e o Observatório Lick (ambos na Califórnia).



Observatório *Mount Wilson* na Califórnia - Ele foi fundado e financiado pelo astrônomo George Ellery Hale em 1904.

Mesmo a astrofotografia, que veio do pioneirismo de Isaac Roberts, não permaneceu por muito tempo em domínios europeus. Astrônomos norte-americanos (Curtis, Shapley e Keeler) dominaram essa técnica e a usaram para estudar melhor as nebulosas, construindo teorias sobre sua pertinência a nossa Galáxia.

Também acontecia uma maior profissionalização da astronomia, a participação de amadores não era mais tão comum. No século XVIII muitos amadores participaram da construção da astronomia, mas, no século XIX isso não aconteceria. Um dos motivos para o afastamento dos amadores foi o incremento no nível técnico necessário para a pesquisa. A especialização foi uma característica marcante na passagem do século XIX para o XX.

O fator definitivo para que tivesse acontecido uma mudança no eixo da pesquisa científica em astronomia foi a injeção de capital. Como se tornou uma prática comum nos Estados Unidos, muitos particulares fizeram doações que possibilitaram a criação de observatórios, museus e laboratórios. Esse foi o caso da criação do Observatório *Mount Wilson*.

1 Van Maanen fazia isso comparando chapas fotográficas em diferentes épocas. Ele chegou a determinar o movimento próprio de algumas estrelas próximas.

2 No século XVIII William Herschel viu que entre as nebulosas havia lugares em que não observava nenhuma, ele os denominou *lugares vazios*. Baseando-se em observações, ele apontou direções de localização de alguns dos strata, um deles, a nebulosa de *Cancer*, visível a olho nu e que Herschel acreditavam não estar muito distante de nós. Outro stratum apontado por ele, é o de *Coma Berenices*, um dos aglomerados desse stratum.

3 Os Herschel (William e seu filho John) notaram a partir de suas observações a existência de zonas de maior e menor concentração de nebulosas no céu, mas coube a R. A. Proctor (1869), a confirmação das diferentes distribuições, através de um método de exame estatístico das posições dos diferentes tipos de nebulosa no céu.

4 Até 1750 havia muito poucos cientistas não franceses, britânicos, alemães, italianos ou suíços, por exemplo.

A estrutura da Galáxia

Se a luz fosse fazer uma viagem pela Via Láctea, ela levaria, cerca de 100 mil anos de uma ponta até a outra! No caminho da luz, uma paisagem formada por cerca de 100 bilhões de estrelas, acompanhadas de seus indissociáveis acompanhantes, os campos de radiação; o meio interestelar, constituído de gás e poeira; o campo magnético galáctico e os raios cósmicos. Estamos imersos nesse enorme sistema que é um dentre milhões. Se o Universo for tão velho quanto acreditamos que ele seja, com seus mais de 13 bilhões de anos, a Galáxia está na sua juventude cósmica.

Isso é um pouco do que pensamos conhecer da nossa Galáxia. Nessa história, muitas controvérsias foram resolvidas, mas você acha que elas cessaram? Acha que agora obtemos o conhecimento definitivo a respeito da Via Láctea? A ciência moderna também é marcada pela existência de controvérsias com relação à Galáxia. Mas antes de falar das controvérsias, vamos falar um pouco sobre a estrutura da Galáxia como concebemos atualmente.

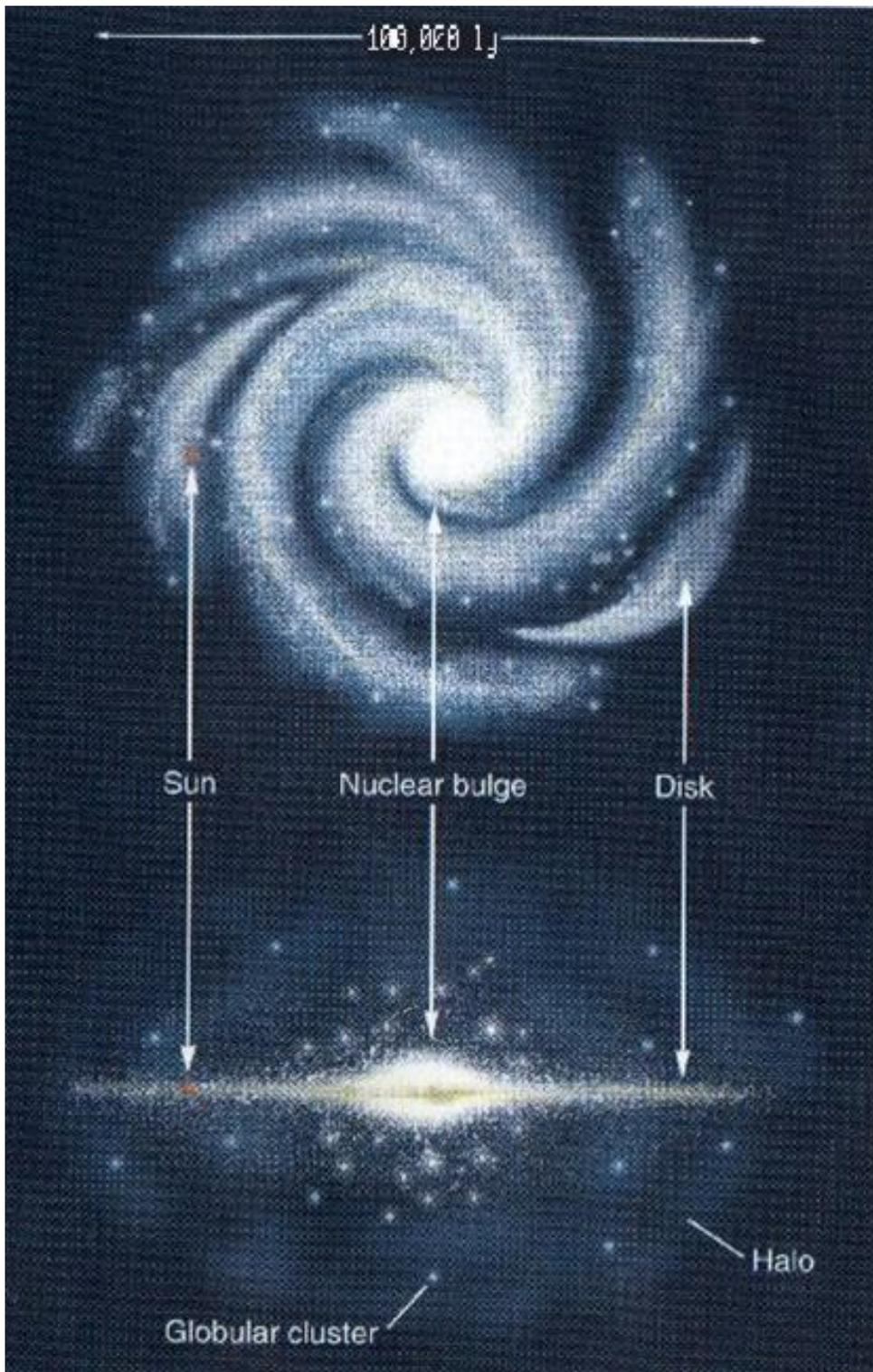
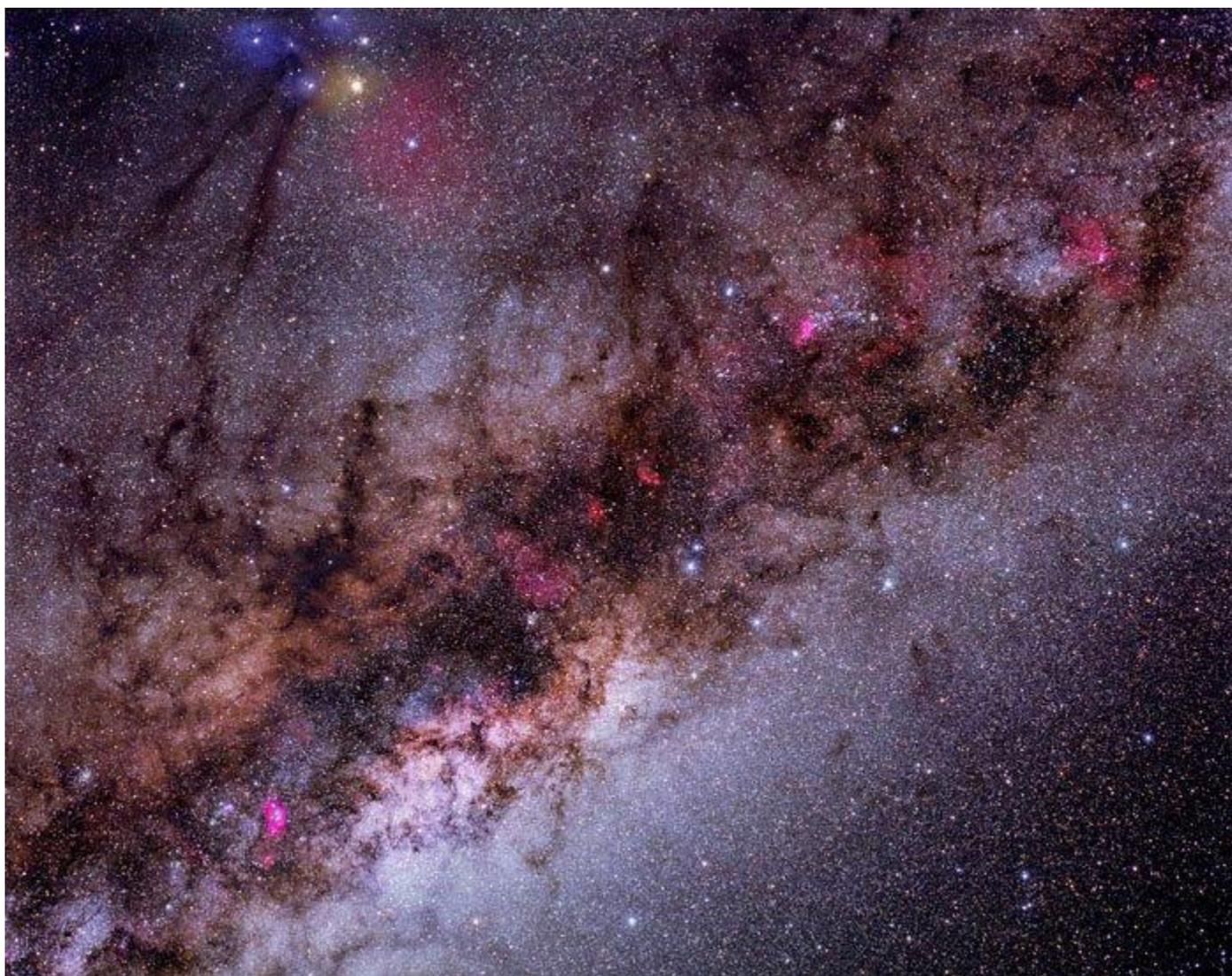


Figura da Galáxia como hoje concebemos, halo, disco, bojo. A região mais fácil de se observar está na vizinhança do Sol.

A Galáxia é formada por um número muito grande de estrelas, que giram todas em torno do centro galáctico. A região do bojo, abriga o centro da Galáxia. Ela é densa em estrelas de muitas idades diferentes. O bojo contém grande quantidade de gás e poeira onde também ocorre formação de novas estrelas.

O halo galáctico apresenta uma distribuição esfericamente simétrica com relação ao centro e contém a maior parte dos aglomerados globulares, que são grupos mais velhos de estrelas (Existem dois tipos de grupos de estrelas na Galáxia, os aglomerados abertos e os aglomerados globulares). No halo não encontramos poeira ou gás em quantidades apreciáveis, enquanto que encontramos muitas estrelas vermelhas e velhas (estrelas com até 13 bilhões de anos).

No disco galáctico localizam-se os braços espirais, nebulosas planetárias e os aglomerados abertos (no disco também fica o nosso Sistema Solar, que dista cerca de 7,5 Kpc do centro da Galáxia e completa uma volta em torno do centro galáctico a cada ~ 250 milhões de anos com uma velocidade de ~ 200 km/s). A região do disco é rica em gás, tem uma alta velocidade de rotação em torno do centro galáctico (até ~200 km/s).



O disco galáctico – estrelas, gás e poeira. Imagem NASA [<http://www.nasaimages.org/luna/servlet/view>](http://www.nasaimages.org/luna/servlet/view)
(acessado em 26/06/2009). A poeira causa o fenômeno da extinção estelar. As estrelas que vemos no céu à noite distam de 1 ou 2 Kpc de nós (Sol). Credit and Copyright: John P. Gleason.

As populações de estrelas da Galáxia

Existem dois tipos de aglomerados de estrelas na Galáxia: os abertos (ou estelares) e os globulares. Os aglomerados abertos, como o próprio nome sugere, são em geral objetos de fácil resolução com o uso de um telescópio pequeno ou médio, ou seja, as estrelas que os compõe podem ser resolvidas individualmente. Eles se situam no plano galáctico, e por isso, podem também ser denominados de aglomerados galácticos, diferentemente dos globulares que se situam no halo galáctico.

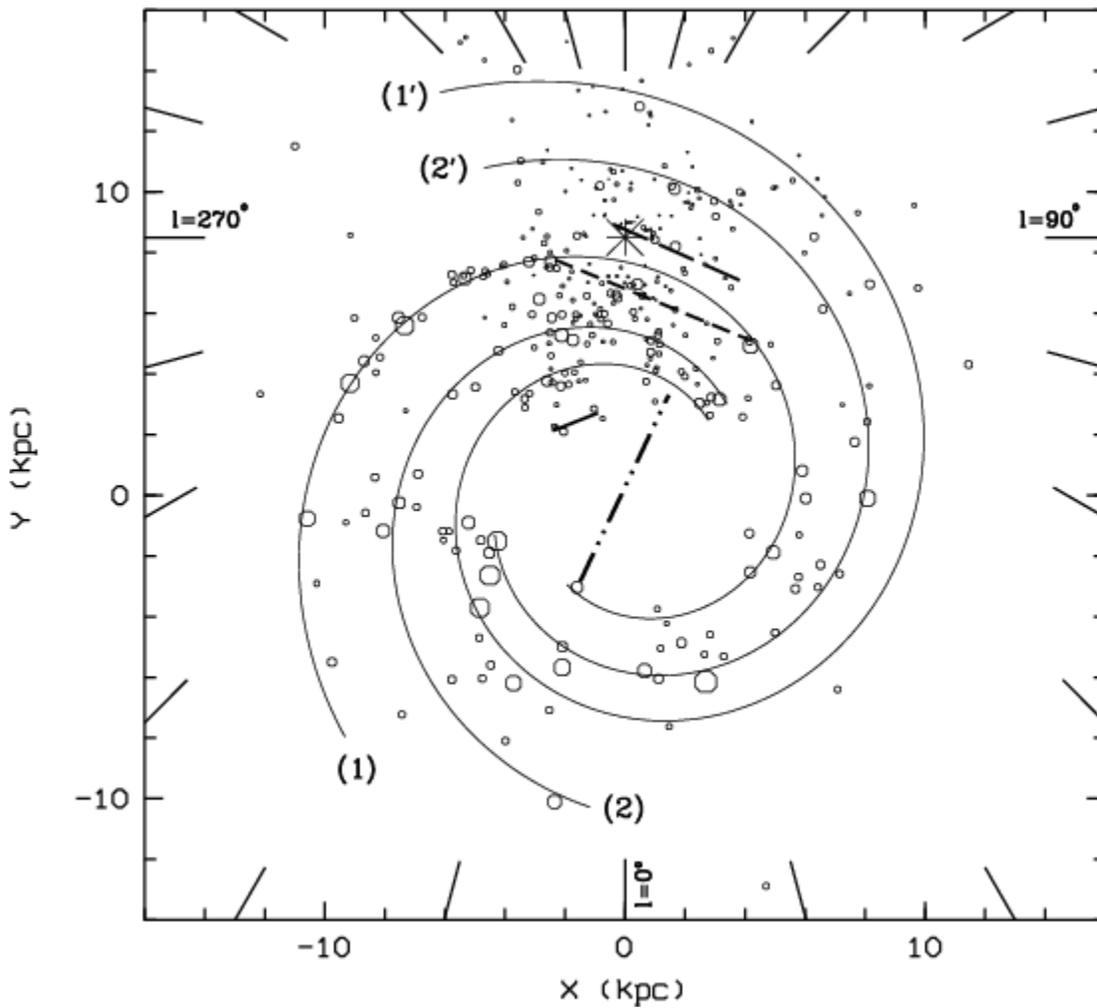




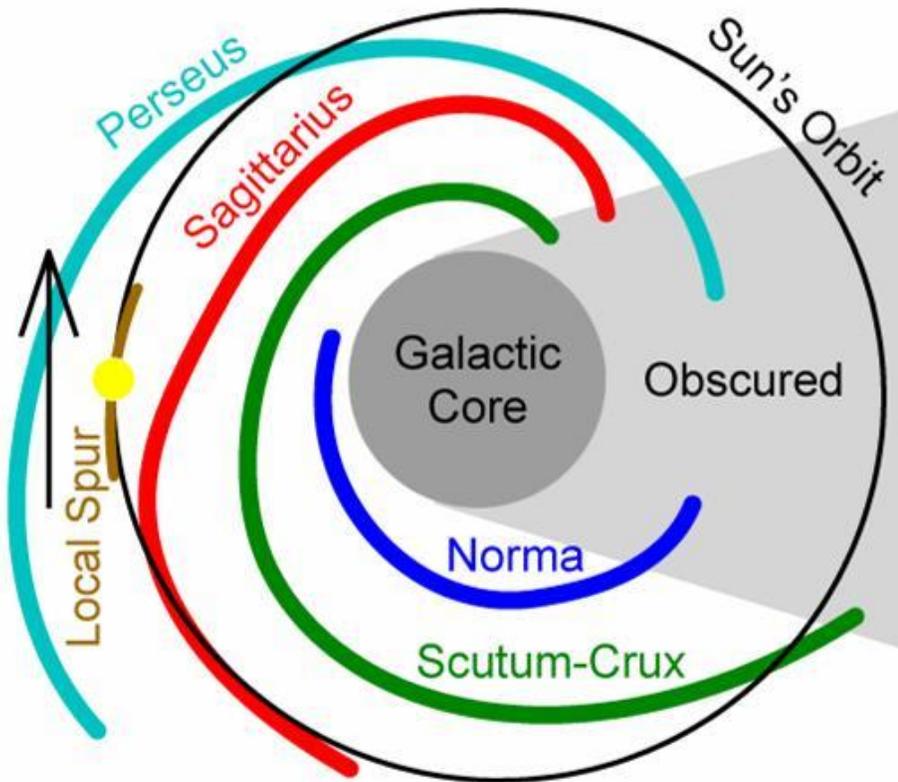
O aglomerado globular M80 e aglomerado aberto das Plêiades. Os aglomerados abertos e globulares podem também ser diferenciados visualmente, os primeiros apresentam estrelas afastadas umas das outras enquanto que nos aglomerados globulares as estrelas estão próximas.

As diferenças entre aglomerados abertos e globulares estão também nos objetos que os compõem, sendo que os aglomerados abertos possuem estrelas jovens e quentes, enquanto que os globulares apresentam estrelas frias e velhas.

Há um importante fato a respeito dos aglomerados abertos no tocante à formação de seus membros. Acredita-se que as estrelas membro de um aglomerado aberto tenham se formado juntas, na mesma região do meio interestelar, originárias da mesma nuvem de gás, desse modo, possuem também uma mesma composição química e uma mesma idade. O papel dos aglomerados abertos em astronomia é importante, porque eles podem ser usados como traçadores da estrutura espiral da Galáxia.



Estrutura Espiral da Via Láctea - Um fato que torna o assunto interessante está ligado à existência de uma controvérsia atual, sobre a formulação do modelo estrutural da Galáxia. Há algumas questões que não foram respondidas de forma satisfatória como, por exemplo, a localização dos principais braços, qual a dependência da taxa de formação estelar nos braços em função da distância ao centro, etc. Uma outra questão rediscutida recentemente se refere à existência de um braço espiral na região onde o Sol está localizado. (Referência: Russel 2003)



Uma representação dos braços espirais da Galáxia. A estrutura dos braços, que pode ser mapeada com os aglomerados abertos, é bastante complexa. Há um consenso sobre a existência de pelo menos três desses braços, **Perseus (externo)**, **Carina-Sagittarius** e **Norma**.

Sobre o que temos certeza, o que ignoramos e o que pode mudar.

O nosso conhecimento sobre a Galáxia ainda pode mudar como tem acontecido nos últimos anos? Ou será que ele permanecerá estático? Existem controvérsias, tem perguntas que não nos fazemos sobre a Galáxia ou que não sabemos como responder?

A resposta é sim. Nosso conhecimento sobre a Galáxia e mesmo sobre o Universo que nos cerca, pode ainda mudar, mas isso não significa também que não há nada no nosso conhecimento sobre ela que não vá permanecer nas próximas gerações de modelos científicos. Vamos dar alguns exemplos.

* Hoje sabemos que Andrômeda e tantas outras "nebulosas" que antigamente pensávamos ser parte da nossa galáxia, são na verdade outras galáxias e esse é um conhecimento que muito provavelmente não vai mudar. Não se duvida que Andrômeda esteja fora da Via Láctea.

* Há uma série de perguntas referentes à estrutura espiral que ainda não foram respondidas de forma satisfatória, como, por exemplo, a localização dos principais braços, a dependência da taxa de formação estelar nos braços em função da distância ao centro, etc. Uma outra questão re-discutida se refere à existência de um braço espiral na região onde o Sol está localizado.

* O que era um problema clássico em astronomia ainda persiste, que é a determinação de distâncias até os corpos celestes. Para se traçar a estrutura espiral da Via Láctea, usamos os aglomerados abertos, mas precisamos identificá-los primeiro como um grupo de estrelas e depois determinar a distância até ele. Mas como usamos a luz para fazer isso e o caminho da luz pela galáxia é bastante atribulado (ela passa por nuvens que absorvem sua energia em certos comprimentos de onda, como na região do visível). Precisamos desenvolver métodos mais precisos para determinar distâncias.

* As idades calculadas para os aglomerados abertos (de acordo com alguns métodos usados), também estão relacionadas indiretamente a determinação de distâncias para esses corpos celestes. A determinação de idades ainda é imprecisa. Os astrônomos também discutem com relação a localização do Sol no disco, sua distância do centro galáctico, alguns afirmam que ele dista 7,5 Kpc do centro, outros que dista 8 Kpc.

* Há ainda, alguns fatos que ignoramos, como a localização dos aglomerados globulares. Porque eles se localizam no halo galáctico, porque não são atraídos para o centro já que não apresentam uma rotação como os componentes do disco, por exemplo?

Você sabia que:

Em 1852 um astrônomo de Princeton, Stephen Alexander, publicou um estudo no qual se aproxima de certa forma ao modelo da Via Láctea como hoje a concebemos, formada por braços espirais, em uma seção do trabalho do astrônomo, intitulada: "Milky Way – a Spiral". Se as nebulosas espirais fossem parecidas com a Via Láctea no formato e dimensões, seria lógico afirmar que se tratava de objetos externos a ela.

Questões para Refletir:

Primeiras reflexões:

Você acha que a hoje conhecemos mais o Universo, a Galáxia do que no tempo de Galileu Galilei? Será que daqui há duzentos anos vão ridicularizar o nosso conhecimento atual sobre a Via Láctea?

Segundas reflexões:

A ciência moderna tem muitas certezas. Sobre o formato da Via Láctea, seus braços espirais, etc. Será que há espaços para controvérsias nas teorias modernas? Você acredita em tudo o que os cientistas falam sobre a natureza?

Pra quem quer saber mais ...

* Astronomia & Astrofísica, Kepler Oliveira & Maria de Fátima, Saraiva.