

O Tamanho do Universo

O dia, noite, astros e todo o Universo era visto de diferentes formas para cada cultura, só apresentar cada um e suas características levaria uma palestra inteira, então focarei somente no que aprendemos na escola. Para nossa cultura ocidental, durante muito tempo a Terra foi considerada chata, a sombra da Terra na Lua durante os eclipses lunares ajudou a convencer sobre seu formato esférico. Nosso planeta era o centro de um Universo limitado pelas estrelas. Sem telescópio, conseguimos ver os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, o Sol, a Lua e abóbada celeste, que nos dá a impressão de que estamos dentro de uma verdadeira esfera, a esfera celeste. O modelo geocêntrico, com a Terra no centro e todos os demais elementos girando ao seu redor durou até o século XVII, quando observações de Galileu apoiaram o modelo heliocêntrico proposto por Nicolau Copérnico, nele a Terra e todos os demais planetas giram em torno do Sol, que passa a ser o centro da esfera celeste.

A esfera continua sendo o limite do nosso Universo, até que nos perguntarmos de as estrelas realmente estão fixas em uma esfera ou se estão distribuídas espacialmente pelo Universo, determinar a distância delas é a primeira tarefa. Determinar distâncias das estrelas distantes foi uma das tarefas mais difíceis para os astrônomos desde a descoberta do heliocentrismo, quando se reconheceu que as estrelas deveriam ser astros semelhantes ao nosso Sol.

Determinação de distâncias

Para estrelas próximas, é possível determinar a distância através da paralaxe. Paralaxe é o fenômeno que faz com que você veja um ponto deslocado para um lado ou outro ao fechar um dos olhos, mudando sua perspectiva. Para estrelas distantes, a mudança de perspectiva é o próprio movimento da Terra em torno do Sol. Ao observarmos uma estrela próximas em dois extremos da órbita, por exemplo hoje e daqui seis meses, vemos uma ligeira variação na posição da estrela em relação às estrelas de fundo. Se temos a distância da Terra ao Sol e a variação angular da posição da estrela, é possível através de geometria simples determinar sua distância. A primeira pessoa a utilizar e apresentar resultados deste método foi Friedrich Bessel em 1838.

Para estrelas mais distantes, esse método não é útil. Somente é possível fazer comparação de brilhos iguais em distâncias diferentes, algo que sabemos a distância com algo igual que não sabemos a distância, esse método é conhecido como método das velas padrão. O problema é saber indiretamente que esses dois objetos brilham da mesma forma.

A primeira referência utilizada com segurança para distância maiores foi descoberta por Henrietta Leavitt no começo do século XX. Analisando chapas fotográficas das nuvens de Magalhães, ela descobriu estrelas que variavam o brilho com periodicidade bem definida e uma relação capaz de determinar a magnitude (brilho) absoluta da estrela, essa relação é conhecida como relação período-luminosidade. Se você vê uma estrela que varia seu brilho com certo período e que você conhece a distância, é possível determinar a distância de qualquer outra estrela que varie seu brilho com o mesmo período, por uma simples relação de como a intensidade luminosa cai com a distância. A intensidade cai com o quadrado da distância, então algo que está duas vezes mais longe do que um objeto que você sabe a distância, terá o brilho quatro vezes menor. Essas estrelas conhecidas como variáveis Cefeidas são na verdade o estado final da vida de uma estrela, onde ela pulsa com regularidade.

O astrônomo Edwin Hubble conseguiu identificar Cefeidas na conhecida “nebulosa de Andrômeda”, usando-as para determinar sua distância. A distância encontrada era muito maior do que a de qualquer distância conhecida até então, cerca de 2 milhões de anos luz. Na verdade Andrômeda não era uma nebulosa, mas uma outra galáxia, verdadeiro Universo ilha, com bilhões

de estrelas em seu interior, assim como a Via Láctea.

Nosso tamanho de Universo passou então do limite das estrelas fixas, para as estrelas distantes e em seguida para outras galáxias ao nosso redor, o chamado grupo local.

Mas em algumas galáxias não é possível observar cefeidas, é preciso então um novo parâmetro de comparação. Esse novo parâmetro trata-se de uma supernova específica, a supernova do tipo 1A. Supernovas são eventos que marcam a morte de uma estrela super massiva, quando a estrela não consegue mais produzir energia o suficiente através dos processos de fusão nuclear. Supernovas do tipo 1A ocorrem em sistemas binários de estrelas, quando uma delas é uma estrela anã branca e a outra uma estrela gigante ou uma anã branca menor do que a primeira. As estrelas anãs brancas são umas das coisas mais densas do Universo, atrás somente das estrelas de nêutrons e buracos negros, uma colher de chá de uma anã branca pode pesar 5 toneladas. Essa alta densidade faz com que sua gravidade seja muito intensa e a estrela passe a canibalizar sua companheira, puxando material dela. Quando a massa da anã branca aumenta até 1.4x a massa do Sol, uma reação nuclear ocorre, fazendo com que a anã branca exploda, resultando em uma intensidade luminosa 5 bilhões de vezes maior do que o nosso Sol. Como essa reação acontece sempre do mesmo jeito e com a mesma massa, é possível utilizá-la como padrão. Esse limite da explosão é conhecido como limite de Chandrasekhar, nome do astrônomo que o descobriu.

Com o brilho de Supernovas deste tipo, é possível determinar distância de objetos bem mais distantes do que o nosso grupo local de galáxias, mas isso só foi utilizado à partir de 1980. Agora estamos em um pequeno planeta orbitando uma pequena estrela, o nosso Sol. O Sol é só mais uma estrela entre as 100 bilhões de estrelas que ocupam a nossa galáxia. Nossa galáxia é uma das duas maiores de um grupo de galáxias chamado de Super Aglomerado Local, um pedacinho da grande estrutura do Universo da qual bilhões de galáxias fazem parte. Nosso Universo cresce das estrelas fixas para as galáxias distantes.

Expansão do Universo

A questão é se o Universo continuará sendo deste tamanho que conseguimos observar? Ele é fixo? Até o início do século XX, acreditava-se que o Universo fosse estático, que ele sempre foi e sempre será da mesma forma. Isso começou a mudar à partir do século XX com a ajuda de Vesto Slipher, que analisando o espectro de diversas galáxias viu que todas apresentavam o espectro com linhas deslocadas para o vermelho. O espectro de uma galáxia é o registro dos elementos que a compõe. Esse efeito de desvio para o vermelho é o efeito Doppler da luz de objetos se afastando de nós.

A luz assim como o som é uma onda. Quando escutamos a sirene de uma ambulância, ela tem frequências diferentes quando está se aproximando e se afastando de nós. Para a luz vale a mesma coisa, desde que as velocidade de aproximação ou afastamento sejam comparáveis com a velocidade da luz. Com exceção das galáxias próximas, todas as outras estão se afastando de nós. E a velocidade com que elas se afastam é maior quanto maior a distância. Isso é conhecido como a Lei de Hubble.

Se vemos todas as galáxias se afastando de nós, então estamos no centro do Universo? Que posição temos? Há uma posição privilegiada que pode ser chamada de “o centro do Universo”? O Universo é peculiar, e aparente estamos no centro dele pois em qualquer direção que observamos parece que estamos no centro da expansão. Mas isso não é uma exclusividade nossa, o Universo não tem centro e não tem bordas, logo em qualquer lugar que você esteja, será o centro dele. E em qualquer direção que você olhe, o Universo parece o mesmo, a menos de algumas deformações locais em pequena escala. Este é o princípio cosmológico que pode ser aplicado para grandes

escalas. O Universo é o mesmo em qualquer lugar (homogêneo) e parece ser o mesmo em qualquer lugar (isotrópico), a despeito de irregularidades locais de escalas menos de 100Mpc.

No fim o que observamos do Universo atualmente não é tão diferente do modelo geocêntrico, pois em todas as direções que observamos, o Universo parece estender-se o mesmo tanto e estamos no centro dele. Mas já difere no fato dele não ser estático. Já que as galáxias estão se afastando todas umas das outras, então o Universo está se expandindo, isso indica que houve um tempo onde tudo estava muito próximo. Este conceito foi apresentado por Georges Lemaître, de que se voltarmos no tempo, ouve um momento em que tudo estava próximo e à partir do qual começou a expansão. O momento em que tudo começou a expandir é o que conhecemos como Big Bang. À partir dessa taxa de expansão é possível estimar que esse processo começou cerca de 13,7 bilhões de anos atrás. Desde então o Universo cresce, mas não com uma taxa constante. Em escalas menores, a gravidade vence a expansão, galáxias de um mesmo grupo se atraem.

Quando tudo estava muito próximo, era muito quente e matéria e energia interagem o tempo todo, dizemos que elas estavam acopladas. Ouve um momento nesta expansão em que a densidade caiu e a energia conseguiu se desacoplar da matéria e os fótons passaram a andar livremente pelo espaço, o que acreditamos que ocorreu 380mil anos após o Big Bang, quando o Universo tinha cerca de 3000 Kelvin de temperatura. Desde então o Universo expandiu e esfriou, estes fótons perderam energia, e hoje devem ter energia de micro-ondas. Caso isso seja verdade, devemos ser capazes de detectar uma radiação resultante deste momento. Isso foi previsto em 1948 por George Gamov, Ralph Alpher e Robert Herman e detectada em 1965 por Arno Penzias e Robert Wilson que trabalhavam para a empresa de telefonia Bell e encontraram um ruído uniforme vindo do céu ao usarem uma antena para testes de comunicação via satélite. Apesar de todas as tentativas de tentar sumir com este ruído, ele continuou. Detectou-se que este ruído vinha do céu e uniformemente de todos os lados. Essa radiação é chamada de Radiação Cósmica de Fundo, que chega até nós na forma de micro-ondas, correspondente à uma temperatura de 2,7 Kelvin com variações de milésimos de grau. Podemos então considerá-la isotrópica, vinda igualmente de todas as direções.

A luz viaja com uma velocidade finita de 300 mil km/s, mas mesmo com tamanha velocidade ela leva muito tempo para viajar de um ponto até outro do Universo. O ano luz é uma medida usada em astronomia que descreve a distância percorrida pela luz em um ano, o equivalente a quase 10 trilhões de quilômetros. Isso significa que a luz que chega aos nossos olhos não é atual, é uma luz que vem do passado, o que acontece este momento não conseguimos ver agora, quanto maior a distância, mais remoto o passado que observamos. O fato da luz ter um tempo finito para se propagar, limita nossa visão do Universo, só conseguimos ver luz emitida a 13,7 bilhões de anos atrás, nada anterior a isso chega até nós. É este limite que conseguimos observar que chamamos de Universo observável.

Mas nestes 13,7 bilhões de anos que levou para a luz chegar até os nossos olhos, o Universo já expandiu, como estimar seu real valor então? Considerando a taxa de expansão que conhecemos hoje, temos de extrapolar o quanto o Universo cresceu com esta taxa nestes 13,8 bilhões de anos que não conseguimos ter informações. Mas essa taxa de expansão depende do formato de Universo que adotamos.

Formato do Universo:

Qual o formato do Universo: O formato do Universo está relacionado com sua distribuição de massa. Conseguimos ver parte da massa do Universo, a massa concentrada nas estrelas, nebulosas e galáxias. Mas há uma massa que não podemos ver, mas podemos ver os efeitos de sua presença. Pela teoria da relatividade geral de Einstein, massa pode deformar espaço e observamos

esse efeito na proximidade do Sol, o corpo mais massivo na nossa proximidade. A luz viaja pelo caminho mais curto no espaço, para o espaço que conhecemos, essa trajetória é uma linha reta, mas para uma superfície curva é chamada de geodésia. No Universo acontece o mesmo efeito, vemos luzes duplicadas após passarem por regiões massivas, o que conhecemos por lentes gravitacionais. Muitas vezes a quantidade de massa que vemos em lentes gravitacionais parece não ser o suficiente para deformar tanto a luz, indicando que ali há algum tipo de matéria que não podemos detectar, que chamamos de matéria escura. Estimamos que toda a matéria que podemos observar no Universo corresponde à menos de 5% de toda a sua composição, outros 23% são matéria escura e 72% algo que chamamos de energia escura e que seria responsável pela expansão acelerada do Universo, mas isso é um tema para outra palestra.

Descobrir como a distribuição de massa e energia no Universo influi no formato deste é um dos desafios da cosmologia atual. Há três possibilidades de acordo com a relatividade geral de Einstein: O Universo aberto com curvatura negativa como uma sela, o Universo plano ou Universo com curvatura positiva, como uma esfera. Existe uma relação Ω , que relaciona a densidade do Universo dividida por uma densidade crítica. Se essa relação for igual à 1, o Universo é plano, se for menor do que 1, tem um formato de sela e se maior do que 1 tem o formato de uma esfera. As consequências para o futuro do Universo são diferentes para cada tipo de geometria. Atualmente as informações que temos através do mapeamento da radiação cósmica de fundo é de que o Universo é quase plano com um erro de 0,4% que o Universo é plano.

Se temos quase certeza de que o Universo é plano, então imaginamos que ele expandirá indefinidamente com uma taxa acelerada graças à energia escura. Neste cenário conseguimos estimar o quanto o Universo expandiu nestes 13,8 bilhões de anos que conseguimos ver, chegando em um valor próximo de 92 bilhões de anos luz. Lembrando que esta é somente uma estimativa, o tamanho de todo o Universo nós não sabemos, pode ser que ele seja infinito. E se ele for finito, o que há além dele?

Introduction do Cosmology – Barbara Ryden

Cosmology : The Science of the Universe – Edward Harrison

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/universo.pdf>

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/origem.htm>

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/tempo-e-distancia.htm>

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/expansao-cosmologia.pdf>

http://www.if.ufrgs.br/~dpavani/FIS02008/AULAS/2011_1_ciclo2/modeloscsmologicos.pdf

http://www.nasa.gov/audience/foreducators/5-8/features/F_How_Big_is_Our_Universe.html

<http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/intrcosm/Notas/CMBR.pdf>

<http://www.fma.if.usp.br/~rivelles/Seminars/cosmologia.pdf>

<http://www.fma.if.usp.br/~rivelles/Seminars/cosmologia.pdf>

http://en.wikipedia.org/wiki/Shape_of_the_universe

http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang

http://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_c%C3%B3smica_de_fundo_em_micro-ondas

<http://sci.esa.int/planck/>

<http://sci.esa.int/planck/55385-planck-reveals-first-stars-were-born-late/>

http://hubblesite.org/hubble_discoveries/dark_energy/de-type-ia-supernovae.php

<http://www.space.com/24073-how-big-is-the-universe.html>

