

Buracos Negros.

Teoricamente os Buracos Negros devem existir, como veremos a seguir. O universo é composto de estrelas, planetas e outros objetos, mas referente aos Buracos Negros o que interessa são as estrelas. Toda estrela nasce e morre.

Nascimento de uma estrela.

Uma estrela nasce de uma massa de poeira e gás que gira lentamente e / que, por força de sua própria atração gravitacional, lentamente se torna coesa. À medida que essa massa de poeira e gás (espalhados pelo espaço como resultado, provavelmente, da grande explosão) se une, a atração gravitacional se faz cada vez mais intensa, de modo que a pressão se acelera.

Quando uma nuvem se condensa, a temperatura e a pressão no centro aumentam progressivamente, até que finalmente se tornam suficientes para / romper os átomos no centro e iniciar a fusão nuclear. Nesse momento de ignição nuclear, nasce a estrela.

Durante a vida uma estrela consome seu combustível que é o hidrogênio, convertendo-o em gás hélio, no processo da fusão nuclear.

Morte de uma estrela.Gigante Vermelha.

O Sol, por exemplo, vem consumindo hidrogênio em sua fornalha nuclear há cerca de 5 bilhões de anos e, ainda assim, resta o suficiente para pelo menos mais 5 a 8 bilhões de anos. Entretanto, até mesmo 5 a 8 bilhões de anos não são a eternidade. O que acontece quando o hidrogênio acaba? Pelo que os astrônomos podem dizer atualmente, com base em seus estudos das reações nucleares e da natureza das várias estrelas que podem ver, / parece que a redução do hidrogênio constitui prelúdio para mudanças sensíveis na estrutura de uma estrela.

À medida que o Sol, por exemplo, consumir hidrogênio e acumular hélio no centro, o núcleo solar se contrairá mais, enquanto núcleos mais pesados concentrarem ainda mais a porção interna do campo gravitacional. O / miolo do Sol se tornará mais quente e mais denso. Por fim, o calor desse miolo começará a aumentar bruscamente e o calor adicional obrigará as regiões exteriores do Sol a se expandirem enormemente.

Muito embora o calor total das regiões externas do Sol venha, então, - a ser consideravelmente maior do que é hoje, esse calor se espalhará por uma superfície imensamente maior. Cada trecho da superfície terá menos / calor do que agora e a nova superfície será mais fria que a atual. Enquanto o Sol possui atualmente uma temperatura superficial de 6.000°C, a superfície do Sol expandido não terá mais de 2.500°C, e a essa temperatura mais baixa ele emitirá apenas um brilho avermelhado. Essa combinação de / tamanho imenso e brilho rubro dá a essa fase da história de uma estrela o nome de Gigante Vermelha. Conhecemos atualmente estrelas que já alcançaram essa etapa, notadamente Betelgeuse e Antares.

Em sua extensão máxima, a gigante vermelha em que nosso Sol se transformará será suficientemente grande para abranger a órbita de Mercúrio, ou até mesmo a de Vênus.

É claro que se uma estrela for, para começar, maior do que o Sol, ela se expandirá ainda mais. Antares é tão grande que, se estivesse no lugar do Sol, sua esfera gigantesca abrangeria as órbitas de Mercúrio, Vênus, / Terra e Marte. A Terra estará então inteiramente inabitável; a vida no planeta ter-se-á tornado impossível nas primeiras fases da expansão do / Sol. (É possível que nessa época a humanidade, se ainda existir, tenha deixado a Terra para viver em planetas de outras estrelas ou em colônias artificiais longínquas.)

Quando o Sol houver atingido sua expansão máxima como uma gigante vermelha, ele estará reduzido aos restos finais de seu hidrogênio. O centro do Sol, todavia, terá então atingido uma temperatura (pelo menos de $100.000.000^{\circ}\text{C}$) suficiente para fazer com que os átomos de hélio (que nas eras passadas tinham sido formados a partir de átomos de hidrogênio) fundam-se para formar núcleos ainda maiores, e estes em outros ainda maiores, até serem formados núcleos de ferro, cada um com 26 prótons e 30 nêutrons.

A quantidade de energia proporcionada pela ampliação adicional de núcleos equivale a cerca de 6%, apenas da proporcionada anteriormente pela fusão de hidrogênio em hélio. Além disso, ao se formar o ferro a história chega ao fim.

As reações nucleares não podem mais proporcionar energia.

Depois que o hidrogênio for consumido, portanto, e a gigante vermelha se encontrar em sua expansão máxima, o resto de sua vida como objeto alimentado por reações nucleares tem de ser inferior a um bilhão de anos---- ou consideravelmente menos.

E quando as reações nucleares diminuírem e cessarem, não haverá então nada que resista à inexorável atração do campo gravitacional produzida / pela própria massa do objeto. A gravitação esteve esperando, paciente e incansavelmente, durante bilhões de anos; por fim, a resistência a essa atração chegou ao fim e o Sol, inchado, ou qualquer outra estrela, não pode seguir outro caminho senão o do encolhimento.

E realmente ele encolhe, e é exatamente isso que nos coloca na reta final para o buraco negro, com dois pontos de parada nos quais temos de fazer uma pausa em nosso caminho. Até onde se contrairá uma estrela depende de / sua massa.

Anã Branca.

Uma estrela com até 1,4 vezes a massa do Sol, provavelmente se transformará numa Anã Branca, depois que tiver passado pela fase de gigante / vermelha.

Quando a estrela começar a encolher, em virtude da enorme força gravitacional, que não encontra mais resistência, ela se comprimirá até alcançar um tamanho planetário, por exemplo, Urano ou Netuno.

Uma conhecida anã branca é a Sirius B, que tem uma massa um pouco menor que a do Sol, mas seu tamanho é muito reduzido, tendo um diâmetro de apenas 47.000 Km. Isso significa que deve ser um objeto densíssimo. Sua / densidade média deve ser da ordem de 35.000 g/cm^3 , o que representa uma densidade 3.000 vezes maior que a do material do núcleo da Terra e 350 vezes maior que a do material do núcleo do Sol.

Como pode um objeto se comprimir tanto assim?

Vejamos: A matéria de todo o universo é composta por átomos. Os átomos dividem-se em prótons, elétrons e nêutrons. Os prótons possuem carga elétrica positiva, os elétrons carga negativa e os nêutrons não possuem carga elétrica.

Imaginemos, pois, um átomo com 20 prótons e 20 nêutrons no núcleo e 20 elétrons nas regiões exteriores. A carga elétrica está equilibrada, porém mais de 99,97% da massa do átomo se encontram no núcleo.

Entretanto, ainda que o núcleo contenha quase toda a massa de um átomo, ele constitui uma fração minúscula de seu volume. O núcleo tem um diâmetro de aproximadamente 10^{-43} centímetros; o de um átomo é de mais ou menos $7 \cdot 10^{-8}$ centímetros.

Isso significa que o átomo é 100.000 vezes mais largo que o núcleo. Seriam necessários 100.000 núcleos, postos lado a lado, para cobrir o diâmetro do átomo de que faz parte. Se o leitor imaginar que o átomo é uma esfera oca e começar a enchê-la de núcleos, há de verificar que são necessários 10^{15} (um milhão de bilhões) de núcleos para enchê-lo. Ou ainda considerando o núcleo do átomo numa escala de um centímetro (ou seja, vamos supor que o núcleo do átomo tenha um centímetro de diâmetro, o diâmetro do átomo teria um quilômetro).-

Uma estrela como o Sol, a medida que se encolhe ganhará densidade até chegar ao ponto em que poderá compor-se de átomos intatos em contato, a exemplo de corpos planetários como a Terra e Júpiter. No entanto, uma massa de dimensão estelar produz um campo gravitacional suficientemente forte para esmagar esses átomos. Assim, o encolhimento continuará. A interrupção do processo, se houver, terá de ser feita pelas partículas subatômicas que compõem os átomos.

Quando uma estrela encolhe além do limite imposto por átomos intatos, as partículas que primeiro entram em contato, por assim dizer, são os volumosos elétrons.

Os elétrons postos em contato acham-se apertados muito mais entre si do que estariam em átomos intatos. Assim, por exemplo, Sirius B e o Sol têm massas aproximadamente iguais, mas Sirius B ocupa apenas 1/27.000 do espaço ocupado pelo Sol. (É mais ou menos como a diferença do espaço ocupado por cem bolas de pingue-pongue intatas e pelas mesmas cem bolas reduzidas a pó de plástico.)

Não obstante, mesmo depois de os elétrons terem sido postos em contato, os prótons e os nêutrons muito menores (porém dotados de mais massa) e os núcleos atômicos por eles constituídos ainda encontrarão muito espaço para se movimentar. Esses núcleos estão muito mais próximos entre si do que estariam como parte de átomos intatos, mas ainda estão suficientemente separados para que as distâncias entre eles sejam enormes, em comparação com seu próprio tamanho.

No que diz respeito aos núcleos, uma anã branca, por densa que seja, ainda se compõe primordialmente de espaços vazios. Em Sirius B, por exemplo, que quase poderia ser considerada como um fluido eletrônico contínuo, os núcleos ocupam apenas 1/4.000.000.000 de seu volume. Os núcleos, portanto, mostram as propriedades de gases.

Uma anã branca, naturalmente, não apresenta estrutura sempre uniforme, tanto quanto qualquer outro objeto dotado de massa. Encontra-se uma pressão crescente ao se mover, em imaginação, da superfície para o centro.

Uma anã branca tem uma pele quase normal, uma camada externa de átomos intatos que são puxados para baixo com força pela intensa atração gravitacional na superfície, mas que não têm o peso de outras camadas sobre si. Várias espécies diferentes de átomos podem existir nessa "atmosfera" de uma anã branca --- até mesmo uma pequena quantidade de hidrogênio que, de alguma forma, no decorrer de toda a vida da estrela, escapou à fusão devido ao fato de aqueles átomos em particular nunca terem feito parte das profundezas estelares. Essa atmosfera poderá ter apenas algumas centenas de metros de espessura.

Ao nos imaginarmos mergulhando no material da anã branca, veremos que esses átomos atmosféricos gradualmente se rompem em elétrons e núcleos, todos movendo-se livremente. Ali, pequenos restos de reações nucleares continuam a se desenrolar, até que todo o hidrogênio tenha sido consumido. À medida que continuamos a descer, os elétrons entram em contato e começam a resistir a uma maior compressão. Quanto mais forem comprimidos, mais resistem à compressão adicional, e é essa resistência que finalmente detém a contração da estrela no estágio de anã branca.

No núcleo da estrela o material da anã branca é consideravelmente mais denso que a média de toda a estrela. A densidade central pode ser da ordem de 100.000.000 g/cm³.

Quando se forma uma anã branca ela é quentíssima porque a energia cinética da contração foi transformada em calor. Uma anã branca recém-formada pode ter uma temperatura superficial superior a 100.000 °C.

À medida que a anã branca irradia calor para o espaço circundante, porém, seu conteúdo energético tem de decrescer, e muito pouco desse decréscimo pode ser compensado pelas reações nucleares nos restos de matéria razoavelmente normal que, a princípio, permanece nas camadas exteriores. Aos poucos, a anã branca se resfria. Conhecem-se velhas anãs brancas com uma temperatura superficial não superior a 5.000 °C.

Essa perda de calor não afeta seriamente sua estrutura.

As estrelas comuns se contrairiam se perdessem calor, uma vez que é o calor produzido no centro que as mantém expandidas, resistindo ao puxão da gravidade.

Uma anã branca resiste à contração gravitacional com a resistência dos elétrons comprimidos, e isso não depende de calor. Os elétrons resistem à maior compressão com a mesma eficiência, tanto frios quanto quentes.

Presumivelmente, pois, a perda de temperatura há de continuar, sem qualquer mudança significativa na estrutura da anã branca, até que ela não seja mais suficientemente quente para brilhar. Ela se torna uma anã negra e continuará a se resfriar por eras a fio, até que seu conteúdo energético / seja apenas igual à média para todo o universo --- alguns graus acima do zero absoluto ($-273,18^{\circ}\text{C}$).

Este é um processo lentíssimo, e toda a duração do universo até o presente não foi bastante para que tenha ocorrido o esgotamento total da energia de qualquer anã branca. Todas as anãs brancas que jamais se formaram - ainda fulgem hoje, mas, com o tempo, haverão de escurecer.

Já se observaram várias centenas de anãs brancas, e esse número não parece muita coisa entre os bilhões e bilhões de estrelas no céu. Convém recordarmos, porém, que as anãs brancas, ainda que brilhantes para seu tamanho, são de maneira geral objetos baços. Elas têm somente de 1/1.000 a -/1/10.000 da luminosidade das estrelas ordinárias médias, e por isso não podem ser vistas, a menos que estejam muito perto de nós.

Se vemos tão poucas anãs brancas é porque às distâncias estelares comuns, onde estrelas ordinárias ainda são bastante brilhantes para serem vistas e estudadas, as anãs brancas são baças demais para serem reconhecidas ou até mesmo vistas, talvez. Por isso, a única maneira de que dispomos para avaliar com justeza o número de anãs brancas consiste em estudar a vizinhança imediata do Sol.

No espaço contido dentro de 35 anos-luz do Sol, por exemplo, há cerca / de 300 estrelas. Dessas, oito são anãs brancas. Supondo-se que esta seja - aproximadamente a proporção habitual no espaço, de modo geral (e não temos nenhum motivo para julgar que não seja), podemos então dizer que entre 2 e 3% de todas as estrelas são anãs brancas. É possível que haja nada menos / que 4 bilhões de anãs brancas somente em nossa galáxia.

Estrela de Nêutrons.

Além da anã branca.

Já se descobriram estrelas com até 50 e, possivelmente, 70 vezes a massa do Sol. Quando tal estrela explode, ocorre algo de indescritível. Além disso, quando ela explode tem de perder 97 ou 98% de sua massa para que o restante tenha apenas 1,4 vezes a massa do Sol e possa contrair-se com segurança para o estágio de anã branca.

Isso pode acontecer, é claro. Mas, e se não acontecer? Os astrônomos sabem que as supernovas se libertam de grande quantidade de massa, mas não há nada no processo, ao que saibam, que afirme que uma supernova tenha de libertar-se de massa suficiente para deixar apenas um corpo abaixo do limite de Chandrasekhar.

Existe também um ponto em que o núcleo da anã branca simplesmente não / consegue sustentar a massa que o comprime.

A questão foi estudada pelo astrônomo norte-americano de origem indiana Subrahmanyan Chandrasekhar (1.910-). Em 1.931 ele conseguiu demonstrar que há uma determinada massa crítica (limite de Chandrasekhar) além da qual / uma anã branca não pode existir, uma vez que nesse ponto o fluido eletrônico não é capaz de suportar o peso, não importa o quanto esse fluido esteja comprimido. O núcleo de tal estrela haverá simplesmente de desabar.

A massa crítica, mostrou Chandrasekhar, é de 1,4 vezes a do Sol.

E se, após a explosão de supernova, o que restar de uma estrela tenha / uma massa duas vezes maior que a do Sol e essa massa de dois Sóis de contrair? O fluido eletrônico assim formado se contrairá... se contrairá... e pam! A atração da gravidade será simplesmente intensa demais para ser neutralizada pelo fluido eletrônico em sua compressão máxima.

Os elétrons serão então impelidos para dentro, atingindo densidades / em que na verdade não podem existir. Dentro do fluido eletrônico os prótons e nêutrons vinham se movimentando livremente; agora os elétrons se combinarão com os prótons para formar nêutrons adicionais. Os elétrons e os prótons acham-se presentes em qualquer pedaço de matéria, seja ele um fragmento de poeira ou uma estrela, em quantidades aproximadamente iguais, de modo que o resultado da união será que, na prática, a estrela em contração consistirá apenas de nêutrons.

Esses nêutrons serão impelidos pela contração gravitacional até ficarem praticamente em contato. Então, e apenas então, essa contração se interromperá. A força nuclear, que governa a interação das partículas com massa, impede os nêutrons de se aproximarem mais. Não se trata agora de força gravitacional equilibrada pela força eletromagnética, como acontece nos planetas, nas estrelas comuns e até nas anãs brancas. Trata-se da força gravitacional equilibrada pela força nuclear, que é muito mais forte do que a eletromagnética.

Uma estrela composta de nêutrons em contato denomina-se estrela de nêutrons. Ela é constituída de um fluido neutrônico que às vezes é chamado / neutrônio. Em certo sentido, um núcleo atômico é composto de neutrônio e, inversamente, uma estrela de nêutrons é como um gigantesco núcleo. O neutrônio é inacreditavelmente denso; atinge um pico de algo como 1.000.000.000.000.000 (ou 10^{15}) vezes a densidade da matéria comum.

Se uma esfera de matéria comum fosse convertida numa esfera de neutrônio, seu diâmetro se reduziria a 1/100.000 do original, sem perda de massa. Assim, se a Terra fosse subitamente convertida em neutrônio, seu diâmetro, que é de 12.740 km, se reduziria a 0,127 km (127 metros). Uma esfera com / diâmetro igual a um quarteirão e meio conteria toda a massa da Terra. Da mesma forma, se o Sol, cujo diâmetro é de 1.400.000 km, fosse convertido / em neutrônio, passaria a ser uma esfera com 14 km de diâmetro. Teria o volume de um pequeno asteróide, mas conteria toda a massa do Sol.

Convém notar que o diâmetro de uma estrela de nêutrons é 100.000 vezes menor do que a mesma estrela quando era normal; e que o diâmetro do núcleo do átomo também é 100.000 vezes menor que o diâmetro do átomo. Disso concluímos que a estrela de nêutrons nada mais é do que a massa (matéria), comprimida, tendo eliminado os espaços vazios, ou pelo menos quase que totalmente sem espaços vazios.

Como se pode provar que existem estrelas de nêutrons? Seria razoável supor que um objeto com 8 a 15 km de diâmetro e, seguramente, a anos-luz de distância, pudesse ser visto?

Mesmo que uma estrela de nêutrons tivesse o mesmo brilho intenso da estrela mais brilhante, sua superfície reduzidíssima emitiria somente um lampejo fosco. Mesmo que o maior e mais bem construído telescópio fosse assentado em sua direção, ela apareceria, na melhor das hipóteses, como uma estrela muito, muitíssimo pálida. Como seria possível a uma pessoa dizer que se tratava de uma estrela de nêutrons que se encontrava perto o bastante para ser detectada, ao invés de uma estrela comum, que só parecia pálida por se encontrar extremamente distante?

Então, por que nos preocuparmos com as estrelas de nêutrons?

Enquanto a única maneira importante pela qual os astrônomos podiam estudar o céu era observando a luz emitida pelos objetos, era inútil pensar nas estrelas de nêutrons. Contudo, com o avanço do século XX, os astrônomos se tornaram cada vez mais conscientes de radiações cósmicas, diferentes da luz e, por fim, o problema de se detectar uma estrela de nêutrons acabou não / parecendo tão impossível assim.

Em 1.963, sob a orientação do astrônomo americano Herbert Friedman (1916), realizaram-se investigações além da atmosfera para detecção de raios X provenientes da Lua. Esses raios X não foram detectados, mas, surpreendentemente, detectaram-se outros, vindos de outras direções. Desde então foram lançados alguns satélites com o objetivo precípuo de mapear o céu em busca de fontes de raios X, sendo localizadas centenas delas.

Isso deu ao universo um aspecto inteiramente novo. Uma fonte de raios X que pode ser detectada a distância das estrelas e, até mesmo, em muitos casos, a distância das outras galáxias, só pode assinalar acontecimentos muito invulgares.

Para começar, a existência de tais fontes de raios X deu origem a esperanças de que se pudesse detectar estrelas de nêutrons. Quando uma estrela de nêutrons se forma, ela é, por assim dizer, como o âmago exposto de uma estrela e possui, em sua superfície, a temperatura de um interior estelar. Cálculos teóricos fazem crer que a superfície de uma estrela de nêutrons / fulgiria a uma temperatura de 10.000.000°C.

Uma estrela de nêutrons com superfície tão quente emitiria radiação principalmente na região dos raios X. Consequentemente, imaginou-se se algumas fontes de raios X no espaço não poderiam originar-se de estrelas de nêutrons.

Essa não era a única possibilidade, é claro. Os raios X poderiam originar-se dos gases quentíssimos expulsos pelas supernovas, por exemplo, da mesma forma como se originam da coroa solar.

Essas duas possibilidades poderiam ser distinguidas da seguinte maneira: uma estrela de nêutrons seria um ponto diminuto no céu, ao passo que uma região de gases representaria claramente uma mancha. Muito dependeria, pois, de os raios X parecerem provir de um único ponto ou de uma área mais ampla.

Uma das primeiras áreas suspeitas foi a nebulosa do Caranguejo. Essa nebulosa constitui os remanescentes de uma tremenda supernova, e poderia haver uma estrela de nêutrons em algum ponto, no meio de todos aqueles gases. E, naturalmente, os gases estão ali, e eles se acham evidentemente num turbilhão energético. Os raios X poderiam vir de uma estrela de nêutrons, se / houvesse uma ali, ou dos gases, ou de ambos.

Em 1.964 sabia-se que a Lua haveria de passar em frente da nebulosa do Caranguejo e, à medida que ela avançasse, bloquearia a emissão de raios X. Se esses raios estivessem vindo apenas da estrela de nêutrons, continuariam a chegar com plena intensidade, enquanto a Lua avançasse, e de repente cairiam a zero. Se os raios X estivessem vindo do gás, diminuiriam aos poucos, de início, depois sofreriam uma queda repentina, e depois continuariam a diminuir regularmente, como no início.

No momento apropriado, foi lançado um foguete para medir a intensidade / dos raios X provenientes da nebulosa do Caranguejo, e os valores caíram gradualmente, enquanto a Lua avançava. Os raios X pareciam provir do gás turbulento e, com isso, desvaneceram-se as esperanças de detecção de uma estrela de nêutrons.

Pulsares.

Enquanto isso, entretanto, os astrônomos haviam começado a trabalhar com microondas, e a ciência da radioastronomia havia se transformado rapidamente, ganhando alta complexidade e eficiência. Os astrônomos aprenderam a utilizar complexos sistemas de dispositivos detectores (radiotelescópios) de maneira a poder localizar fontes de microondas com grande precisão e descrever suas propriedades com muitos detalhes.

No começo da década de 1.960, os radioastrônomos perceberam que algumas fontes de microondas mudam de intensidade com bastante rapidez, como se estivessem cintilando. Começaram a projetar radiotelescópios adaptados especialmente para captar as rápidas mudanças. Um desses radiotelescópios foi / foi projetado no observatório da Universidade de Cambridge, por Anthony Hewish (1.924-) e compunha-se de 2.048 dispositivos de recepção separados, espalhados por uma área de 18.000 m².

Em julho de 1.967 o novo radiotelescópio começou a sondar os céus, e daí a um mês uma jovem estudante, Jocelyn Bell, estava recebendo jorros de microondas provenientes de um ponto entre as estrelas Vega e Altair. A princípio ela pensou que se tratasse de interferência no radiotelescópio, devido a aparelhos elétricos nas vizinhanças.

Entretanto, descobriu que as fontes das emissões de microondas se moviam regularmente, noite após noite, acompanhando as estrelas. Alguma coisa / fora da Terra tinha de ser responsável por elas, e Jocelyn transmitiu os resultados a Hewish.

Em fins de novembro o fenômeno podia ser estudado em detalhes. Hewish havia esperado flutuação rápida, mas não tão rápida. Cada emissão de microondas durava apenas $1/20$ de segundo, e as emissões ocorriam a intervalos de $1\ 1/3$ segundos. Na verdade, ocorriam com extraordinária regularidade----a cada $1,33730109$ segundos.

O novo instrumento captava essas emissões de microondas com facilidade, pois cada uma das emissões tinha energia suficiente para ser detectada sem problemas. Contudo, os radiotelescópios comuns não haviam sido projetados para captar essas emissões curtíssimas; haviam detectado apenas 7 uma intensidade de microondas média, inclusive o período morto entre as emissões. Essa média é apenas 3,7% das máximas das emissões, e isso tinha passado despercebido.

A pergunta que se fazia era: o que representava esse fenômeno? Como a fonte de microondas parecia ser um simples ponto no espaço, Hewish pensou que ela poderia representar algum tipo de estrela. Como as microondas emergiam em pulsos curtos, ele pensou nessa estrela como uma espécie de estrela pulsante. A expressão foi abreviada quase imediatamente para pulsar, e foi assim que o novo objeto passou a ser conhecido.

Hewish procurou outros objetos desse tipo entre os longos registros de suas observações anteriores, com seus instrumentos, e encontrou mais três pulsares. Conferiu os registros e a 9 de fevereiro de 1.968 anunciou sua descoberta ao mundo.

Outros astrônomos começaram a pesquisar avidamente, e mais pulsares foram rapidamente descobertos. Em 1.975 já se conheciam 100 pulsares, e é possível que haja até 100.000 delas em nossa galáxia.

Dois terços dos pulsares descobertos situam-se nas direções em que as estrelas de nossa galáxia estão mais concentradas. Isso constitui bom sinal de que, de modo geral, os pulsares pertencem à nossa própria galáxia. (Não há motivos para se supor que não existam em outras galáxias, também, mas às grandes distâncias em que estão as outras galáxias provavelmente / são fracos demais para serem detectados.) O mais próximo pulsar conhecido pode estar a pouca distância de nós---mais ou menos 300 anos-luz.

Todos os pulsares caracterizam-se por uma extrema regularidade de pulsação, mas é claro que o período exato varia de um para outro. O período mais longo de um pulsar é de $3,75491$ segundos.

O pulsar com menor período até hoje conhecido foi descoberto em outubro de 1.968 por astrônomos de Green Bank, no estado norte-americano de / Virginia Ocidental. Ele se localiza na nebulosa do Caranguejo (estabelecendo o primeiro vínculo claro entre pulsares e supernovas) e foi possível constatar que apresenta um período de $0,033099$ segundo. Pulsa 30 vezes por segundo, ou 113 vezes mais depressa que o pulsar com o maior período conhecido.

Mas o que é capaz de produzir tais emissões curtas de maneira tão fantásticamente regular?

Tão atônitos ficaram Hewish e seus colaboradores diante dos primeiros pulsares que imaginaram se não seria possível que fossem sinais enviados / por formas inteligentes de vida no espaço. Na verdade, entre eles, referiam-se à questão, antes que a palavra pulsar passasse a ser usada, como LGM----iniciais de little green men (homenzinhos verdes).-

Entretanto, essa idéia não durou muito. Para produzir os pulsos, seria necessário 10 bilhões de vezes a quantidade total de energia que a humanidade fosse capaz de gerar. Não parecia provável que tamanha quantidade de energia fosse esbanjada apenas para enviar sinais regularíssimos que praticamente não transmitiam nenhuma informação. Além disso, à medida que / mais e mais pulsares eram descobertos, pareceu improvável que tantas formas diferentes de vida estivessem enviando sinais para nós. A teoria foi rapidamente abandonada.

Entretanto, alguma coisa os estava produzindo; algum corpo astronômico devia estar passando por uma mudança periódica regular-----uma revolução em torno de algum outro corpo, uma rotação em volta de seu próprio eixo, uma pulsação-----a intervalos suficientemente rápidos para gerar os pulsos.

Forçar mudanças tão rápidas com a liberação de tanta energia exigiria um campo gravitacional de intensidade descomunal. Os astrônomos só conheciam uma coisa que atendia a essas condições, e instantaneamente pensaram nas anãs brancas.

Os teóricos meteram mãos à obra incontinentemente, mas por mais que se esforçassem não parecia haver nenhum meio de conceber uma anã branca circundando outra, girando em seu eixo ou pulsando, com um período suficientemente curto para explicar os pulsares. Poderiam existir anãs brancas pequenas e com intenso campo gravitacional, mas não podiam ser bastante pequenas nem ter campos gravitacionais suficientemente intensos para a tarefa. As anãs brancas literalmente se esfacelariam se comesçassem a orbitar, girar ou pulsar em períodos inferiores a 4 segundos.

Era necessária alguma coisa menor e mais denso que uma anã branca, e o astrônomo Thomas Gold(1.920-) sugeriu que os pulsares deveriam ser as estrelas de nêutrons que Oppenheimer havia previsto teoricamente. Gold observou que uma estrela de nêutrons é suficientemente pequena e densa para poder girar em torno de seu eixo em quatro segundos ou menos.

Além disso, uma estrela de nêutrons teria um campo magnético, da mesma forma que uma estrela comum, mas esse campo magnético estaria comprimido e concentrado, como a matéria da estrela de nêutrons. Por esse motivo, o campo magnético de uma estrela de nêutrons é imensamente mais intenso que o de uma estrela comum. Ao girar em torno de seu eixo uma estrela de nêutrons emite elétrons, mas esses elétrons são detidos por seu campo magnético e só são capazes de escapar nos pólos magnéticos, localizados nos lados opostos da estrela.

Não há nada que obrigue os pólos magnéticos a coincidirem com os pólos rotacionais. (No caso da Terra, por exemplo, não coincidem.) Cada pólo magnético poderia circundar o pólo rotacional em segundos ou numa fração de segundo, e espalhar elétrons ao fazê-lo (da mesma forma que um espingador giratório de água esguicha água). Ao serem disparados, os elétrons descrevem uma curva, em resposta ao campo magnético e ao campo gravitacional da estrela de nêutrons. Perdendo energia, não podem escapar inteiramente, mas a energia que perdem toma a forma de microondas.

Assim, toda estrela de nêutrons esguicha dois jorros de microondas dos lados opostos de seu pequeno globo. Se uma estrela de nêutrons, ao girar, por acaso emite um desses jatos de elétrons diante de nossa linha de visão, a Terra receberá um brevíssimo pulso de microondas em cada rotação. Alguns astrônomos calculam que apenas uma em cem estrelas de nêutrons envia fortuitamente microondas em nossa direção, de modo que das possíveis 100.000 delas que existirão em nossa galáxia, é de se crer que jamais consigamos detectar mais de mil.

Em prosseguimento, Gold observou que, a estar correta sua teoria, a estrela de nêutrons está perdendo energia pelos pólos magnéticos e sua velocidade de rotação deve estar diminuindo. Isso significa que quanto mais rápido for o período de um pulsar mais jovem, provavelmente, ele será e mais rapidamente estará perdendo energia e desacelerando seu movimento.

O mais rápido pulsar conhecido e que possui os pulsos mais energéticos é o da nebulosa do Caranguejo, e é bem possível que seja o mais jovem que já observamos até agora, já que a explosão de supernova que provocou o surgimento dessa estrela de nêutrons ocorreu há apenas 900 anos. No exato momento de sua formação, o pulsar da nebulosa do Caranguejo poderia estar girando em volta de seu eixo 1.000 vezes por segundo, mas com isso teria perdido energia rapidamente; nos primeiros 900 anos de sua existência mais de 97% de sua energia se perdeu, até atingir sua velocidade atual, de apenas 30 giros por segundo. E deve estar diminuindo sua velocidade ainda mais, embora cada vez mais lentamente.

Por isso estudou-se cuidadosamente o período do pulsar da nebulosa / do Caranguejo e verificou-se que ele estava se retardando, exatamente - como previsto por Gold. O período está aumentando em 36,48 bilionésimos de segundo a cada dia, e a esse ritmo ele duplicará em 1.200 anos. O mesmo fenômeno foi descoberto em outros pulsares, cujos períodos são mais / longos que o da nebulosa do Caranguejo e cujo ritmo de retardamento também é mais lento. O primeiro pulsar descoberto, hoje denominado CP1919, tem um período 40 vezes mais longo que o da nebulosa do Caranguejo e está se retardando a um ritmo que só duplicará seu período daqui a 16 milhões de anos. Ao diminuir o período de um pulsar, seus pulsos tornam-se menos enérgicos. Quando o período vai além de 4 segundos, o pulsar torna-se fraco demais para ser detectado. Contudo, é possível que os pulsares durem, como objetos detectáveis, dezenas de milhões de anos.

Como resultado desses estudos do retardamento dos pulsos, os astrônomos acham-se bastante convencidos de que os pulsares são estrelas de nêutrons.

Às vezes um pulsar acelera de repente seu período, muito ligeiramente, para depois retomar a tendência ao retardamento. Isso foi descoberto em fevereiro de 1.969, quando o período do pulsar Vela X-1 (detectado entre os destroços da supernova que explodiu há 15.000 anos) alterou-se repentinamente. Essa súbita modificação foi denominada glitch, uma palavra / iídiche que significa "escorregão", e por isso o termo entrou para o vocabulário científico.

Suspeitam alguns astrônomos que os glitches possam ser resultado de - um starquake, uma modificação da distribuição da massa dentro da estrela de nêutrons que levaria seu diâmetro a reduzir-se em um centímetro ou / menos. Ou talvez fosse resultado do choque de um meteoro de grande dimensão com a estrela de nêutrons, com o que ele adicionaria seu próprio momento ao da estrela.

Não há, naturalmente, nenhum motivo para que os elétrons que emergem de uma estrela de nêutrons só percam energia como microondas; elas deveriam produzir ondas em toda a extensão do espectro. Deveriam, por exemplo, emitir também raios X, e com efeito a estrela de nêutrons da nebulosa do Caranguejo os emite. Cerca de 10 a 15% de todos os raios X que a nebulosa do Caranguejo produz provêm de sua estrela de nêutrons; são os outros 85% ou mais que vêm dos gases em turbulência que obscureceram esse fato e desalentaram os astrônomos que procuraram ali uma estrela de / nêutrons em 1.964.

Uma estrela de nêutrons deveria também produzir emissão de luz visível. Em janeiro de 1.969 observou-se que a luz de uma pálida estrela de 16ª grandeza na nebulosa do Caranguejo realmente pisca, acompanhando precisamente os pulsos de microondas. Os lampejos e o período entre eles / são tão breves que foi preciso equipamento especial para captá-los; sob observação comum, a estrela parece ter luz constante. A estrela de nêutrons da nebulosa do Caranguejo foi o primeiro pulsar óptico a ser descoberto, a primeira estrela de nêutrons visível-----e até agora é a única.

Propriedades das estrelas de nêutrons.

Os astrônomos têm procurado detalhar a composição das estrelas de - nêutrons. Na superfície, é possível que haja uma fina camada de matéria normal, principalmente ferro, e até mesmo uma atmosfera de ferro gasoso, talvez com meio centímetro de espessura. Há também partículas carregadas, como elétrons e núcleos atômicos, presos ao superintenso campo magnético da estrela. Essas partículas, sobretudo os elétrons, são aquelas emitidas pelos pólos magnéticos e que produzem os pulsos de radiação detectados na Terra.

Abaixo desse invólucro externo de matéria normal acham-se núcleos de ferro muito compactos, apresentando características que considerariamos como "sólidas", muito embora essa crosta possua uma temperatura de milhões de graus.

A borda exterior dessa crosta tem uma densidade de apenas 100.000 g/cm^3 , mas essa densidade aumenta rapidamente com a profundidade.

É essa superfície sólida, com uma resistência um quatrilhão de vezes superior à do aço e com "montanhas" de talvez um centímetro de altura, que se reajusta ocasionalmente para aceitar uma forma mais compacta, produzindo os glitches, que diminuem ligeiramente o período de rotação.

Abaixo da crosta, ao aumentar a densidade, os núcleos atômicos não conseguem manter sua integridade e o material transforma-se numa massa de nêutrons. Nas proximidades do centro pode haver um mar de partículas com massa ainda menor, denominadas híperons. (Os híperons podem ser produzidos em laboratório, mas nas condições terrestres eles se decompõem em menos de um bilionésimo de segundo.)

A descoberta dos pulsars em 1.968, abriu um novo caminho para o estabelecimento dum modelo para uma estrela de nêutrons. Um pulsar, como o observado no centro da nebulosa do Caranguejo, é um objeto cósmico que em intervalos de tempos regulares emite energia. Hoje identificamos um pulsar como sendo uma estrela de nêutrons girante. Usando os dados observacionais do pulsar podemos estimar a massa e o momento de inércia da estrela de nêutrons. Outras grandezas, como o campo magnético que envolve a estrela, podem também ser deduzidas, o que nos ajuda a formar uma imagem da estrela. Um esquema atualmente aceito para uma estrela de nêutrons pode ser visto na figura (1), esquema esse que fornece um bom acordo com os dados observacionais.

A atmosfera da estrela, que é a primeira região vista na figura, é formada por um plasma de elétrons e núcleos ionizados principalmente núcleos de ferro por serem estes os mais estáveis. A densidade desse plasma é inferior a 10^4 g/cm^3 e sua equação de estado é razoavelmente bem conhecida. Essa região é denominada de "magnetosfera" devido à provável presença de um campo magnético muito intenso, da ordem de 10^{12} gauss. Entretanto, convém notar que não há evidências diretas de que esse campo realmente exista. A espessura da magnetosfera é uma fração desprezível do raio da estrela.

Na segunda região, existem densidades que vão de 10^4 até $4 \times 10^{11} \text{ g/cm}^3$. Nela, os elétrons presentes estão essencialmente livres e degenerados e movem-se com velocidades comparáveis à da luz no vácuo. Os núcleos presentes tendem a formar uma estrutura cristalina, predominantemente de Fe^{56} , o que é evidenciado por meio de algumas irregularidades observadas nos pulsos recebidos. O comportamento da matéria nessa região está ainda sob o controle das fórmulas da física nuclear tradicional de baixas energias. A característica principal dessa região é que, contrariamente ao que se passa na magnetosfera onde o nêutron decai em próton, elétron e neutrino, aqui o processo inverso começa a surgir: próton + elétron \rightarrow nêutron + neutrino. Do ponto de vista da determinação da pressão total e, portanto, da massa da estrela, a existência ou não dessa crosta sólida é de pouca importância, pois a energia de cada núcleo é pequena.

A medida que nos aprofundamos no interior da estrela, chegamos a densidades que vão de 4×10^{11} até $2 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$, para as quais os núcleos presentes vão se tornando cada vez mais ricos em nêutrons. Esse ponto marca o começo da chamada nêutronização, processo já citado anteriormente. Temos um aumento considerável da concentração de nêutrons livres e, conseqüentemente, o sistema recebe o nome de estrela de nêutrons. É a terceira região marcada na figura. A física dessa região é satisfatoriamente conhecida.

A quarta região, com densidade entre 2×10^{14} e $5 \times 10^{15} \text{ g/cm}^3$ é chamada de líquida na figura. Ela é formada essencialmente de nêutrons, com uma concentração muito pequena de prótons, elétrons e híperons ($\Sigma e \Lambda$). A equação de estado dessa região é, numa aproximação muito boa, a de um fluido puro de nêutrons. Uma propriedade interessante dessa região líquida deve ser a ocorrência de superfluidez, ou seja, o fluido não deve apresentar viscosidade. Essa propriedade não altera a equação de um estado, mas afeta a dinâmica de rotação da estrela, causando uma diferença nos pulsos energéticos emitidos.

Finalmente, chegamos à quinta região da figura, que é o caroço da estrela de nêutrons, onde ρ assume valores entre 10^{15} e 10^{16} g/cm^3 .

Trata-se da região onde a física é mais incerta pois, nas condições nela encontradas, segundo H.A. Bethe, pode haver solidificação da matéria neutrônica. Sobre este ponto, no entanto, não existe concordância até o presente momento (1.977), entre os físicos teóricos. Alguns mostraram que a solidificação ocorre para densidades maiores que $1,5 \times 10^{15} \text{ g/cm}^3$. Outros, considerando densidades tão altas como $5 \times 10^{15} \text{ g/cm}^3$, verificaram que não há formação de sólido. Os cálculos desses físicos teóricos exibem um alto grau de sofisticação na manipulação de técnicas de muitos corpos. Nesses estudos lançam mão dos mais recentes resultados experimentais obtidos em grandes aceleradores de partículas para obter os melhores valores da energia de interação entre os nêutrons.

Em nossa opinião, o problema da solidificação ainda permanece em aberto. Entretanto, as equações de estado sugeridas até o momento parecem concordar num ponto. Quando utilizadas na obtenção da condição de equilíbrio hidrostático prevêem que a massa máxima que uma estrela de nêutrons pode ter é da ordem de duas massas solares, com uma diferença de mais ou menos 10%.

Devemos lembrar que, do ponto de vista mais rigoroso, estas equações de estado não levam em conta efeitos relativísticos oriundos das altas velocidades adquiridas pelos nêutrons quando confinados aos pontos da rede sólida. Isso acarreta a possibilidade de se ter, para densidades maiores que 10^{16} g/cm^3 , a velocidade de propagação do som no sólido superando a própria velocidade da luz. Esse fato implicaria na quebra na causalidade das leis físicas. Os presentes autores mostraram num trabalho recente que esses efeitos podem ser eliminados pelo uso devido de um formalismo totalmente relativístico. Notemos que para densidades da ordem de 10^{16} g/cm^3 a pressão devida aos nêutrons degenerados é da ordem de 10^{30} atmosferas.

Concluimos, portanto, do estudo das propriedades das estrelas de nêutrons que, à medida que nos aprofundamos nas teorias dos objetos cósmicos, é intensificada a correlação entre dados microscópicos e macroscópicos. É o modo fascinante de vermos as hipóteses atômicas e de partículas virem em socorro aos dados astronômicos, fundindo conceitos tão antagônicos como o do infinitamente pequeno com o do infinitamente grande.

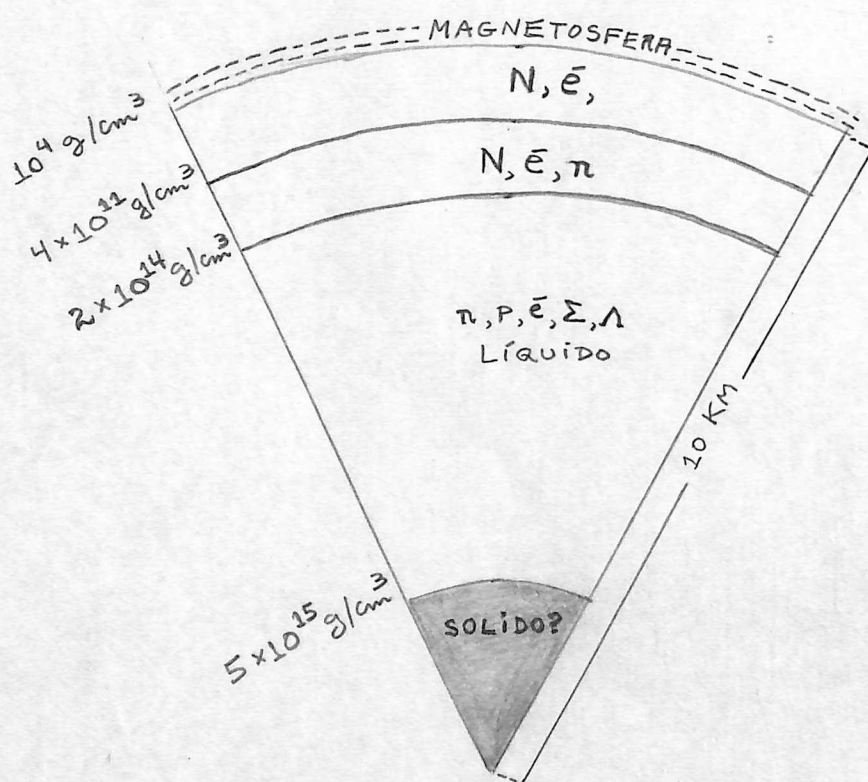


FIGURA 1

As regiões de uma estrela de nêutrons, vistas em corte. Utilizamos os símbolos N para núcleos, e para elétrons, n para nêutrons, p para prótons e Σ e Λ para os hyperons.

Uma propriedade importante da estrela de nêutrons é sua massa. Em 1.975 foi determinada, pela primeira vez, a massa de uma estrela de nêutrons; o objeto em questão, Vela X-1, tem uma massa de 1,5 vezes a do Sol. A descoberta foi interessante, pois a massa estava ligeiramente acima do limite de Chandrasekhar. Nenhuma anã branca poderia ter massa tão grande (embora devamos lembrar que estrelas de nêutrons com massas consideravelmente abaixo do limite de Chandrasekhar / - também são possíveis, em teoria).

A massa de Vela X-1 pôde ser determinada porque essa estrela de nêutrons é parte de um binário. Sua companheira é uma estrela da sequência principal, com 30 vezes a massa do Sol. Indubitavelmente os membros de um binário, se tiverem massa suficiente, podem trocar matéria mutuamente quando da expansão de cada um deles, formando por fim um par de estrelas de nêutrons, da mesma forma que binários de maior massa podem, / dessa maneira, produzir um par de anãs brancas.

Vela X-1 deve ter sido, originalmente, a estrela mais brilhante do par, e há 15.000 anos, quando tornou-se uma supernova, sua companheira pode ter capturado até um milésimo da matéria expulsa pela explosão, aumentando consideravelmente em massa e brilho; com isso, naturalmente, / encurtou sua própria vida na sequência principal. Dentro de um milhão de anos ou menos a companheira de Vela X-1 também explodirá como uma supernova, e poderá haver então duas estrelas de nêutrons girando em torno de um centro de gravidade comum. O fato de uma estrela de nêutrons / poder fazer parte de um binário, como Vela X-1, mostra que quando uma estrela de um par se transforma em supernova, a outra pode sobreviver.

A troca de matéria entre uma estrela e outra, quando primeiro uma e depois a outra se expandem, resulta na conversão de energia gravitacional em radiação, sobretudo quando está envolvida uma anã branca ou uma estrela de nêutrons, com um campo gravitacional muito intenso. Até 40% da massa de matéria podem ser transformados em energia dessa maneira --- mais de 100 vezes a quantidade de massa que pode ser convertida em energia por meio da fusão nuclear. Isso é outro ponto que ajuda a explicar o brilho das novas e das supernovas.

Consideremos agora algumas das propriedades gravitacionais de uma estrela de nêutrons, tomando como espécime médio uma que possua exatamente a mesma massa do Sol, mas o diâmetro 100.000 vezes menor. Para atender a essas especificações, tal estrela deverá ter um diâmetro de 14 km e uma densidade média de 1.400.000.000.000.000 g/cm³.

Se examinarmos primeiramente o Sol, sua gravidade superficial é igual a 28 vezes a da Terra. Assim, uma pessoa que pese 70 kg na Terra pesaria quase 2.000 kg na superfície do Sol (supondo-se que o Sol tenha uma superfície no sentido terrestre e que uma pessoa pudesse sobreviver à experiência).

Ora, se imaginarmos um corpo com uma dada massa sendo comprimido cada vez mais, qualquer objeto em sua superfície torna-se cada vez mais próximo do centro. De acordo com a lei de gravitação de Newton, a gravidade / superficial (supondo-se que a massa não mude) se altera segundo a razão inversa do quadrado do diâmetro. Obs.: (Com razão inversa queremos dizer que a gravidade superficial e o diâmetro mudam em direções opostas. Se o diâmetro diminui, a gravidade superficial aumenta; se o diâmetro aumenta, a gravidade superficial diminui.) Assim, ao comprimirmos uma estrela, de modo que ela passe a ter apenas metade de seu diâmetro original, a gravidade superficial será de 2 X 2, ou 4 vezes a original. Se ela for comprimida a um sexto do diâmetro original, então a gravidade superficial será de 6 X 6 ou 36 vezes a original, e assim por diante.

Sirius B, que tem um diâmetro equivalente a 1/30 do diâmetro do Sol e uma massa aproximadamente igual à dele, deve ter uma gravidade superficial de 30 X 30, ou 900 vezes a do Sol. Nossa hipotética pessoa de 70 kg, capaz de sobreviver à experiência, pesaria na superfície de Sirius B 1.800.000 kg.

Uma estrela de nêutrons com a massa do Sol e um diâmetro de 14 km / (1/100.000 do Sol) deve ter uma gravidade superficial de 100.000 X 100.000, ou 10.000.000.000 de vezes a do Sol. Nossa pessoa de 70 kg pesaria 20 trilhões de quilos.

E os períodos de rotação?

A Terra, com uma circunferência de 40.000 km, gira em torno de seu eixo em um dia. Isso significa que um ponto no equador, que descreve num dia de rotação um círculo maior do que qualquer outro ponto fora do equador, está se movendo em torno do eixo da Terra a uma velocidade constante de aproximadamente 0,5 km por segundo. Essa velocidade diminui uniformemente ao nos afastarmos do equador, para o norte ou para o sul, até chegar a zero nos pólos.

Uma velocidade rotacional acarreta um efeito centrífugo que tende a neutralizar a atração da gravidade. Esse efeito centrífugo aumenta com a velocidade de rotação, de modo que é nulo nos pólos e aumenta progressivamente até chegar ao máximo no equador. O efeito centrífugo tende a arrastar material para longe do eixo, sendo mais forte no equador, de modo que podemos dizer que a Terra tem uma protuberância equatorial. Não é muito grande; o diâmetro equatorial (a distância que vai de qualquer ponto do equador ao ponto oposto, passando pelo centro da Terra) é 43 km maior do que o diâmetro polar (de pólo a pólo). O diâmetro equatorial da Terra é, grosso modo, 1/300 mais longo que o diâmetro polar, e essa é uma medida do achatamento da Terra.

Por outro lado, Júpiter, o maior planeta do sistema solar, tem uma circunferência equatorial de 449.000 km e gira em torno de si mesmo em 9,85 horas. Por conseguinte, um ponto situado no equador jupiteriano / move-se a uma velocidade de 12,7 km/seg, quase 25 vezes mais depressa que um ponto no equador da Terra.

Apesar da maior gravidade de Júpiter, essa enorme velocidade de rotação, combinada com o fato de que a substância de Júpiter compõe-se / de elementos mais leves, muito menos comprimidos que os da substância da Terra, tem como resultado um maior achatamento de Júpiter. O diâmetro equatorial de Júpiter é 8.700 km mais longo que seu diâmetro polar; seu achatamento é de 1/16. (Saturno é um pouco menor que Júpiter e não gira tão depressa, mas seu campo gravitacional também é menor e Saturno é ainda mais achatado que Júpiter).

Para comparar: o Sol tem uma circunferência de 4.363.000 km e gira em torno de seu eixo em 25,04 dias. Portanto, um ponto em seu equador move-se com uma velocidade de cerca de 2 km/seg----quatro vezes maior que a velocidade de um ponto no equador terrestre, mas apenas 1/6 da / velocidade de um ponto no equador jupiteriano. A combinação de velocidade de rotação relativamente baixa e imensa gravidade superficial é / tal que, no caso do Sol, nenhum achatamento pode ser medido. Até onde podemos dizer, o Sol é uma esfera perfeita.

Não sabemos qual seja o período de rotação de Sirius B, nem o de nenhuma outra anã branca, mas sabemos que uma estrela de nêutrons típica gira em torno de seu próprio eixo em cerca de 1 segundo, a julgar pelo período de pulsação dos pulsares. Se nossa estrela de nêutrons de 14 - km de diâmetro gira em torno de si mesma em 1 segundo, então um ponto em seu equador estará se movendo a uma velocidade de aproximadamente / 44 km/seg.

Essa velocidade é 3,5 vezes maior que a de um ponto no equador de Júpiter, 21,8 vezes maior que a de um ponto no equador do Sol e 95 vezes maior que a de um ponto no equador da Terra. Não obstante, considerando-se o intensíssimo campo gravitacional de uma estrela de nêutrons, podemos ter certeza absoluta de que sua velocidade de rotação, por / grande que pudesse ser pelos padrões do sistema solar, simplesmente - / não é, nem de longe, capaz de erguer qualquer quantidade de material contra a gravidade, através de um efeito centrífugo. Apesar de tudo, a estrela de nêutrons tem de ser uma esfera perfeita. Podemos ter quase a mesma certeza de que uma anã branca deve ser também uma esfera perfeita.

Se não é provável que a força centrífuga seja capaz de erguer a / substância das anãs brancas e das estrelas de nêutrons a uma distância mensurável, vencendo a gravidade, podemos imaginar que a velocidade de escape de tais objetos deve ser altíssima.

A velocidade de escape varia na razão inversa da raiz quadrada do / diâmetro (pressupondo-se nenhuma mudança na massa).

Assim, se reduzirmos uma estrela a $1/36$ de seu diâmetro original, a velocidade de escape aumenta seis vezes (uma vez que 6 é a raiz quadrada de 36).

Com base nisso, vemos que Sirius B, com uma massa igual à do Sol e um diâmetro 30 vezes menor, deve ter uma velocidade de escape 5,5 vezes maior que a do Sol. Como a velocidade de escape do Sol é de 617 km/seg., a da superfície de Sirius B será de 3.400 km/seg.

Por outro lado, nossa estrela de nêutrons, com uma massa igual à do Sol mas um diâmetro igual a apenas $1/100.000$ do solar, terá uma velocidade de escape maior que a do Sol por um fator igual à raiz quadrada de 100.000, ou 316. Será igual a 617×316 , ou cerca de 200.000 km/seg.

Esses números referentes à velocidade de escape são particularmente importantes para nós porque representam outro marco no caminho para o buraco negro. Por isso, vamos apresentá-los em forma tabular.

Velocidades de escape.

<u>Objeto</u>	<u>Km/seg.</u>	<u>Velocidade de escape</u> <u>Fração da velocidade da luz</u>
Terra.....	11,2.....	0,0000373
Júpiter.....	60,5.....	0,00020
Sol.....	617.....	0,0020
Sirius B.....	3.400.....	0,011
Estrela de Nêutrons...	200.000.....	0,67

Para os objetos de matéria ordinária, as velocidades de escape são frações diminutas da velocidade da luz. Mesmo para o Sol a velocidade de escape equivale a apenas $1/500$ da velocidade da luz. No caso da anã branca, a velocidade de escape é de $1/100$ da velocidade da luz, e a própria luz perde uma quantidade mensurável de energia ao deixar o corpo. Foi por intermédio dessa perda de energia e por causa do consequente pequeno desvio para o vermelho na luz de Sirius B que Adams pôde verificar sua natureza densa.

Uma estrela de nêutrons terá provavelmente uma velocidade de escape igual a $2/3$ da velocidade da luz, e o desvio de Einstein seria muito maior. Podemos receber raios X de uma estrela de nêutrons, mas se não fosse o intenso efeito gravitacional da estrela os raios X que recebemos teriam ondas muito mais curtas do que realmente têm. E quanto à radiação de ondas longas que recebemos-----as ondas de luz visível e as microondas, muito mas longas----grande parte dela não existiria se não fossem os efeitos alongadores de onda do campo gravitacional / da estrela de nêutrons.

Efeitos de maré.

Existe um outro efeito gravitacional que podemos desprezar na superfície da Terra, mas que adquire importância primordial nas vizinhanças de uma estrela de nêutrons. É o efeito de maré.

A intensidade da atração gravitacional entre dois objetos de massa dada depende da distância entre seus centros. Por exemplo, quando estamos em pé na superfície da Terra, a intensidade da atração gravitacional da Terra sobre nós depende de nossa distância até o centro da Terra.

Contudo, nem todo o corpo da pessoa se acha a mesma distância do centro da Terra; os pés estão quase dois metros mais perto do centro da Terra do que a cabeça. Isso significa que os pés são mais atraídos para a Terra do que a cabeça, pois a atração gravitacional aumenta com a distância. Essa diferença na atração gravitacional entre duas extremidades de um objeto é o efeito de maré.

Em circunstâncias normais, os efeitos de maré não são pronunciados. Imaginemos uma pessoa corpulenta, com 2 metros de altura e 90 kg de peso. Se ela estiver de pé no nível do mar, nos Estados Unidos, as pontas de seus pés estarão a aproximadamente 6.370.000 mTs do centro da Terra.

Digamos que estejam exatamente a essa distância. Nesse caso, o alto de sua cabeça estará a cerca de 6.370.002 m do centro da Terra.

A atração gravitacional no alto de sua cabeça é igual a $(6.370.000/6.370.002)^2$ vezes a atração gravitacional nas solas de seus pés. Isso / significa que a atração sobre seus pés é aproximadamente 1,0000008 vezes maior que a atração sobre sua cabeça, o que equivale a dizer que ela está numa roda de tortura, com o alto da cabeça e as solas dos pés sendo distendidas pelo peso de 0,000071 kg +------mais ou menos o equivalente a quatro gotas de água. Esse tipo de puxão é pequeno demais para ser /-sentido, e é por isso que não tomamos consciência dos efeitos de maré - produzidos pela Terra sobre nosso corpo.

O efeito de maré é maior se o objeto submetido a um campo gravitacional tiver maiores dimensões, de modo que haja uma diferença maior na força exercida sobre as duas extremidades do objeto. Ao invés de uma pessoa, escolhemos como exemplo a Lua.

A Lua tem um diâmetro de 3.475 km e seu centro acha-se a uma distância média de 384.321 km do centro da Terra. Se imaginarmos que a Lua está sempre a essa distância (na verdade há uma pequena variação para mais e para menos durante o mês, mas não é grande), então a parte de sua superfície voltada diretamente para a Terra estaria a 382.584 km do centro da Terra e a parte oposta de sua superfície estaria a 386.058 km.

Nessas circunstâncias, a atração gravitacional da Terra sobre o lado próximo da Lua seria 1,018 vezes maior que sobre o lado mais afastado.

A força total da atração gravitacional da Terra sobre a Lua (o peso que imaginariamos que ela tivesse se repousasse numa plataforma atraída para o centro da Terra e com 384.321 km de altura,) seria de 20.000.000.000.000.000.000.000 kg.

Se toda a Lua estivesse à distância de sua superfície mais próxima, / ela pesaria 800.000.000.000.000.000 kg mais do que se toda ela estivesse à distância da parte mais remota de sua superfície. Podemos então imaginar a Lua sendo esticada para perto e para longe da Terra por esse grau de atração; 800 quatrilhões de quilos não é uma atração a ser desprezada, e a Lua mostra uma pequena protuberância nessa direção. O diâmetro que / aponta para a Terra é ligeiramente maior que o diâmetro perpendicular a esse.

O efeito funciona inversamente também. A Lua exerce atração sobre a Terra, e essa atração é mais intensa sobre o lado da Terra mais próximo a ela que sobre o lado oposto. Como a Terra tem diâmetro maior que o da Lua, há uma distância mais longa, na qual a atração gravitacional pode / decrescer, o que leva a um aumento do efeito de maré. A Lua é um corpo menor que a Terra e produz uma atração gravitacional total menor, e isso leva a uma diminuição do efeito de maré.

A diminuição vence. O menor campo gravitacional da Lua é fator mais / importante que o maior diâmetro da Terra. Se o efeito gravitacional fosse preponderante, o efeito de maré exercido pela Lua sobre a Terra seria 1/81 do efeito de maré da Terra sobre a Lua. O maior diâmetro da Terra / compensa isso, e o efeito de maré da Lua sobre a Terra é igual a 1/70 do efeito de maré da Terra sobre a Lua.

A Terra é esticada na direção da Lua em grau perceptível. A sólida / esfera da Terra é esticada em cerca de 33 cm. As águas dos oceanos cedem mais facilmente e esticam-se pouco mais de 1 metro.

Por conseguinte, há uma protuberância no oceano (e uma outra, menor, na crosta sólida) no lado que dá para a Lua e outra no lado oposto da /-Terra. À medida que a Terra gira, as superfícies terrestres entram e saem da protuberância, e depois entram e tornam a sair da outra protuberância. Em resultado disso, o oceano invade um pedaço da praia e se afasta dela duas vezes por dia (de uma forma fortemente afetada pelo feitio da linha de costa e por outros fatores que podemos deixar de lado neste livro). Esse movimento oceânico bidiário é denominado maré, e por isso o / fenômeno é chamado de efeito de maré.

Os efeitos de maré de corpos como a Terra e a Lua não são realmente - muito grandes, comparados com a força gravitacional total, mas aumentam com o tempo. À medida que a Terra gira sobre as protuberâncias, a fricção da água sobre o fundo das porções mais rasas do oceano converte parte da energia rotacional em calor.

É resultado disso, a Terra está sofrendo uma lenta diminuição de sua velocidade de rotação e um lento aumento da duração de seu dia. O dia torna-se 1 segundo maior a cada 100.000 anos. Isso não parece muito, mas se esse ritmo de diminuição tiver sido constante, a Terra girava em apenas 12,7 horas quando se formou.

A Terra não pode perder momento angular (algo que envolve sua velocidade de rotação) sem que essa perda seja ganha em outro ponto do sistema Terra-Lua; no caso, a Lua ganha esse momento angular e, por causa disso, está lentamente se afastando da Terra, uma vez que esse é o resultado de ela aumentar seu momento angular.

O efeito de maré da Terra sobre a Lua retardou o movimento de rotação de nosso satélite até o ponto de fazer com que ele nos mostre a mesma face constantemente.

Tal como a gravitação como um todo, o efeito de maré muda com a distância entre dois corpos dados, mas de uma maneira um pouco diferente.

Suponhamos que a Terra e a Lua estivessem se aproximando lentamente. A atração gravitacional total aumentaria à medida que se aproximassem, variando na razão inversa do quadrado da distância. Se a Terra e a Lua estivessem na metade de sua distância atual, a atração gravitacional aumentaria 2×2 , ou 4 vezes. Se estivessem a um terço da distância atual, a atração gravitacional entre ambas aumentaria 3×3 , ou 9 vezes, e assim por diante.

O efeito de maré depende do tamanho do corpo submetido a um campo gravitacional; quanto maior o corpo, maior será o efeito de maré. Contudo, o que conta não é apenas o tamanho do corpo, porém seu tamanho comparado com a distância total até o centro da atração gravitacional.

Atualmente, o diâmetro da Lua, de 3.475 km, equivale a quase 0,009 vezes a distância entre a Terra e a Lua. Se a distância entre os dois corpos fosse dividida ao meio, o diâmetro da Lua (que continuaria a ser o mesmo) passaria a equivaler a 0,018 vezes essa distância. Em outras palavras, à medida que a distância diminuísse, o efeito de maré aumentaria proporcionalmente à diminuição, uma vez que o diâmetro da Lua representaria uma fração cada vez maior da distância total.

Temos então dois fatores que tendem a aumentar os efeitos de maré---- um deles variando na razão inversa do quadrado da distância e o outro variando na razão inversa da distância. Se dividíssemos ao meio a distância entre a Terra e a Lua, o efeito de maré aumentaria 2×2 vezes devido ao primeiro fator, e 2 vezes devido ao segundo. O aumento total seria de $2 \times 2 \times 2$, ou 8 vezes. Ora, $2 \times 2 \times 2$ é o cubo de 2, de modo que o que estamos dizendo é que o efeito de maré varia na razão inversa do cubo da distância.

Se a distância entre dois corpos triplicar, então o efeito de maré será reduzido para $1/3 \times 1/3 \times 1/3$, ou $1/27$ do que era. Inversamente, se a distância entre o corpo reduzir-se a $1/3$, o efeito de maré aumentará $3 \times 3 \times 3$, ou 27 vezes.

Se a Terra e a Lua estivessem se aproximando um do outro, portanto, o efeito de maré recíproco aumentaria constantemente e muito depressa. (Qualquer que fosse a distância, porém, o efeito de maré da Terra sobre a Lua continuaria a ser 70 vezes maior que o da Lua sobre a Terra).

Por fim, chegaria um ponto, bem antes de ser feito contato, em que o efeito retesador sobre a Lua seria tão forte que a própria estrutura do satélite se partiria. Nesse momento, a Terra, sofrendo apenas $1/70$ do efeito de maré sofrido pela Lua, ainda conseguiria manter sua integridade, muito embora as enormes marés oceânicas indubitavelmente viessem a destruir tudo na superfície continental.

Em 1.849 o matemático francês Edouard A. Roche (1.820-1.883) demonstrou que se um satélite for mantido íntegro apenas pela atração gravitacional---se for líquido, por exemplo---ele se partirá ao aproximar-se de um planeta a uma distância inferior a 2,44 vezes o raio desse planeta. Esse é o chamado limite de Roche. Se um satélite for mantido íntegro por forças eletromagnéticas, como é o caso da Lua, pode aproximar-se um pouco mais de 2,44 vezes o raio da Terra, antes que o retesamento provocado pelo efeito de maré o esmague e destrua.

O raio da Terra no equador é de 6.378,5 km, de modo que para a Terra o limite de Roche é de aproximadamente 15.500 km----apenas 1/25 da distância verdadeira até a Lua. Se um dia a Lua chegasse tão perto da Terra, seria despedaçada e suas partículas se espalhariam em órbita ao redor da Terra; a Lua se transformaria num conjunto de anéis, como os de Saturno, porém com maior massa, e não mais exerceria qualquer efeito de maré substancial sobre a Terra, uma vez que as diversas partes do anel puxariam igualmente em todas as direções.

O despedaçamento não prosseguiria indefinidamente. À medida que a Lua se desintegrasse em fragmentos menores, cada fragmento, sendo de tamanho menor, experimentaria um menor efeito de maré. Por fim, cada fragmento / seria pequeno demais para que o decrescente efeito de maré continuasse a quebrá-lo.

Chega-se a um ponto em que o efeito de maré é insuficiente para quebrar o corpo, mesmo que ele entre em contato com o corpo que o atrai. É por isso que uma nave espacial pode pousar na Lua sem se romper e nós, e todos os outros objetos sobre a superfície da Terra, podemos permanecer intatos. O efeito de maré para objetos de nosso tamanho e para o tamanho das coisas que construímos é insignificante.

Quanto mais intenso um campo gravitacional, contudo, mais intenso é o efeito de maré e mais fina se torna a pulverização dos objetos que se / desfazem ao atingir o limite de Roche.

Para examinarmos campos gravitacionais mais intensos que o da Terra, consideremos o caso do Sol, que tem uma massa 333.500 vezes maior que a da Terra e que, por conseguinte, tem um campo gravitacional 333.500 mais intenso. O maior diâmetro do Sol faz com que sua superfície esteja mais distante de seu centro que a superfície da Terra está do centro da Terra; e como a intensidade da atração gravitacional varia na razão inversa do quadrado da distância, a gravidade superficial do Sol é apenas 28 vezes maior que a da Terra.

O efeito de maré, no entanto, varia na razão inversa do cubo da distância. Como o diâmetro do Sol é 109,2 vezes maior que o da Terra, temos que dividir 333.500 (a intensidade do campo gravitacional do Sol em comparação com o da Terra) por $109,2 \times 109,2 \times 109,2$, ou 1.302.170. Dividindo 333.500 por 1.302.170, obtemos 0,256.

Segue-se, pois, que o efeito de maré exercido pelo Sol sobre os objetos em sua superfície equivale a apenas 1/4 o efeito de maré exercido pela Terra sobre objetos em sua superfície.

Suponhamos, porém, que o Sol se contraísse, sem perder nada de sua / massa. Um objeto em sua superfície estaria cada vez mais perto de seu centro, e o efeito de maré sobre ele aumentaria rapidamente.

Sirius-B tem massa igual à do Sol, mas diâmetro 30 vezes menor. O efeito de maré sobre a superfície de Sirius-B seria $30 \times 30 \times 30$ ou 27.000 vezes o exercido sobre a superfície solar, e 7.000 vezes o da superfície da Terra.

Se pudermos imaginar um ser humano (com 2 m de altura e 90 kg de peso) de pé sobre uma anã branca, sem ser afetado por sua radiação, calor ou / gravidade total, ele ainda não se sentiria muito prejudicado pelo efeito de maré, mesmo que esse efeito fosse muito maior do que na superfície da Terra. Multiplicando-se o efeito terrestre por 7.000 ainda veríamos esse ser humano ser esticado por um puxão de apenas 0,5 kg aproximadamente.

E quanto ao limite de Roche? Como o limite de Roche é de 2,44 vezes o raio do corpo que exerce a atração gravitacional, e como o cubo de 2,44 é 14,53, o efeito de maré produzido por qualquer corpo em seu limite de Roche é de 1/14,53 do efeito de maré que ele produz em sua superfície. Se o efeito de maré de Sirius-B sobre sua superfície é 7.000 vezes o da Terra em sua superfície, e se ambos os efeitos forem divididos por 14,53, a / proporção continua ainda a mesma; o efeito de maré ao limite de Roche de Sirius-B é 7.000 vezes o do limite de Roche da Terra.

Isso significa que qualquer objeto de grandes dimensões que se encontre perto demais de uma anã branca será despedaçado em fragmentos muito / mais finos do que se estiver perto demais do Sol ou da Terra.

Significa também que objetos pequenos que fossem capazes de resistir aos efeitos de maré do Sol ou da Terra, em seus limites de Roche, e permanecessem intatos, poderiam, entretanto, despedaçar-se sob a influência de uma anã branca.

Indo além, imaginemos que um objeto com a massa do Sol se contraia / até chegar ao estágio da estrela de nêutrons e tenha apenas 14 km de diâmetro. Agora, um objeto colocado em sua superfície estará a apenas $1/100.000$ da distância até seu centro do que estaria se estivesse na superfície do Sol. Portanto, o efeito de maré sobre a superfície da estrela de nêutrons é $100.000 \times 100.000 \times 100.000$, ou um quatrilhão de vezes / maior que na superfície do Sol, ou 250 trilhões de vezes maior do que na superfície da Terra.

Um ser humano de 2 m de altura que ficasse de pé numa estrela de nêutrons e que fosse imune à sua radiação, calor e gravidade total, seria, entretanto, repuxado pelas suas extremidades por uma força de 18 bilhões de quilos, e é evidente que esse ser humano, ou qualquer outra coisa, se desintegraria numa nuvem de pó. Da mesma forma, a estrela de nêutrons, / em seu limite de Roche (34 km de seu centro), transformaria os objetos - em pó fino.

(Um segundo efeito de maré decorre do fato de que um corpo em um objeto esférico tem suas duas extremidades atraídas para o centro em direções ligeiramente diferentes; isso tende a comprimi-lo latitudinalmente. Desde que o corpo seja bastante grande para que sua superfície seja praticamente plana sobre a largura, esse efeito é mínimo. Até mesmo numa estrela / de nêutrons é bastante pequeno para ser ignorado----pelo menos em comparação com o enorme efeito distensor sobre as extremidades longitudinais.)

Mesmo a uma distância de 5.000 km do centro de uma estrela de nêutrons um ser humano sentiria um esticamento de aproximadamente 45 kg se o eixo longitudinal de seu corpo estivesse apontado para a estrela, e esse efeito seria deveras doloroso.

Se uma espaçonave do futuro, devidamente protegida contra o calor e a radiação, se aproximasse a 5.000 km de uma estrela de nêutrons (distância essa à qual ela seria meramente um pontinho vago a olho nu), não haveria necessidade de seus ocupantes se preocuparem com o efeito gravitacional / total. A nave poderia passar pela estrela em queda livre numa órbita curva e afastar-se novamente (caso se movesse a uma velocidade suficientemente grande). Não sentiria então nenhuma gravitação, da mesma forma como não sentimos a atração gravitacional do Sol, quando, juntamente com a Terra e tudo que nela existe, orbitamos em torno do Sol em queda livre.

Contudo, não haveria meio de se eliminar o efeito de maré, e deslizar a 5.000 km da estrela seria uma experiência das mais emocionantes. (A distância menores, os astronautas seriam mortos e a nave poderia despedaçar se.)

Em 1.966 o escritor de ficção científica Larry Niven escreveu um excelente conto intitulado Estrela de Nêutrons no qual os efeitos de maré de uma delas quase destroem um astronauta descuidado que se aproxima demais. No ano seguinte esse conto conquistou o prêmio Hugo (que para o mundo da literatura de ficção científica corresponde ao Oscar).

Na verdade, entretanto, os fatos narrados na história são inverossímeis. Os efeitos de maré não constituem mistério para os astrônomos desde o tempo de Isaac Newton, há 300 anos. Qualquer grupo de cientistas capaz de / construir uma nave espacial destinada a se aproximar de uma estrela de nêutrons certamente perceberia o perigo do efeito de maré, e evidentemente (excluindo-se a possibilidade de defeito no equipamento) o astronauta permaneceria a uma distância segura.

Ainda não chegamos ao fim do caminho.

A força nuclear que mantém o neutrônio é capaz de suportar um puxão gravitacional suficientemente intenso para esmagar átomos ordinários e até o / fluido eletrônico. O neutrônio é capaz de tolerar o peso de massa além do limite de Chandrasekhar. No entanto, é certo que nem a força nuclear tem poder infinito. Nem mesmo o neutrônio pode suportar massas empilhadas interminavelmente.

Uma vez que existem estrelas com massa 50 a 70 vezes superiores à do Sol, não é inconcebível que, começada a contração, ela possa ser ocasionalmente impulsionada por uma fúria gravitacional ainda maior e mais intensa que a suportável por uma estrela de nêutrons. E aí?

Em 1.939, quando Oppenheimer estava estudando as implicações teóricas da estrela de nêutrons, ele levou em conta também essa possibilidade; parecia-lhe que uma estrela em contração, se tivesse massa suficientemente grande, poderia contrair-se com tanta força que mesmo os nêutrons cederiam sob o impacto; até mesmo a força nuclear terá que curvar-se ante a gravitação.

Qual seria, então, o próximo ponto de parada da contração?

Oppenheimer percebeu que não há nenhum---não há o que interrompa a contração, nesse caso. Quando a força nuclear falha, não subsiste nada que possa deter a gravitação---a mais fraca de todas as forças e que, quando ampliada sem cessar, pelo acúmulo interminável de massas, finalmente torna-se a mais / forte. Se, ao se contrair, uma estrela ultrapassa a barreira de neutrônio, a gravitação conquista a vitória final. Depois disso a estrela continuará a se contrair indefinidamente, com seu volume reduzindo-se até zero e sua gravidade superficial aumentando sem limites. A esse objeto supercontraído deu-se o nome de Buraco Negro, pois não pode emitir nenhuma luz ou radiação semelhante. Daí seu nome.

No início de 1.984, os astrônomos anunciaram ter descoberto o primeiro - buraco negro, localizado no centro da Galáxia de Seyfert NGC 4151, distante / 50 milhões de anos-luz da Terra, que era um dos locais mais favoráveis a existência de um desses objetos.

AS QUATRO FORÇAS.

As várias partículas que compõem o universo interagem entre si de quatro maneiras diferentes. Cada uma dessas maneiras é uma forma particular de interação ou, para usarmos um termo mais antiquado, porém mais comum, uma força. Os cientistas jamais conseguiram detectar uma quinta força, ou mesmo descobrir qualquer razão pela qual uma quinta força seria necessária.

O quadro 1 relaciona as quatro forças em ordem decrescente de intensidade

Quadro I --- Intensidade relativa das quatro forças.

<u>Força:</u>	<u>Intensidade relativa*</u>
Nuclear.....	10 ³

<u>Força:</u>	<u>Intensidade relativa*</u>
Eletromagnética.....	1
Fraca.....	10^{-11}
Gravitacional.....	10^{-39}

* As intensidades relativas são dadas em números exponenciais, ou seja, 10^3 representa 1.000 e 10^{-11} representa 1/100.000.000.000.

Entre duas partículas com a mesma carga elétrica (positiva e positiva ou negativa e negativa) há uma repulsão. Todos os prótons têm carga positiva e, por conseguinte, deveriam repelir-se mutuamente, sendo a repulsão mais intensa quanto mais próximos estiverem os prótons uns dos outros. No núcleo atômico, com os prótons apertados de tal maneira que se acham praticamente em contato, a repulsão eletromagnética deve ser de uma intensidade enorme---e, no entanto, os prótons permanecem juntos.

Além de prótons, no núcleo também existem nêutrons, mas isso não parece resolver a situação. Como os nêutrons não têm carga elétrica, eles não produzem força eletromagnética nem reagem a ela; por isso, não deveriam atrair / nem repelir os prótons. Não deveriam manter os prótons juntos nem acelerar sua separação.

Só em 1.935 o físico japonês Hideki Yukawa (1.907-) expôs uma teoria satisfatória da força nuclear, mostrando que seria possível aos prótons e nêutrons, quando muito próximos uns dos outros, produzir uma força de atração mil vezes maior que a força de repulsão eletromagnética. O que a força nuclear junta, a força eletromagnética não pode separar.

Por mais forte que seja a força nuclear, ela tem limites. A intensidade da força nuclear diminui muito rapidamente com a distância, e ela pode se fazer sentir fora do núcleo. Na verdade, sua influência atrativa reduz-se consideravelmente quando ela tem de se estender de uma extremidade à outra dos núcleos maiores.

A força eletromagnética também diminui, porém muito mais lentamente. O tamanho do núcleo é limitado, uma vez que por fim a repulsão eletromagnética de uma extremidade à outra se tornará igual à atração nuclear rapidamente de crescente de uma extremidade à outra. É por isso que os núcleos atômicos têm dimensões tão infinitesimais. A força nuclear simplesmente não consegue produzir qualquer coisa maior (exceto em condições raríssimas).

CONCLUSÃO

Sou de opinião que: O que existe é algum tipo de energia estruturada pela interação das quatro forças existentes na natureza: Nuclear, nuclear fraca, eletromagnética e gravitacional. A matéria parece existir quando as forças estão equilibradas. No caso do núcleo do átomo pela força nuclear com a eletromagnética. Nos planetas, estrelas comuns e anãs brancas pela força gravitacional com a eletromagnética. Nas estrelas de nêutrons a força gravitacional é equilibrada pela força nuclear, que é muito mais forte do que a eletromagnética. Mas quando uma estrela com massa acima de 3,2 vezes a do Sol morre, ou seja, quando seu combustível está esgotado, ela começa a se contrair,

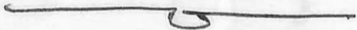
e sua força gravitacional não encontrando mais o equilíbrio que tinha com a força nuclear, que cessou devido ao término do combustível, começará a se / contrair rumo ao zero, desaparecendo totalmente.

Portando, acredito que a matéria que os nossos sentidos conseguem captar é uma ilusão ou um estado da energia, sem partículas materiais. O mundo material parece existir; os objetos têm a aparência que tem devido as interações das quatro forças, mas quando a força gravitacional se sobrepuja sobre as demais tudo volta ao nada, ou seja, ao universo imaterial, puramente energético.

Mairinque, 21 de abril de 1.984.

Roque B.V. Branco/.-

T. Kabbalhos
paralelos



A Estrutura da matéria e os buracos negros.

A matéria de todo o Universo é composta por átomos, que por sua vez, possuem mais de uma centena de partículas, sendo as principais os prótons, elétrons e nêutrons. Porém a matéria não é compacta como parece ser, pois é constituída quase que totalmente por espaços vazios. Isso porque os prótons e nêutrons, concentrados no núcleo do átomo, ocupam um espaço minúsculo da área total dos átomos. Os elétrons, por sua vez, são partículas minúsculas, que vivem em órbitas alongadas ao redor do núcleo, ocupando toda a área do átomo. Existe uma atração entre prótons e elétrons, que nos faz parecer que a matéria é compacta. A proporção entre o diâmetro do núcleo do átomo para o diâmetro do átomo varia de 1.10.000 a 1.100.000, ou seja, no menor átomo o diâmetro do núcleo é 10.000 vezes menor que o diâmetro do átomo e no maior é 100.000 vezes menor.

O que seriam as partículas que formam os átomos? Seriam elas essencialmente materiais ou formas de energia? Ou ainda, seria a matéria um estado da energia e vice-versa? Quando Ernest Rutherford em 1.911 provou que a estrutura da matéria é constituída principalmente por espaços vazios, através do bombardeamento de uma finíssima chapa de ouro com partículas alfa, onde a maioria das partículas atravessaram a referida chapa sem sofrer desvios, e apenas uma minoria foram desviadas, devido a choques com os núcleos dos átomos, não ficou provado que o núcleo tenha de ser essencialmente material. Poderia ser apenas formas de energias concentradas. Para uma análise profunda de tais hipóteses, deve-se procurar entender o que são matéria e energia.

Quanto aos buracos negros, os cientistas afirmam que: As estrelas, que são os maiores objetos conhecidos no universo, nascem de poeiras e gases que giram lentamente, e que, por força de suas próprias atrações gravitacionais, se tornam coesas. Durante a vida, uma estrela consome seu combustível que é o hidrogênio, convertendo-o em gás hélio, no processo da fusão nuclear. Segundo os cientistas, o que mantém uma estrela expandida ou no seu tamanho normal, como por exemplo o nosso Sol agora, é o equilíbrio entre a força nuclear, produzida pela reação nuclear e a força gravitacional, produzida pela própria massa do objeto, que atua no sentido da superfície para o núcleo. Ocorre, porém, que um dia se esgotará seu combustível e a fusão nuclear cessará. Quando isso acontecer, a força gravitacional que vinha sendo equilibrada pela nuclear, não encontrando mais resistência, começará a achatar a estrela rumo ao seu centro. O ponto de parada da contração depende da massa do objeto. Quanto maior a estrela, maior será a contração. Os cientistas descobriram alguns limites, como por exemplo: Uma estrela com até 1,4 vezes a massa do Sol, provavelmente encolherá até se transformar numa Anã Branca (termo usado para designar estrelas semi-mortas, que se contraíram muito, chegando a um tamanho planetário). No caso da Anã Branca, a estrela foi reduzida a tal ponto, que ocupa 27.000 vezes menos espaço do que anteriormente. Uma estrela com mais de 1,4 vezes a massa do Sol, se comprimirá ainda mais, chegando a ficar uma minúscula estrela, denominada Estrela de Nêutrons. Vale dizer que seu diâmetro é reduzido em 100.000 vezes, ou seja, o Sol que possui --- 1.400.000 kms de diâmetro, aproximadamente, seria transformado num objeto com apenas 14 kms de diâmetro.

Mas para as estrelas de nêutrons também há um limite, que é de 3,2 vezes a massa do Sol, acima do qual a estrela continuará a encolher indefinidamente rumo ao zero ou singularidade. Acontece, que a velocidade de escape desse objeto em contração é igual ou superior a da luz, quando atingido o Raio de Schwarzschild, que no caso do Sol é de 6 kms de diâmetro. Não podendo emitir mais luz, fica-se sem saber o destino final de sua matéria ou energia. Esse objeto é denominado Buraco Negro.

Analizando a estrutura da matéria, citado anteriormente, e os buracos - negros, pode-se conjecturar que devido ao vazio das áreas dos átomos, a matéria ou energia poderia estar contraída além do raio de Schwarzschild, dentro do buraco negro, onde não pode ser vista, nem detectada.

Mairinque, 27 de outubro de 1.981.

Roque B.V. Branco/.-

O DESTINO DA MATÉRIA NO UNIVERSO EM COLAPSO.

Considerando-se que quanto mais matéria um buraco negro absorve, mais aumenta a sua área, ou seja, o raio de Schwarzschild aumenta, e que quanto ao tamanho do objeto em contração que se transformaria num buraco negro, / convém observar que: Se a Terra fosse transformada num buraco negro, sua dimensão seria de apenas um centímetro, aproximadamente; para o Sol, seria de uma esfera de três quilômetros, e num corpo com massa superior a 100 milhões de massas solares, o raio do buraco negro resultante seria de 300 milhões de quilômetros, duas vezes o raio de órbita da Terra ao redor do Sol. Ora, se quanto mais massa tem um buraco negro, maior é sua área, a matéria poderia simplesmente estar concentrada no interior do mesmo, além do raio de Schwarzschild, onde não pode ser vista, nem detectada, podendo estar falha a hipótese de que o destino final da matéria seria para outro ponto do nosso universo, ou um universo paralelo, através de túneis de minhoca, que seria despejada, pelos chamados buracos brancos.

Analizando também a estrutura da matéria, convém atentar para o fato de que a mesma é constituída quase que inteiramente por espaços vazios, pois / apenas no núcleo dos átomos existe concentração de matéria ou energia, composta por mais de uma centena de partículas, cujas principais são os prótons e nêutrons. Quando um objeto sofre contração até ao nível de uma estrela de nêutrons, tal objeto é constituído de uma massa neutrônica, ou seja, os prótons combinaram com os elétrons para formar novos nêutrons. Mas mesmo quanto aos prótons, nêutrons e elétrons, ninguém garante que eles sejam maciços. - Eles poderiam ser ocas, constituídos apenas de uma casca, o que possibilitaria a continuidade da contração para além da estrela de nêutrons, transformando-se num buraco negro, estando toda a sua massa ou matéria concentrada centro do buraco, ocupando um espaço bem pequeno, uma vez que foram eliminados todos os espaços vazios. Se tal hipótese for verdadeira, o destino da / matéria não teria de ser outros universos.

Outra hipótese mais ousada e fantástica, seria que a matéria fosse constituída de nada(material), Tudo seria uma ilusão, os objetos têm a aparência que tem, devido as interações das quatro forças, mas quando elas desabam, o que parece existir, volta ao nada.

Mairinque, 01 de abril de 1.983.

Roque B.V. Branco/.-

"Ainda sobre o destino da matéria(energia estruturada) no Buraco Negro".

Acredito que a matéria que os nossos sentidos conseguem captar é um tipo de energia estruturada pela interação das quatro forças: Eletromagnética, gravitacional, nuclear e nuclear fraca. A matéria é uma ilusão, o que existe / realmente é energia, mas da forma como ela se nos apresenta, parece existir, porque somos seres que vivem entre o microcosmos e o macrocosmos. Para um hipotético ser que habitasse o elétron, no interior do átomo, nada existiria. Ele olharia ao seu redor e só veria espaço vazio, o mesmo ocorrendo conosco, quando olhamos para o cosmos à noite. O que vemos? Apenas pontinhos brilhando na imensidão do Universo, que nada mais são do que estrelas, compostas de átomos, que por sua vez são compostos de espaço vazio.

A existência de uma energia vibratória, sem partículas materiais, leva-nos a acreditar na possibilidade da existência de uma infinidade de universos interpenetrados, podendo existir até bilhões deles, sem interagir uns com os / outros, pois em cada universo a energia vibraria numa frequência diferente. E nessa frequência peculiar de cada universo, a energia estaria estruturada de tal forma que todos eles poderiam ter aparência material.

O que acontece à matéria ordinária ou energia estruturada, quando esta é achatada dentro de um buraco negro, pelo desequilíbrio entre as forças, provocado pela morte de uma estrela algumas vezes maior que o Sol, quando a força gravitacional se impõe sobre as demais? Qual seria o destino da energia? Se ela não tivesse volume e não ocupasse espaço, poderia realmente ser a singularidade. Será que a energia ocupa espaço? Mas o espaço também é ilusório, assim como o tempo! A energia poderia passar através da singularidade para / outros universos interpenetrados ou paralelos e se estruturar novamente como matéria ordinária(ilusória), equilibrada pelas forças.

Um fenômeno que ocorre quando da formação de um buraco negro, é que quanto maior a massa desse objeto, maior é o raio de Schwarzschild,(que é o ponto onde a velocidade de escape é tão alta, que nem mesmo a luz consegue escapar). O que conteria essa região do raio de Schwarzschild? A energia estruturada como matéria não poderia ser, pois quando a mesma penetra no buraco negro, deixa de ter essa forma. Se a energia pura(desestruturada) ocupasse espaço, ela poderia estar contida nessa região dentro do raio de Schwarzschild. Mas acontece que as equações matemáticas indicam que a contração tem de continuar até a singularidade, o que nos leva a crer que ela não ocupa espaço.

Se a energia não se encontra nessa região formada pelo raio de Schwarzschild, por que ela aumenta de acordo com a quantidade de energia que é absorvida pelo buraco negro? Talvez, seja porque a energia possua uma coisa chamada massa, que não sabemos o que é. Embora a energia continue se escoando rumo a singularidade, a mesma forma uma espécie de envoltório, que cresceria de / acordo com o montante de energia que mergulhasse rumo ao zero. Mas aí ela não poderia passar para outras dimensões ou universos paralelos, pois a massa da energia contida no raio de Schwarzschild, acusaria que a mesma continua neste universo, uma vez que se a energia passasse para outras dimensões, acredito / que não ficariam mais fenômenos em nosso Universo.

Mairinque, 01 de julho de 1.984.

Roque B.V. Branco/.-

Acredito que em Física Moderna não podemos mais considerar a existência de matéria e energia ao mesmo tempo. Através dos anos as teorias e as experiências dos cientistas foram em favor da estrutura do Universo como sendo / constituído por ondas de energia. A Mecânica Clássica, essencialmente corpuscular, desmoronou com a Teoria da Relatividade. A Física Quântica apresenta a dualidade de que a matéria é composta de ondas e partículas ao mesmo tempo. Na Teoria Quântica até mesmo a luz é tida como composta por ondas e partículas, que são os fótons. Como poderia a luz ser composta de partículas, se na sua velocidade toda matéria encolheria rumo ao zero? Acho que essa dualidade não levará a compreensão da estrutura da matéria.

Segundo Einstein é impossível acelerarmos um corpo até atingir a velocidade da luz, porque na medida em que esse corpo se aproximasse dessa velocidade, seria necessário um motor com forças infinitas para acelerá-lo ainda mais. Ora, onde vamos conseguir um motor com força infinita? Mas, vamos supor hipoteticamente, que uma régua seja impulsionada até a velocidade da luz. Quando atingido 90% da velocidade, seu comprimento seria reduzido a metade e a da luz igual a zero. Pergunta-se: Se considerássemos a matéria composta de partículas, onde foram parar elas quando a régua desapareceu?

Há algum tempo optei pela existência apenas da energia, apresentada pela Teoria dos Buracos Negros, sendo a matéria um estado ilusório da energia. Esse estado tende a continuar por muito tempo, pois a matéria seria a energia estruturada e desestruturá-la não é fácil, por causa das interações das quatro forças, que são muito fortes. Somente a morte de uma estrela através do seu próprio colapso ou estrelas que fossem absorvidas por buracos negros, poderiam / desestruturar totalmente a energia. É muito difícil de imaginar uma energia estruturada, embora tudo a nossa volta o seja. Vou tentar dar um exemplo: A energia estruturada possui massa e tem volume, sendo no caso do Sol o seu diâmetro de aproximadamente 1.400.000 kms, ocupando portanto espaço. A energia / pura (desestruturada), possui massa, mas não tem volume, ou seja, se o Sol fosse convertido em energia pura, seu tamanho seria igual a zero, mas continuaria a ter a mesma massa, pois ela é uma característica da energia. No caso de uma estrela que se converteu num buraco negro, sua energia foi completamente desestruturada, sendo o seu volume igual a zero, embora permaneça ainda o problema da massa, que forma uma espécie de envoltório, citado em trabalho anterior.

Já foi dito que a existência da matéria é ilusória. Agora vimos que o espaço também o é, pois o mesmo é uma consequência da energia estruturada. Estando a energia estruturada, a existência de pontos materiais nos parece real, permitindo que se possa fazer uma medição entre esses pontos. Para finalizar, o tempo também acompanha o mesmo raciocínio, pois havendo supostos pontos materiais, pode-se medir o tempo decorrido entre os diversos fenômenos. Exemplo Um ônibus leva uma hora e 30 minutos para ir de São Paulo à Mairinque, porque existem os referidos pontos materiais, ou seja, porque tem os pneus, a carga, os passageiros, a rodovia, as paisagens e as cidades como referências. Mas o que aconteceria se tirássemos esses pontos materiais? Não haveria mais sentido algum de tempo, nem de espaço. O que levaria uma hora e meia... segue ...

para ir de São Paulo a Mairinque, se não existissem mais o ônibus, os passageiros, a rodovia, a paisagem e as próprias cidades?

Acredito que a unificação dos campos tão estudada por Einstein, se deva - buscar através do campo composto por ondas de energia, sem partículas, pois / como ele próprio dizia, matéria e energia são a mesma coisa e não coisas distintas, faltando apenas uma equação que concilie e unifique todas as forças - existentes.

Mairinque, 13 de outubro de 1.984.

Roque B.V. Branco/.-

PENSAMENTOS

A matéria, o espaço e o tempo são ilusórios. Eles são uma consequência da energia estruturada, embora pela estruturação da energia tudo nos pareça ser real. Se conseguíssemos penetrar no interior dos átomos, só veríamos / ondas de energia se interagindo.

É muito mais fácil de imaginar uma coisa abstrata como a energia, do que imaginar e definir uma partícula.

A verdade absoluta é abstrata e subjetiva, só existindo para os princípios matemáticos. Em todos os fenômenos naturais, os princípios dos quais / partimos, assim como as conclusões a que chegamos, não representam senão - verdades relativas.

"Einstein nunca foi dogmático e jamais menosprezou o poder da religião. Filósofo, assim como físico, acreditava que o místico transcendia o material e que era impossível traçar uma linha divisória entre o físico e o metafísico."

Mairinque, 13 de outubro de 1.984.

Roque B.V. Branco/.-

Como se sabe na física quântica a matéria apresenta ora características corpusculares, ora ondulatórias. Mesmo a luz que percorre o Universo a -/ 300.000 km/s, apresenta essa dualidade. Essa dualidade que a Física Quântica apresenta poderia ser explicada da seguinte forma: Talvez seja porque - mesmo na velocidade da luz essa energia não estaria completamente desestruturada, pois se levarmos em consideração a fórmula de Einstein: $E = M.c^2$, a energia estruturada só seria completamente desestruturada se fosse acelerada na velocidade da luz elevada ao quadrado.

Os cientistas que trabalham em aceleradores de partículas de alta energia nos Estados Unidos e Europa, particularmente no CERN (Centro de Pesquisas Nucleares da Europa), perto de Genebra na Suíça, afirmam que estão criando / matéria ou energia. Eles injetam núcleos de átomos de hidrogênio, ou seja - prótons, em um gigantesco anel subterrâneo e aceleram-os até a velocidade da luz, fazendo-os colidir. Do violento impacto espirram nuvens de partículas, - cuja vida raramente ultrapassa um bilionésimo de segundo. É o tempo suficiente para os detectores captarem suas assinaturas energéticas---cintilações / características que são, sem seguida, exibidas aos cientistas em terminais - de computador. Eles dizem que dos choques entre as partículas ou cargas ener- géticas surgem novas partículas.

Sou de opinião que o que os cientistas estão realizando é a libertação - da energia concentrada no núcleo do átomo. Acredito que os núcleos dos átomos possuam uma quantidade infinita de energia, , que só poderiam ser totalmente libertadas mediante a aceleração dos mesmos a velocidades bem superiores à - da luz. Aliás, quantidade não é o termo apropriado, pois acredito que "quan- tidade" é um termo relativo a energia estruturada. As coisas possuem peso, / têm volume, ocupam espaço, existe o tempo, tudo isso, inclusive quantidade, - por causa da energia estruturada. A energia pura é infinita, a tudo permeia e penetra, é uma coisa que está além da nossa compreensão. A energia pura já existia antes da criação do Universo. Quando, provavelmente, houve uma grande explosão iniciou-se a criação do Universo, partindo de um ponto zero, que foi se expandindo, criando nessa expansão a energia estruturada e consequentemen- te o tempo e o espaço. Até hoje em nossos dias, após bilhões de anos do iní- cio, o Universo encontra-se em expansão, com as Galáxias se afastando umas das outras cada vez mais. Talvez um dia o Universo pare de se expandir e se re- traia numa singularidade, iniciando-se novamente o ciclo.

As partículas que os cientistas aceleram nos aceleradores, criando novas, só duram um bilionésimo de segundo. Sou de opinião que o tempo de vida é tão breve, porque seria necessário acelerar as referidas partículas a velocidades superiores a da luz, talvez até a luz elevada ao quadrado, para que a energia jorrasse sem limites, por tempo indeterminado. Os termos partículas são consi- derados por mim como cargas energéticas concentradas. Dessa forma a energia / contida em cada núcleo de átomo poderia criar novos Universos inteiros, se - fosse libertada. Mas isso é difícil de se realizar, porque parece pouco pro- vável que consigamos acelerar partículas a velocidades superiores a da luz, pelo menos no momento.

...segue:

As galáxias de todo o Universo estão em constante expansão, e quanto - mais distantes elas se encontram da nossa Via Láctea, maiores são suas velocidades de afastamento. A velocidade de afastamento e a distância a que se encontram tais objetos, são verificados através dos desvios para o vermelho em seus espectros. Os Quasares são objetos que estão a bilhões de anos-luz de distância. Embora esses objetos sejam milhares de vezes menores do que as galáxias, eles emitem energia dezenas de vezes mais do que as galáxias. Talvez essa fantástica emissão de energia possa ser explicada pelo fato de que a enorme distância em que se encontram, suas velocidades de afastamento sejam muito grandes. Por exemplo: O Quasar 3C273 está a aproximadamente 2 bilhões de anos-luz e sua velocidade de afastamento é da ordem de 47.000 km/s. Já o 3C48 apresentou um desvio para o vermelho da ordem de 37% da velocidade da luz, correspondendo a uma distância da ordem de 4 bilhões de anos-luz. Existem alguns Quasares em que os desvios para o vermelho chegaram até a 212% da velocidade da luz. Ora, se alguns chegam a atingir mais de o dobro da velocidade da luz, a energia dos núcleos dos átomos poderia ser desestruturada e libertada, apresentando uma emissão infinita ou quase infinita de energia. Isso poderia explicar essa enorme fonte de energia. Os quasares poderiam ser tanto estrelas, quanto galáxias inteiras.

Mairinque, 30 de dezembro de 1.984.

Roque B.V. Branco/-

MASSA

Depois que o interior do átomo começou a ser pesquisado cada vez mais - pelas experiências dos cientistas, ficou cada vez mais difícil de se chegar a um constituinte último da matéria em termos de partículas. Em minha teoria de que não existem partículas, mas sim uma energia estruturada pelas interações das quatro forças, ficou faltando definir o que seria Massa. Vejamos: - Se massa não é partícula, o que seria? Temos dois tipos de massas: Inercial e Gravitacional. Massa Inercial é definida como a resistênciã que um objeto / oferece ao ser acelerado. Essa aceleração depende da massa do objeto. Para - perceber o que os físicos pretendem dizer, imaginemos ter dois objetos----uma bola de bilhar e uma bola de boliche, por exemplo---- submetidos às mesmas forçã. Segundo a lei de Newton, cada qual dos objetos passará a sofrer aceleração. Contudo, essas acelerações serão diferentes. Mais fácil é comunicar aceleração à bola de bilhar do que à bola de boliche. E isso porque a bola de / boliche tem maior massa. Em termos precisos defini-se "Massa Inercial" como - razão entre a força que atua sobre um objeto e a aceleração que produz. Outro ponto sobre massa inercial que vários livros dizem, é que a massa de um objeto aumenta com a velocidade e que quando é atingida a velocidade da luz sua / massa se torna infinita. Nunca pude compreender como a massa de um objeto poderia aumentar com a velocidade. Até que um dia li o excelente livro " As - Idéias de Einstein", de Jeremy Bernstein, onde encontrei a explicação adequada para tal fato. Não se trata da massa do objeto que aumenta com a velocidade que lhe é imprimida, mas sim a resistênciã ao ser impulsionado é que aumenta. Quando a velocidade vai aumentando, a resistênciã do objeto também vai / aumentando, assim a força aplicada ao objeto terá resultado de aceleração cada vez menor na medida em que o objeto se mova mais e mais depressa e, quando o objeto atingir uma velocidade muito próxima à da luz, a força não terá qual quer resultado. A Massa Gravitacional mede, especificamente, a atração gravitacional que duas partículas exercem uma sobre a outra (os termos partículas - são considerados por mim como pacotinhos de energia concentrados). As massas gravitacional e inercial são equivalentes e estudos feitos em anos recentes / por R.H. Dicke demonstraram que as duas massas são iguais com precisão de uma parte em cem bilhões.

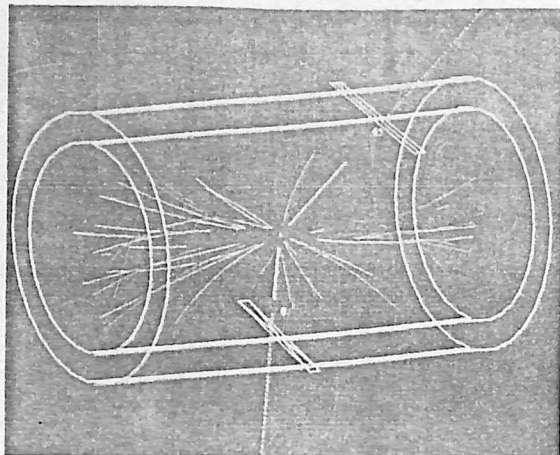
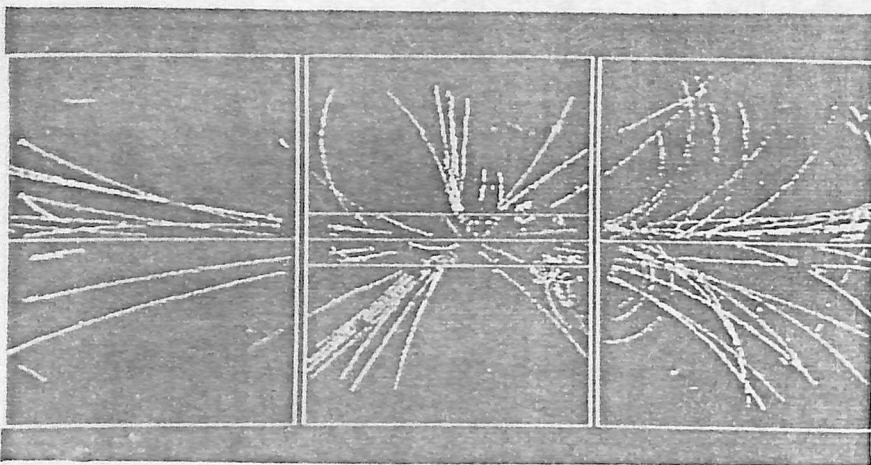
A definição que eu tenho para Massa, de acordo com minha teoria, é que - ela é uma intensidade de forças. A matéria não existe, o que existe é uma energia estruturada pelas interações das quatro forças. Portanto, uma pedra arremessada ao ar é um campo em alteração. O próprio planeta Terra é um bloco / de energia estruturada que percorre o espaço. Agora porque um determinado campo possui maior intensidade de forças do que outros é difícil de se saber, mas tentarei explicar a seguir. Exemplo: É mais fácil voce arremessar ao espaço - uma pequena pedra do que uma locomotiva. Por que é mais fácil, se não existe quantidade de matéria ou energia? Afinal de contas a pedra foi criada da mesma energia pura que a locomotiva. A energia pura é infinita, não possuindo / quantidades. Por que será que a energia pura quando se estrutura, dando origem a suposta matéria, que eu chamo de energia estruturada, apresenta essas - diferenças? Só pode ser porque a locomotiva possui maior intensidade de forças atuando do que a pedra.

Portanto, sou de opinião que Massa não é quantidade de matéria, nem de energia, mas uma intensidade de forças, ou seja, uma pequena pedra possui me nos pacotinhos ou porções de energia estruturada se atraindo pela massa gravitacional do próprio objeto, bem como menos massa inercial (Intensidade de Força), para oferecer resistêcia ao ser impulsionada, ao passo que a locomotiva tem mais pacotinhos de energia estruturada, daí ser mais difícil de impulsioná-la. "Notar bem que em se tratando de energia estruturada existem / quantidades como foi visto; menos porções; mais porções de energia". Como já foi dito em trabalho anterior a energia pura é infinita, não possuindo quantidades. Ela encontra-se infinitamente concentrada em cada núcleo de átomo, só que para libertá-la seria necessário acelerá-lo a velocidades muito grandes, talvez até a da luz elevada ao quadrado.

Por que a energia apresenta-se nesses dois estados: Pura, com ausência de matéria, tempo e espaço e Estruturada, com a aparente existência de matéria, tempo e espaço? Acredito que a resposta esteja nos escritos dos antigos filósofos, principalmente orientais, como por exemplo no Tao Te King, escrito por Lao-Tse 600 anos antes de Cristo, onde ele diz que: Tao é o eterno Uno: - (Energia Pura, Deus, Mundo Espiritual, onde não existem matéria, espaço e tempo), que se revela no efêmero Verso (Energia Estruturada, Mundo Material, onde existem espaço e tempo). A matéria (energia estruturada), esse mundo ilusoriamente material, é uma manifestação de Deus, ou seja da Energia Pura, na qual nós seres humanos temos que habitar esporadicamente, para uma possível / evolução espiritual.

Mairinque, 27 de fevereiro de 1.985.

Roque B. V. Branco/.-



FOTOS CERN

Traços deixados nos terminais do CERN pelas partículas W...

...e Z: teoria confirmada

Ciência

O senhor dos átomos

Nobel de Física sai para dois criadores de matéria: Rubbia e Van der Meer, do CERN, de Genebra

Ao apontar na semana passada o italiano Carlo Rubbia e seu colaborador, o holandês Simon van der Meer, como os ganhadores do Prêmio Nobel de Física deste ano, a Real Academia de Ciências da Suécia espalhou entre os físicos de todo o mundo a mesma sensação que se pôde colher em 1949 quando o Nobel de Literatura foi entregue ao americano William Faulkner: uma escolha óbvia. Os suecos da área científica livraram-se assim das críticas que vêm desabando todos os anos sobre seus colegas encarregados de escolher o premiado de Literatura, que ainda não se lembraram do argentino Jorge Luis Borges, um dos maiores escritores vivos. "Seria escandaloso se o prêmio não fosse de Rubbia", disse em Roma o renomado físico Marcello Conversi, compatriota e antigo professor de Rubbia.

O trabalho de Rubbia, de 50 anos, e Van der Meer, 59, conduzido nas gigantescas instalações do Centro de Pesquisas Nucleares da Europa (CERN), nas proximidades de Genebra, na Suíça, foi confirmar no laboratório boa parte de uma das maiores aventuras intelectuais deste século, a chamada teoria dos campos unificados. Nessa empreitada científica, que pretende provar que todas as forças que regem o universo — da explosão de uma galáxia ao perfume das flores

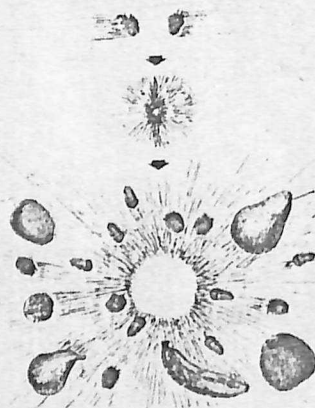
— são comandadas pelo mesmo princípio físico imutável e verificável por instrumentos de medição, empenharam-se algumas das mentes mais poderosas da ciência moderna. O maior formulador teórico dessa tese, Albert Einstein, morreu em 1955, aos 76 anos de idade, sem conseguir reunir uma única evidência factual de que estava

no caminho certo. As descobertas de Rubbia materializadas na forma de fugidias partículas subatômicas — menores que o próprio átomo — batizadas de W e Z nasceram carregadas de referências a Einstein.

Ao detectar tais partículas, Rubbia e Van der Meer confirmaram os trabalhos teóricos que em 1979 valeram o Nobel de Física ao paquistanês Abdus Salam e aos americanos Sheldon Glashow e Steven Weinberg. No final do século passado, dois físicos, o escocês James Maxwell e o alemão Heinrich Hertz, provaram que pelo menos duas das grandes forças conhecidas até então, o magnetismo e a eletricidade, eram aspectos distintos de um único princípio, que chamaram de eletromagnetismo. No final da década de 20 o quadro se complicara. Além da força da gravidade e da eletromagnética, outras duas — a "força nuclear forte", que mantém unido o núcleo do átomo, e a "força nuclear fraca", responsável pela emissão radiativa de átomos que se desintegram — haviam sido descobertas.



A criação segundo Rubbia



Um exemplo claro fornecido por Rubbia: morangos se chocam e produzem outros frutos

Einstein deduziu que o eletromagnetismo era conduzido por microscópicos pacotes de energia chamados quanta. Em sua forma mais simples, os quanta podem ser liberados, por exemplo, na tradicional experiência escolar em que se fricciona o pente num tecido de lã e ele passa a atrair pequenos pedaços de papel. O papel, nesse caso, iria ao pente levado pela força dos quanta. Segundo Einstein, todas as outras forças deveriam também ser detonadas por partículas parecidas com os quanta e, portanto, seria possível unificar as explicações sobre elas numa única teoria — de modo que o que se descobrisse sobre a natureza de uma seria válido para todas as outras. Sem comprovação, a idéia, na época, tanto podia ser genial como uma banalidade. Coube a Glashow, Salam e Weinberg, dez anos depois da morte de Einstein, tecer o primeiro elo dessa teia matemática. Eles conseguiram descrever o comportamento da partícula W (primeira letra da palavra inglesa *weak*, que significa fraco), responsável pela “força fraca”. Mostraram também que ela exibia características idênticas às dos quanta. Fechou-se assim o primeiro elo da teoria da unificação com o surgimento do que se chamou “força eletrofraca”. A teoria final, aquela que talvez um dia reúna as quatro forças da natureza em único rol de explicações matemáticas, modificará totalmente a face da Física. Para atingi-la, os cientistas precisam ainda descobrir duas outras partículas. Uma delas seria o graviton, que transportaria pelo espaço a gravidade atraindo tanto planetas quanto os corpos que caem no chão. A outra é o glúon (derivado do inglês *glue*: cola), que seria a carga energética emitida pelos elementos formadores do núcleo do átomo de modo a mantê-lo coeso.

TÚNEL DE VÁCUO — “Não existem instrumentos capazes de detectar o glúon e o graviton, mas para medir as outras partículas basta se dirigir ao Rubbia”, declarou o paquistanês Salam, na semana passada. “O reconhecimento premia a todo o grupo de cientistas que trabalha comigo”, disse Rubbia. Ele se referia a mais de 2 000 cientistas e técnicos que o cercam no acelerador de partículas do CERN, o maior instrumento do gênero já construído, que foi inaugurado em 1981.

Trata-se de um enorme túnel circular de vácuo de 2,2 quilômetros de extensão embutido debaixo da terra, sob as cidades fronteiriças de Meyrin, na Suíça, e Prévessin, na França. Nesse gigantesco anel cir-

cular subterrâneo os cientistas injetam feixes de núcleos de átomos de hidrogênio, ou seja, prótons, para fazê-los colidir.

Do violento impacto espirram nuvens de partículas cuja vida raramente ultrapassa um bilionésimo de segundo. É o tempo suficiente para os detectores captarem suas assinaturas energéticas — cintilações características que são, em seguida, exibidas aos cientistas em terminais de computador. Em fevereiro do ano passado, a partícula W mostrou suas feições. Quatro meses depois, foi a vez da partícula Z (chamada assim por sua carga ser zero). Segundo a teoria, agregada à partícula W, que tem carga elétrica, deveria existir outra, sem

potencial de eletricidade, a partícula Z. “Quando ela surgiu demos a teoria por comprovada”, lembra Rubbia.

Entusiasmado tradutor de seus feitos para a linguagem leiga, Rubbia chegou a editar um folheto destinado aos moradores das redondezas do CERN. “Nosso trabalho é repetir todos os dias o que ocupou apenas uma semana de Deus: o milagre da criação”, escreveu. “Ao contrário das centrais nucleares, que transformam matéria em energia, o CERN transforma energia em matéria.” A energia que Rubbia transforma em matéria é a velocidade que imprime às partículas. “É como se do choque de dois morangos conseguíssemos produzir não somente mais morangos mas também nozes, bananas e peras”, afirma, utilizando uma de suas imagens prediletas. A lembrança do holandês Van der Meer para receber a láurea junto com Rubbia deve-se justamente ao fato de ter sido graças a um equipamento desenvolvido por ele — o anel de estocagem de prótons — que o CERN conseguiu a energia necessária para acelerar as partículas e produzir matéria. Tímido, escapou da festa que os funcionários do laboratório fizeram para comemorar o prêmio e voltou para sua sala de trabalho. “Estamos construindo um acelerador de 27 quilômetros de extensão”, disse o holandês. “As comemorações podem esperar.”



O círculo contínuo na foto aérea (acima) mostra o traçado do túnel subterrâneo do CERN (foto abaixo) sob as cidades de Meyrin, Suíça, e Prévessin, França

