

A HIPÓTESE DO ÁTOMO PRIMITIVO

(Segunda versão)

GEORGES LEMAÎTRE¹

Professeur à l'Université de Louvain

Uma descrição que nos chegou do filósofo e matemático *René Descartes* está acompanhada de uma máxima que lhe parece conveniente para evocar o princípio desta exposição: *Mundus est fabula*². O mundo é uma bela história que cada geração se esforça por aperfeiçoá-la. Os turbilhões de Descartes não sobreviveram aos progressos da ciência; entretanto, talvez permaneça alguma coisa da atitude mental que fez Descartes dizer "Mundus est fabula" naquilo que *Poincaré* chamou mais tarde de hipóteses cosmogônicas, pelas quais o homem não possa impedir de contar a história do universo e reconstituir sua evolução passada.

O problema cosmogônico começou a se colocar, quando, seguindo às pesquisas de *Galileu* e de *Newton*, as leis da mecânica foram descobertas. A existência destas leis tomou, em certa medida, o arbítrio que até então reinava nas concepções cosmogônicas. Pela mecânica, a evolução de um sistema material é inteiramente determinado, e se pode calcular quando conhecemos aquilo que os matemáticos chamam de as condições iniciais; e o objetivo da cosmogonia é encontrar as condições iniciais apresentando algum caráter de simplicidade e tal que o universo atual poderia resultar pelo simples jogo das leis conhecidas.

Seguramente podemos perguntar se as leis, que são válidas aqui onde estamos e na época em que vivemos, ainda são válidas à distância, lá onde não podemos pensar em verificá-las, e se elas foram ensinadas num passado longínquo. O problema cosmogônico pode ser abordado nas disposições dos mais diversos espíritos. Aqueles cuja disposição de espírito é, sobretudo, de nunca admitir que estão absolutamente certos de que alguns, sem

¹ LEMAÎTRE, Georges. *L'hypothèse de l'atome primitif*. In: **Publications du Laboratoire d'Astronomie et de Géodesie de l'Université de Louvain**, vol. 12, pp. 322-339. 1948. Tradução livre e inédita de Marquessuel Dantas de Souza.

O texto que o leitor tem em mãos fora publicado anteriormente no livro **L'Hypothèse de l'Atome Primitif: essai de cosmogonie**. Préface de Ferdinand Gonseth. Neuchatel: Éditions du Griffon, 1946. 203p. (Les problèmes de la philosophie des sciences). Ambos são textos que tratam do mesmo assunto, mas são diferentes em suas abordagens. Ou seja, há duas versões do referido escrito. Nota do tradutor.

² O mundo é uma fábula. (N. T.).

dúvida, melhor renunciarmos. Abordar o problema cosmogônico comporta necessariamente certo risco. Isto não é apenas o risco de perder seu tempo em experimentar resolver um problema que poderia ser impossível, mas também o perigo de perdê-lo. Mas este risco não é amplamente compensado pela esperança de chegar a uma solução, a uma concepção do mundo em todo seu entendimento atual e em toda duração de sua evolução passada, concepção cuja validade poderia ser apoiada sobre alguma confirmação experimental?

Procurando explicar a hipótese do átomo primitivo, buscarei por fazer compreender em que ela consiste, antes de discutir o alcance exato dos argumentos que a apoia. Penso, aliás, que agora não possa fornecer uma conclusão definitiva, e que uma tal conclusão dependerá do resultado de difíceis cálculos que ainda não podem ser efetuados, pois depende do confronto da hipótese com os fatos experimentais. Estes irão confirmar talvez, ou mesmo partilhar o resultado dos turbilhões de *Descartes* e de muitas outras hipóteses esquecidas.

Depois da mecânica, é naturalmente a astronomia que traz ao nosso problema, a contribuição mais essencial, nos descrevendo qual é o presente estado do mundo em torno de nós.

Do mesmo modo que *Copérnico*, lançando a terra no espaço, nos ensinou que o lugar de sua inteligência não foi mais que uma preciosidade tornando com alguns outros em torno do astro incomparável, o centro do nosso sistema, o sol; de um modo semelhante os progressos ulteriores nos ensinou que o sol não é mais que uma estrela entre muitas outras. É mesmo uma estrela classificada entre as anãs, uma dezena de vezes menos espesso e milhões de vezes menos brilhante que outras estrelas, ditas gigantes.

A estrela mais próxima está situada a quatro anos luz, distância bem grande se pensarmos que a luz leva oito minutos para percorrer os cento e cinquenta milhões de quilômetros que nos separam do sol.

O número de estrelas que podem ser percebidas nos grandes telescópios é de um milhão aproximadamente, e sua distribuição entre as diversas magnitudes, pelas quais medimos seu brilho, permite estimar seu número total próximo a cem bilhões, com uma massa total de cem bilhões de vezes aquela do sol.

Estas estrelas formam com as nebulosas que lhe estão associadas àquilo que chamamos de galáxia, e estas nebulosas são ditas nebulosas galácticas, ou seja, fazem parte da galáxia.

A galáxia é um sistema achatado e via láctea, de onde lhe vem sem nome, é formada por regiões mais distantes, vistas do interior, seguindo o plano de simetria do sistema. Ela se apresenta com um enorme acúmulo de estrelas e de nebulosas galácticas, que forma todo o contorno do céu.

A galáxia é animada por um movimento de rotação em volta de um centro situado a trinta milhões de anos aproximadamente. A velocidade do sol em torno deste centro é de trezentos quilômetros por segundo, velocidade enorme, do ponto de vista astronômico, uma vez que ela é dez vezes aquela da terra em redor do sol ou quinze vezes [aquela] do sol em relação as estrelas que o contornam.

No exterior da galáxia, existem galáxias. A palavra galáxia é, portanto, utilizada como um nome próprio para designar o sistema de estrelas cuja mesma vamos falar, sendo empregado como nome comum para designar sistemas semelhantes a este, mas situados fora dele. Compreende-se assim como estas galáxias são também chamadas nebulosas extra-galácticas do mesmo modo que se pode dizer que as estrelas são sóis situados no exterior do sistema solar.

As mais próximas nebulosas extra-galácticas são as nuvens de Magalhães, próximo da grande nebulosa de Andrômeda; elas formam com alguns outros o que se pode chamar amontoado de estrelas e nossa galáxia fazendo parte disso.

Mais distante, observamos outras nebulosas, pequenas e menos brilhantes do que as grandes nebulosas. Estas são, com efeito, objetos semelhantes, mas situados mais longe. Observamos até uma distância estimada próxima de um bilhão de anos. Estas nebulosas estão situadas à distâncias mútuas de um milhão e meio de anos; sua distribuição apresenta grandes flutuações de densidade, mas sem nenhuma tendência a uma diminuição de densidade nas regiões exteriores, de tal modo que não há nenhuma indicação de que conseguiremos chegar no limite do sistema das nebulosas como conseguiremos observar a região exterior da galáxia, lá onde as estrelas começam a se rarefazer.

Além disso, as simples flutuações na distribuição das nebulosas extra-galácticas, existem verdadeiros amontoados de nebulosas, onde várias centenas de nebulosas estão reunidas a distância de uma dezena de vezes menos que sua distância normal.

Estes amontoados têm, de um ponto de vista técnico, um papel essencial para o estudo das nebulosas, pois que nos apresentam várias centenas de objetos situados à mesma

distância de nós. Eles têm, entre outras, mostrado que é muito raro observar uma nebulosa dez vezes mais brilhante ou dez vezes menos brilhante que a média, ao passo que isso é comum para as estrelas. A determinação das distâncias relativas das nebulosas, e sobretudo o amontoado de nebulosas, é, portanto, comparativamente um problema fácil.

Em julgar pela posição dos traços de seu espectro, as nebulosas são animadas por velocidades extremamente consideráveis. No amontoado mais próximo de nebulosas, aquele de *Virgo*, as velocidades observadas se escalonam de zero até três mil quilômetros por segundo. Além disso, esta grande dispersão das velocidades em um mesmo amontoado de nebulosas, há um movimento médio de afastamento que é tanto maior que a maior distância do amontoado de nebulosas.

Um fenômeno semelhante se observa pela nebulosas isoladas. A velocidade de afastamento é tal o suficiente para percorrer a distância que nos separa da nebulosa em questão em dois bilhões de anos.

É nisto que consiste a expansão do sistema de nebulosas ou expansão do universo.

Se a astronomia e a mecânica celeste têm uma parte essencial para estabelecer o problema cosmogônico, elas têm uma terceira ciência que lhe traz uma contribuição importante, a física.

A matéria é radioativa. A radioatividade é um fenômeno de grande importância do ponto de vista cosmogônico, porque é um fenômeno que se gasta e portanto, um fenômeno que deve ter sido o mais importante no passado.

O rádio desaparece mais ou menos em mil e seiscentos anos. Se ainda podemos encontrar o rádio em nossa velha terra, é porque ele existe num corpo radioativo de vida muito longa, o antepassado do rádio, o urânio. Este se gasta em 4,4 bilhões de anos aproximadamente, dando lugar a toda uma série de produtos entre os quais encontra-se o rádio.

Deixando de lado os detalhes destas transformações podemos dizer que finalmente o urânio é dissolvido num átomo de chumbo e oito átomos de hélio. Estes últimos são ejetados com grandes velocidades e constituem os raios alfa.

Se existisse um minério de urânio antigo de quatro bilhões de anos, ele deveria conter tanto chumbo quanto urânio. Um tal minério não existe. Sabemos isto pela observação do

teor de chumbo dos minerais de urânio encontrados em diversas camadas geológicas após fixar a duração destas; assim, descobrimos que as rochas antigas têm dois bilhões de anos.

Mas o urânio em si, de onde vem? Ele mesmo é um parente desconhecido? Existe há muito mais que quatro bilhões de anos. Mas então o que o chumbo produz? Não há mais chumbo que urânio.

Recentemente surgiu [a ideia de] que a radioatividade, longe de ser um fenômeno especial a algumas famílias de corpos, é um fenômeno completamente geral.

Não existe chumbo que seja um elemento estável produzido pela desintegração de um corpo radioativo. Ao lado da radioatividade natural existe a radioatividade artificial que mostra que todos os corpos estáveis podem ser o produto da desintegração dos corpos radioativos que é possível ser produzido artificialmente. Esses corpos não mais existem, sem dúvida porque não há em sua ascendência um ancestral tal como o urânio tendo uma vida média suficiente, mas podemos artificialmente fazer-lhe percorrer no sentido inverso, os últimos estados que os elementos da família radioativas naturais ainda percorrem.

A hipótese de que todos os corpos atuais resultam de transformações radioativas encontrou recentemente uma certa base experimental.

Esta hipótese fora proposta então quando fatos experimentais ainda não eram conhecidos, partindo de considerações de uma outra natureza.

Sabemos que, se a energia se conserva em quantidade total, ela tem uma tendência a se degradar, ou seja, a se modificar de um modo unilateral tal como certa quantidade, a "entropia" aumenta em todo sistema fechado.

O caso mais simples e fundamental é aquele em que se aplica as noções das radiações dos corpos negros acompanhados do mínimo de matéria necessária para realizar os equilíbrios termodinâmicos.

Encontramos neste caso, que a entropia da radiação negra é medida pelo número de fótons que a constitui, e que as misturas irreversíveis, a energia, cujo montante permanece o mesmo, é repartido em um número maior de pacotes elementares, de quanta, de fótons distintos.

Do ponto de vista quântico, o princípio de degradação da energia surge, portanto, como um princípio de pulverização da energia.

As transformações radioativas fornecem um outro exemplo de transformações irreversíveis, onde um núcleo atômico se divide em nove fragmentos; pulverização de energia primitivamente condensado.

Estes dois exemplos extremos permitem afirmar que a transposição em linguagem quântica do princípio de degradação da energia, é que a matéria existe por pacotes de energia ou quanta distintos e que, no funcionamento natural das transformações, a energia total sempre se encontra finalmente repartida em um número sempre crescente de fragmentos.

Considerando uma origem fotônica da matéria, *Jeans* sugeriu-a como um começo possível, de radiação eletromagnética de curto comprimento de onda que apresentaria, sem dúvida, diz ele, as possibilidades necessárias. Mas quem diz curto comprimento de onda, diz grande frequência, posto que a energia individual dos fótons é proporcional a sua frequência, fótons de grande energia individual e, portanto, em pequeno número.

Estas considerações nos conduzem a ver como condição inicial que o universo atual pôde evoluir pela natureza das leis físicas e mecânicas conhecidas, aquilo que chamei de a *hipótese do átomo primitivo*³.

Após esta hipótese, o universo teria começado no estado onde a energia total estava concentrada em um único quanta, em um único pacote de energia que não pôde ser representado de outra maneira senão como um raio atômico.

A tendência da matéria a se pulverizar não seria aqui outra coisa que a instabilidade radioativa do átomo primitivo; os fragmentos, eles mesmos radioativos, se desintegraram em seus movimentos como o fazem os membros sucessivos das famílias naturais de corpos radioativos. A fragmentação parou quando atingiu os elementos estáveis, onde possuem corpos de vida média, como o urânio.

³ Grifo conforme o original. Aqui, especificamente, o autor se refere ao texto de mesmo título publicado anteriormente, inserido no livro **L'Hypothèse de l'Atome Primitif**: essai de cosmogonie. Préface de Ferdinand Gonseth. Neuchatel: Éditions du Griffon, 1946. 203p. Nota do tradutor.

O átomo primitivo não deve ser considerado como um transurânio. Este pode ser um isótopo de massa extremamente grande dos corpos atuais e, mais provavelmente do nêutron.

Existe atualmente uma tendência a conferir aos núcleos atômicos uma certa estrutura e uma certa complexidade. A física do núcleo ainda está na infância, e não parece estabelecer que o núcleo seja realmente um complexo de partículas elementares. Portanto, se esta tendência deveria prevalecer, bastaria considerar o átomo primitivo como realizando o máximo de concentração e o mínimo de entropia. Seríamos levados, sem dúvida, a conceder um raio que não seria nulo, mas que teria alguns minutos de luz e, astronomicamente falando, seria insignificante em face das dimensões atuais do universo.

Uma hipótese como esta do átomo primitivo contrasta com objeções, que, à primeira vista, lhe parece ser fatal.

Em primeiro lugar, onde estava este átomo, no momento de sua desintegração e como compreender sua origem como um fenômeno também estritamente localizado, desenha finalmente um universo em que as observações astronômicas mostram ser globalmente homogêneo.

Uma segunda dificuldade é causada pela irradiação, cujas mesmas são acompanhadas pelas transformações radioativas, irradiação que não pode deixar de ser produzida e sem dúvida, com uma energia ainda bem maior, pelas transformações de quem teve que colocar em jogo massas atômicas consideráveis. O que aconteceu com esta irradiação, não deveríamos observar?

Enfim, terceira dificuldade, como conceber que, o que parte da desintegração primitiva seja obtido num tempo que não seja maior que aquele da vida média do urânio, o universo formado por estrelas organizados em galáxias.

Vamos explicar como se resolvem estas três dificuldades.

A primeira se explica pelas concepções geométricas introduzidas em 1854 por *Riemann*. Riemann observou de maneira simples que não existe nenhuma conexão lógica entre as duas seguintes noções: aquela com volume de medida completa e aquela por uma extensão limitada por uma fronteira que se separa por uma extensão exterior. A conexão que o "bom sentido" estabelece entre estas duas noções, logicamente independentes, é devido unicamente a intuição geométrica que adquirimos nas experiências geométricas sobre as

quais se baseia nosso bom senso. Em outros termos, rejeitamos a possibilidade de um espaço sem limite que tivesse, portanto, um volume finito, não porque seria absurdo, mas porque nunca vimos nada semelhante.

Como não temos nenhuma intuição direta de um espaço de milhões ou bilhões de anos luz, e como as propriedades geométricas podem muito bem depender de suas dimensões, de tal modo que a semelhança geométrica não seria mais que uma aproximação por figuras muito pequenas, as únicas que conhecemos diretamente, e poder-se-ia muito bem que o espaço real seja de volume finito e não tivesse fronteira.

Poderíamos ainda conceber que em todas as direções há um comprimento dispendo de dez bilhões de anos luz, encontraríamos um ou outro destes raios movimentando-se em todas as direções sobre todas as nebulosas que existem. Fora do espaço delimitado, não há nada. Mas você me diz o que aconteceria se quisermos prolongar um destes raios de dez bilhões de anos luz. A solução dos geômetras é a seguinte: este raio exposto por sua extremidade contra a extremidade do raio semelhante conduzido da direção oposta. É impossível imaginar isto com uma imaginação que não poderia instruir nos volumes minúsculos na escala humana. Mas não existe nenhuma dificuldade em conceber dois emissários percorrendo dez bilhões de anos luz nas duas direções opostas encontrando-se finalmente frente a frente. Se representamos uma pequena parcela da humanidade, aquilo que afirmamos pelo espaço total, somos conduzidos a representar todo o espaço no interior de uma pequena esfera; tem uma fronteira, mas sobre esta fronteira os pontos reais são representadas duas vezes, como sobre um planisfério nos pontos do meridiano cento e oitenta que são representados duas vezes nas duas bordas do mapa.

Nosso mapa esférico do espaço é limitado por uma fronteira, a borda do mapa. Quando atingirmos esta margem parece forçoso a partir do mapa se queremos continuar avançando, sendo suficiente lembrarmos que este ponto da margem que atingirmos é também representado no ponto oposto da esfera, podemos então, passando desta outra representação ao mesmo ponto, continuar a viagem na direção do interior.

A linha reta formada pelos dois raios opostos de dez bilhões de anos luz é uma união num único limite fechado, tendo como extensão total, ou "medida da linha reta" vinte ou trinta bilhões de ano luz. Por razões técnicas designamos sobre o nome de raio do espaço o terço da medida da linha reta.

É concebível que a linha reta, ou aquilo que retorna ao mesmo raio do espaço, varia com o tempo. Obtendo, então, aquilo que chamamos de espaço de raio variável. Supomos que o raio aumenta com o tempo. As nebulosas que estão distribuídas no espaço e o preenchimento uniformemente vão, portanto, se separar umas das outras. Se, por exemplo, em linha reta estão alinhados vinte mil nebulosas que divisam esta linha reta em partes iguais, então, quando o comprimento da linha aumenta, é necessário que a distâncias das nebulosas individuais aumentem na mesma proporção. Encontramos o fenômeno astronômico da dilatação do sistema das nebulosas, e interpretamos agora como uma indicação daquilo que o raio finito do espaço está bem disposto a aumentar.

No passado, o raio do espaço fora menor. Nada nos impede de supor que no momento em que o átomo primitivo se desintegrou, o raio do espaço fosse extremamente pequeno, de tal modo que este átomo, o qual representamos como não tendo uma dezena de minuto de raio de luz, preencheu todo o espaço, o raio deste não era maior. Astronomicamente falando, diremos que o raio do espaço parte do zero, no momento em que o átomo começa a desagregar. Os fragmentos resultantes desta desintegração podem, portanto, completar uniformemente o espaço de raio crescente quando a desintegração progride e o raio aumenta/cresce, a matéria continua a ocupar uniformemente todo o espaço. Concebemos como da desintegração do átomo primitivo pode resultar um universo globalmente homogêneo.

Tal é a explicação da primeira dificuldade.

A segunda dificuldade é relativa aquela que advém da irradiação emitida então das desintegrações sucessivas.

Em primeiro lugar, podemos mostrar que a intensidade desta irradiação é reduzida na proporção igual àquela do raio do espaço no instante da emissão, ao raio no instante da observação.

Os primeiros raios foram perdidos pela observação, raios que nos chegam correspondendo para um compromisso entre a energia de emissão que sem dúvida tem diminuído à medida que fragmentação avança e o fator de redução aumenta à medida que aumenta o raio do espaço.

Parece que este raio possa ser identificado com os raios cósmicos. Isto está de acordo com a qualidade dos raios cósmicos, cuja uma parte ao menos tem uma intensidade

individual que ultrapassa todo fenômeno, mesmo nuclear, atualmente existente. Isto parece indicar que ele corresponde aos fenômenos atualmente extintos.

Do ponto de vista quantitativo, devemos comparar a intensidade total dos raios cósmicos àqueles de toda a matéria, já que é toda a matéria, que está atualmente organizada em estrelas, que deu origem a eles.

Einstein mostrou que a energia é equivalente a matéria, e dedicou uma fórmula simples que permite dizer quanto de gramas pesa a unidade de energia um erg⁴. Portanto, podemos transformar em gramas por centímetro cubo os cálculos obtidos pelos físicos para a intensidade da irradiação cósmica em ergs por centímetros quadrado (é necessário dividir por c³). Encontramos 10⁻³⁴ grama por cm³, por outra parte encontramos 10⁻³⁰ g para a matéria das nebulosas, supondo repartida uniformemente em todo o espaço. Para um fator de redução devida à expansão de cem ou mil, julgamos que os raios são um ou dez por cento de energia material. Isto é o que é preciso esperar pela irradiação de transformações análogas às transformações radioativas atuais.

A densidade 10⁻³⁰ g/cm³ foi obtida se baseando sobre a distância média das nebulosas e sobre a observação espectroscópica da rotação em torno do seu centro por algumas das mais brilhantes entre elas. A massa é então estimada supondo que a atração gravitacional que ela exerce sobre um ponto extremo é suficiente para compensar a força centrífuga devido a rotação que tende escapar no espaço.

Para esclarecer o terceiro ponto, precisamos falar da teoria da relatividade.

Einstein mostrou que a teoria da gravitação de *Newton* é uma aproximação de uma teoria mais profunda, onde a matéria aparece como uma manifestação do caráter não-euclidiano do espaço ou antes do espaço-tempo.

Esta teoria é confirmada pela observação de pequenos intervalos à lei de *Newton* que a história prevê, cuja a mais célebre é uma pequena perturbação do planeta *Mercúrio*, pelo qual *Leverrier* [Le Verrier] outrora teve o azar de predizer à distância de um planeta, do qual havia calculado os elementos e que deu o nome de *Vulcão*, mas que não se mostrou fiel ao encontro matemático. Esta perturbação é uma consequência da nova teoria.

⁴ "erg" é uma unidade de medida de energia no sistema centímetro-grama-segundo (CGS) na área da física. (Nota do tradutor).

A teoria da relatividade prever ainda que, mesmo à aproximação newtoniana, uma outra força poderia estar presente, ao lado da atração em razão inversa do quadrado da distância; esta outra força, contrariamente à primeira, aumentaria com a distância. Ela poderá ser totalmente insensível na observação dos planetas e não se manifestar quando as distâncias se tornarem muito grande, ou seja, à escala cósmica. Esta força depende de uma constante a qual dá-se o nome de constante cosmológica. A teoria não indica nem sabe sua grandeza nem sua marca (ela não mais indicaria outro lugar que aquele da constante de atração universal). O caso interessante é aquele em que a nova força seria uma repulsão, pois então ela poderia contrabalançar a atração newtoniana e conduzir a um equilíbrio entre as duas forças.

É possível calcular a constante cosmológica, se se conhece a densidade da matéria. Para o valor 10^{-30} g/cm^3 indicado mais acima, e para o valor da expansão em dois milhões de anos, sabemos que a repulsão cósmica o levou atualmente para a atração gravitacional e que estas duas forças se equilibraram quando o raio do espaço era um dezena de vezes menor do que é agora. Estes cálculos oferecem para o raio atual o valor aproximando de dez milhões de anos-luz, do qual fazemos o melhor uso.

Como no amontoado de nebulosas, a distância das nebulosas é aproximadamente dez vezes menor que para as nebulosas isoladas, interpretamos estas nebulosas como regiões que ainda estão parcialmente em equilíbrio. Há, portanto, uma dificuldade proveniente da atividade das nebulosas deste amontoado, atividade que parecerão fazer se dissipar o sistema. Mas por outro lado, o amontoado constitui um centro de atração para as nebulosas exteriores e estas podem, em certa medida, substituir as nebulosas que escapam.

Assim, somos conduzidos a admitir que o raio do espaço, tomado praticamente do zero, aumentou com uma velocidade cada vez menor, alcançou e ultrapassou lentamente o valor de um bilhão de anos onde a atração e a repulsão foram equilibradas e a expansão em seguida retomou a um ritmo acelerado.

Esta passagem lenta atravessou o equilíbrio que nos dará a solução de nossa terceira dificuldade. Com efeito, este equilíbrio é instável. É o suficiente para pequenos intervalos locais de densidade e velocidade nas condições médias que asseguram este equilíbrio, porque localmente, a expansão desacelera no lugar de seguir uma retomada da expansão, isto é, seguindo por uma contração. Localmente a matéria pende na direção de um centro accidental de condensação, ao passo que em seu conjunto o sistema retoma a sua expansão. As

condensações locais se separam, portanto, umas das outras como as nebulosas extra-galácticas.

O desenvolvimento ulterior da teoria depende da ideia que se pode fazer do estado da matéria quando se produzem essas condensações locais que devem ser interpretadas como nebulosas extra-galácticas.

É preciso encontrar para este estado intermediário as condições que resultaram da desintegração inicial e que resultou o mundo atual.

Creio que devemos representar, no estado intermediário, a matéria como formada de nebulosas gasosas animadas umas em relação as outras com enormes velocidades.

Essas nebulosas teriam a densidade equilibrada e quase não teriam a tendência para se concentrarem. Se, ao contrário, duas dessas nuvens viessem a se encontrar, elas se achatariam uma sobre a outra enquanto a energia cinética se dissipasse na radiação; uma vez a contração iniciada, a atração gravitacional, dominando a repulsão cósmica, transformaria o sistema em uma estrela, ou, se o momento angular for suficiente, num sistema de estrelas e de satélites.

Esses encontros entre nebulosas se formam, sobretudo, nas regiões de condensação onde as nuvens se precipitam umas sobre as outras. Isto terá duas consequências. Primeiramente uma parte notável das nuvens se transformará em estrelas. Em segundo lugar, portanto, da dissipação da energia, por ocasião das colisões entre as nuvens, o sistema poderá adquirir um grau elevado de condensação central.

A suposição de que as nebulosas [nuvens] se movimentam por grandes velocidades relativas é necessário para explicar que, no amontoado de nebulosas, as nebulosas individuais sejam animadas por enormes velocidades.

Devemos conceber, com efeito, que uma nebulosa anormalmente densa possa servir de núcleo de condensação em torno do qual vai se formar uma nebulosa. Este núcleo poderá conter, entre as nuvens que passam próximo dele, que elas tenham quase a mesma velocidade que o núcleo; outras escapam à sua atração. A velocidade das nebulosas é, portanto, uma manifestação da velocidade das nuvens a partir das quais elas são formadas.

As ideias que indicamos são suscetíveis de um estudo quantitativo. Podemos deduzir as condições iniciais de formação de uma nebulosa, um núcleo central retendo todas as

nuvens até a velocidade de escape. Este problema é fácil e está resolvido. Mas ainda precisa seguir o efeito das colisões entre as nuvens em relação a sua repartição e o grau de concentração da nebulosas que elas formam. Este aspecto do problema é muito mais difícil e a solução está longe de ser concluída.

Se este cálculo pode ser efetivado, ele fornecerá uma distribuição teórica das densidades numa nebulosa. Como a distribuição real é conhecida pela observação fotométrica das nebulosas extra-galácticas, a comparação dos dois resultados, astronômico de uma parte, teórico de outra, poderá fornecer um confronto decisivo da teoria com os fatos.

Agora estamos persuadidos de que o estado intermediário da matéria, ou o estado pré-estelar, consiste em nuvens gasosas animadas por intensas velocidades; precisamos examinar, se podemos perceber a origem destas nuvens no quadro da nossa teoria.

A questão consiste em compreender como um gás pode se formar, partindo dos produtos de desintegrações sucessivas do átomo primitivo e de seus fragmentos. À princípio, devemos ter os núcleos atômicos animados por enormes velocidades, como nos raios alfa lançados pelo rádio, que são os núcleos do hélio. Mesmo os núcleos mais compactos, devem, como os raios canais, possuir grandes velocidades de recuo. Seguramente estas partículas devem, por vezes, se encontrar; mas as colisões muito violentas não podem ser, como no gás, choques elásticos; esses choques destruidores devem simplesmente provocar novas transformações nucleares. Como esta radiação pôde se separar numa parte que sobrou da radiação e se manteve como raios cósmicos, e uma parte que formou as nuvens gasosas onde nasceram as estrelas e as nebulosas?

É um fenômeno ligado a expansão do espaço que fornece um elemento de solução a este problema. Este fenômeno é muito análogo a diminuição da radiação seguida da expansão, que já mencionamos repetidamente em nossa exposição.

Para nos inteirar-se, retomamos nossa imagem dos pontos igualmente repartidos em linha reta provenientes de um mesmo centro e de comprimentos iguais a metade do contorno da linha reta.

Todos esses pontos se afastam do centro da representação com velocidades tanto maiores quanto mais se distanciam.

Eles representam a velocidade normal no universo em expansão.

Suponhamos agora que um átomo tivesse uma velocidade anormal. Suponhamos, por exemplo, que ele esteja no centro onde, em nossa representação, a velocidade normal é nula e que, ao contrário, ele seja animado por uma grande velocidade. Então, ele se afastará do centro seguindo um raio, atingirá regiões cada vez mais distantes, ou a velocidade normal não será mais nula; a maior velocidade com a qual ele se deslocaria deveria, portanto, ser cada vez menos anormal. No entanto, ele não sairá da representação. Se ele atingir a borda, retornará para a direção oposta. Se ele retorna ao centro, voltará com uma velocidade bem inferior àquela do início.

A única velocidade será, com efeito, reduzida em relação a expansão, ou seja, na relação dos valores do raio do espaço no começo e no fim.

Nos primeiros estágios da expansão, este fenômeno teve que reduzir consideravelmente as próprias velocidades, isto é, a diferença entre a velocidade individual e a velocidade normal no ponto onde a partícula atravessou.

Portanto, podemos compreender que para seguir esta atenuação/diminuição da dispersão das velocidades, os átomos tiveram alguma possibilidade de se encontrarem algumas vezes com as velocidades relativas suficientemente fracas para que o choque fosse elástico, e se isto renova o bastante com frequência e interesse um número suficiente de átomos, pelo qual uma gás localmente se forma.

Compreende-se que não se formam nuvens gasosas, pois o fenômeno que invocamos é muito pouco provável para ser produzido em todos os lugares ao mesmo tempo.

Compreende-se também que estas nuvens fossem animadas por enormes velocidades umas em relação as outras, uma vez que elas provêm de partículas rápidas viajando quase com a mesma velocidade, mas podendo haver uma grande velocidade comum.

Eis qual é a condição presente da hipótese do átomo primitivo; talvez ela pareça digna de ser tomada em consideração e ser trabalhada do ponto de vista técnico. Sem dúvida, também, julgará prudente suspender sua decisão esperando que uma comparação crucial possa ser feita com os fatos.

Não podemos concluir esta exposição sem considerar um momento a origem mesma que nossa teoria oferece ao universo o instante inicial, a fragmentação inicial. O instante em

que o espaço nasceu com um raio partindo do zero, o instante em que a multiplicidade nasceu na matéria.

Esta origem nos parece, no espaço-tempo, como um fundo que desafia nossa imaginação e nossa razão, opondo-se a uma barreira que elas não possam ultrapassar. O espaço-tempo nos parece semelhante a uma taça cônica. Progredimos em direção ao futuro seguindo as geratrizes do cone em direção a borda exterior da taça. Faz-se o caminho do espaço percorrendo um círculo normalmente as geratrizes. Quando elevarmos para o pensamento o curso do tempo, nos aproximaremos do fundo da taça, nos aproximaremos deste instante único, que não existia [até] ontem, porque [até] ontem não havia o espaço.

Começo natural do mundo, origem pela qual o pensamento não pode conceber uma pré-existência, pois que é o próprio espaço que inicia e não podemos conceber nada sem o espaço. O tempo parece ser rapaz de se prolongar à vontade para ao passado como para o futuro. Mas o espaço pode começar, e o tempo não pode existir sem o espaço; poderíamos dizer que o espaço estrangula o tempo, e impede de ouvi-lo além do fundo do espaço-tempo.

Mas esta origem é também o início da multiplicidade. É um instante onde a matéria é um único átomo, um instante em que as noções estatísticas que presumem a multiplicidade não encontram utilização. Podemos perguntar se nestas condições a noção de espaço não desaparece ao limite e não adquire progressivamente um sentido à medida que a fragmentação acaba, que as substâncias se multiplicam.

Devemos lamentar que nossas noções mais familiares desapareçam quando elas se aproximam do último termo, que elas não possam ultrapassar? Penso que não.

Finalizando não posso fazer melhor que recordar o vocábulo de *René Descartes* pela qual comecei e que se aplica sem dúvida, ao átomo primitivo: “*Mundus est fabula*”⁵.

⁵ O mundo é uma fábula. (N. T.).