

MARTINS, Roberto de Andrade. O pensamento científico moderno e a origem do mundo. In: **O universo: teorias sobre sua origem e evolução**. São Paulo: Editora Moderna, 1994. Obra esgotada. Atualmente disponível em <http://www.ifi.unicamp.br/~ghhc/Universo/intro.html>

## **CAPÍTULO 6 - O PENSAMENTO CIENTÍFICO MODERNO E A ORIGEM DO MUNDO**

### **6.1 O UNIVERSO SEGUNDO ARISTÓTELES**

Em cada fase da humanidade, a tentativa de explicar o surgimento do universo precisa tentar dar conta daquilo que se conhece sobre a estrutura do próprio universo. Quando se imaginava a Terra como sendo um disco achatado, coberto por uma cúpula hemisférica, era isso o que precisava ser explicado. Mas o conhecimento sobre o mundo foi mudando. Vamos voltar um pouco atrás no tempo, para poder compreender o surgimento do pensamento científico moderno, nos séculos XVI e XVII.

Na antiga Grécia, na época de Platão, já se sabia que a Terra era redonda. No século IV antes da era cristã, o grande filósofo Aristóteles, de Estagira (384 a 322 antes de Cristo) apresenta argumentos muito claros para mostrar a forma da Terra. Ele indica que, quando um navio se afasta do porto, uma pessoa que fica em terra vê, inicialmente, o navio todo que parece cada vez menor; mas, depois de uma certa distância, a parte de baixo do navio começa a ficar oculta pelo mar, e por fim só se vê a parte mais alta dos mastros. Se o mar fosse plano, isso não poderia acontecer. Tal acontece exatamente porque o mar é curvo. Da mesma forma, para se ver ao longe, no mar, é preciso estar em um ponto elevado. Nos navios, o melhor ponto de observação é no alto de um mastro. Em terra, o melhor ponto de observação é o alto de uma colina ou de um prédio alto. Se o mar fosse plano, a altura do observador não faria diferença nenhuma.

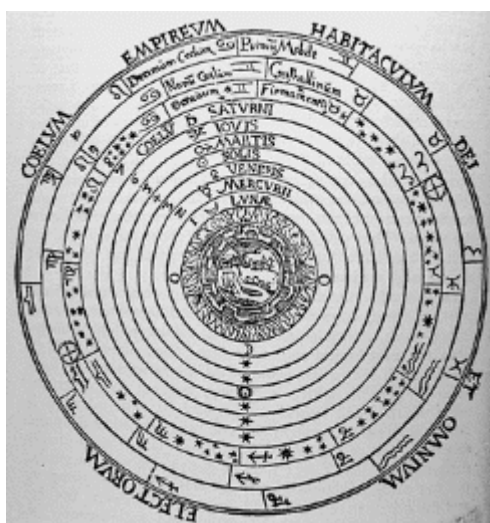
Outra indicação apresentada por Aristóteles é que, quando se viaja para o Sul, na África, começam a ser observadas estrelas que não são vistas na Grécia. Isso é correto. Sabemos que a constelação do Cruzeiro do Sul, por exemplo, não pode ser vista por quem esteja na Europa. Da mesma forma, nós, no Brasil, não podemos ver estrelas que estão próximas ao pólo Norte – como a constelação da Ursa. Isso também acontece por causa da curvatura da Terra: se ela fosse plana, seria possível ver exatamente as mesmas partes do céu de qualquer ponto em que estivéssemos.

Por fim, outro tipo de fato indicado por Aristóteles vem da observação de eclipses da Lua. A Lua é eclipsada na fase de Lua Cheia, quando a Terra fica entre o Sol e a Lua. Quando isso acontece, a sombra da Terra é projetada sobre a Lua, e a encobre parcialmente ou totalmente. A Lua é menor do que a Terra, por isso não se pode ver a sombra toda da Terra projetada sobre ela. Mas pode-se observar partes dessa sombra, e ela é sempre arredondada. Se a sombra da Terra é sempre redonda, isso indica que a própria Terra é redonda. Se a Terra fosse um disco, a sombra não seria sempre redonda. Todos esses argumentos, que Aristóteles apresentou mais de dois mil anos atrás, são perfeitamente válidos até hoje.

Não se sabe exatamente como surgiu essa nova concepção, mas ela deve ter sido sentida, na época, como uma das maiores revoluções do pensamento humano. Antes, pensava-se que o mundo terrestre tinha um limite: se alguém navegasse pelo oceano, acabaria chegando ao final do mesmo – e, lá, o que aconteceria? Encontraria um precipício, onde as águas cairiam? Acharia o ponto de encontro do Céu com a Terra? Ninguém sabia.

Com a nova visão do mundo terrestre redondo, tudo ficava diferente: era possível navegar sempre, pelo oceano, sem nunca chegar ao fim do mundo. Se uma pessoa pudesse caminhar sempre na mesma direção (para Leste, por exemplo), acabaria voltando ao ponto de partida. Tudo isso era muito diferente e estranho. Mas havia conseqüências ainda mais “absurdas”: em qualquer lugar da Terra, devem poder existir pessoas, e portanto poderiam existir pessoas que estão de cabeça para baixo, em relação a nós, e que não caem da Terra. Além disso, a própria Terra não está apoiada nem presa a nada, e apesar disso não cai. Idéias como essas devem ter sido consideradas como muito difíceis ou mesmo como impossíveis.

Aos poucos, no entanto, a visão de uma Terra esférica foi sendo aceita. Aristóteles desenvolveu uma nova Física, na época, para tentar compreender essas coisas. Estudando o movimento dos objetos terrestres, ele concluiu que existem coisas “pesadas”, como os sólidos e líquidos, que caem em direção ao centro da Terra; e outras coisas “leves”, como o ar e o fogo, que se afastam do centro da Terra. No entanto, ele pensou que isso não poderia ocorrer por causa da própria Terra. Imaginou que todos os corpos pesados possuem uma tendência natural de se aproximarem do centro do universo, assim como os corpos leves tentam se afastar do centro do universo. Assim sendo, deve se formar naturalmente um aglomerado de matéria pesada no centro do universo e, como essa matéria pressiona, de todos os lados, para esse ponto central, forma-se uma grande massa redonda, que fica parada e que não cai para nenhum lado, pois é empurrada igualmente por todos os lados, em direção ao centro. Isso explicaria por que a Terra não cai.



A estrutura do universo, segundo Aristóteles e Ptolomeu: a Terra ocupa o centro do universo, e os quatro elementos preenchem todo o espaço abaixo da esfera lunar. Acima dela, haveria uma série de cascas esféricas onde se moveriam os diversos planetas. A última casca seria o céu estrelado.

Por outro lado, Aristóteles observou que os astros (estrelas, planetas, Sol, Lua) não caem em direção à Terra, nem se afastam dela. Por isso, concluiu que não podiam ser formados nem por elementos pesados, nem por elementos leves, ou seja: não poderiam ser formados nem por terra, nem água, nem ar, nem fogo. Ele propôs que todos os corpos celestes são formados por um “quinto elemento”, o éter. O universo seria, assim, dividido em duas partes totalmente distintas. O mundo celeste, a partir da Lua, seria feito de éter. O mundo terrestre, ou sublunar (abaixo da Lua), seria formado por terra, água, ar e fogo.

Aristóteles pensava, como quase todos os antigos, que era impossível a existência de espaços totalmente vazios de matéria. Por isso, imaginou que a atmosfera chegaria até a altura da Lua e que, a partir daí, haveria uma série de esferas transparentes, encaixadas umas nas outras, que girariam em torno da Terra, arrastando os planetas. Essas cascas esféricas, feitas de éter, foram chamadas de “orbes”. A casca mais distante seria a esfera das estrelas, e o universo terminaria aí. Podemos perguntar: e o que haveria depois da última esfera? Haveria um espaço vazio?

Aristóteles responde que não. Para Aristóteles, um espaço é uma região cercada por alguma coisa material (por exemplo, o espaço dentro de uma garrafa, que é cercado pelo material da garrafa). O espaço ou lugar onde eu estou é determinado pelas coisas que estão em volta de mim e que me cercam, envolvem e tocam: o ar, o assento de uma cadeira, etc. Ora, se o universo é tudo aquilo que existe, não há nada fora do universo que possa tocá-lo ou cercá-lo. Por isso, ele não está em lugar nenhum, não está em nenhum espaço. Também não se pode falar sobre o espaço onde não existe nada. Por isso, não se pode falar sobre os espaços fora do universo.

## 6.2 A ASTRONOMIA GREGA

Aristóteles não era um astrônomo. Seu interesse era explicar o universo, mas sem entrar em detalhes e sem fazer cálculos. Os astrônomos, que estudavam os movimentos das estrelas, adotaram em geral uma concepção parecida com a de Aristóteles. Praticamente todos aceitavam que a Terra estava parada no centro do universo, embora alguns (como Aristarco, de Samos – 310 a 230 antes de Cristo) afirmassem que a Terra girava em torno do Sol. O argumento de Aristarco se baseou nas suas avaliações de tamanho dos astros. O tamanho da Terra já era conhecido na época de Aristóteles; mas discutia-se muito se o Sol e a Lua eram muito menores, ou de tamanho semelhante, ou muito maiores do que a Terra. Aristarco fez as primeiras medidas das distâncias da Terra até a Lua e o Sol, e verificou que a Lua era menor do que a Terra, mas o Sol era muito maior. Concluiu, por isso, que o Sol era mais importante, e que não poderia ficar girando em torno da Terra. No entanto, as idéias de Aristarco não foram aceitas, na sua época.

Sabia-se, há muito tempo, que a Lua estava mais próxima de nós do que o Sol. De fato, a Lua pode passar entre a Terra e o Sol, produzindo eclipses solares; isso só pode acontecer se ela está mais perto de nós do que o Sol. Nada se sabia sobre as distâncias dos planetas. Conheciam-se, na Antigüidade, a existência de Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Sabia-se que Mercúrio e Vênus tinham alguma ligação com o Sol, pois nunca são vistos muito longe dele. Por isso, pensava-se que eles deviam estar mais ou menos à mesma distância que o Sol – um pouco mais próximos ou um pouco mais distantes. Quanto aos outros planetas, há alguns que se movem muito lentamente, em relação às estrelas, e outros que se movem mais rapidamente. Pensava-se que os que se moviam mais lentamente eram os mais distantes da Terra. Nesse caso, Marte, que demora quase dois anos para percorrer os signos do zodíaco, estaria mais próximo. Depois viria Júpiter, que demora quase 12 anos para dar uma volta em relação às estrelas, depois Saturno, cujo período é de quase 30 anos. Mas tudo o que se acreditava sobre suas distâncias eram suposições. Não havia nenhum modo de medir essas distâncias, na época.

O mais famoso astrônomo da Antigüidade foi Claudio Ptolomeu, que viveu no século II depois de Cristo. Ele aceitou as idéias de Aristóteles, e elaborou uma detalhada teoria matemática dos movimentos dos planetas. Sua teoria permitia prever, com grande precisão, a posição de qualquer planeta, em qualquer época. Durante muitos séculos, seu trabalho não foi ultrapassado por outros astrônomos.

Na época em que as grandes navegações levaram os europeus à América, à Ásia e ao sul da África, ainda se acreditava que a Terra estava parada no centro do universo, imóvel. Em torno dela, existiria uma camada de ar, de altura desconhecida; e, depois, a série de cascas esféricas ou “orbes”, com os astros. O orbe mais distante da Terra seria a esfera das estrelas fixas, onde estariam todas as constelações. Esse orbe não seria muito distante: apenas uma distância algumas vezes maior do que a que existe entre o Sol e a Terra. As estrelas, presas a essa esfera mais distante, eram imaginadas como coisas muito menores do que o Sol e semelhantes aos planetas. O universo seria relativamente pequeno, indo apenas até onde nosso olhar alcança. Depois disso, não existiria mais nada, ou talvez um espaço vazio, ou ainda um caos impossível de ser conhecido, ou o Céu divino. No centro de tudo, estaria a Terra e o homem, para quem tudo foi criado, de acordo com a tradição bíblica.

Como vimos, os atomistas defenderam a idéia de um universo infinito, cheio de mundos de muitos tipos. Mas essa idéia não foi aceita, durante o período medieval.

### 6.3 O MODELO HELIOCÊNTRICO DE COPÉRNICO



Nicolau Copérnico, astrônomo que propôs o modelo heliocêntrico para o universo.

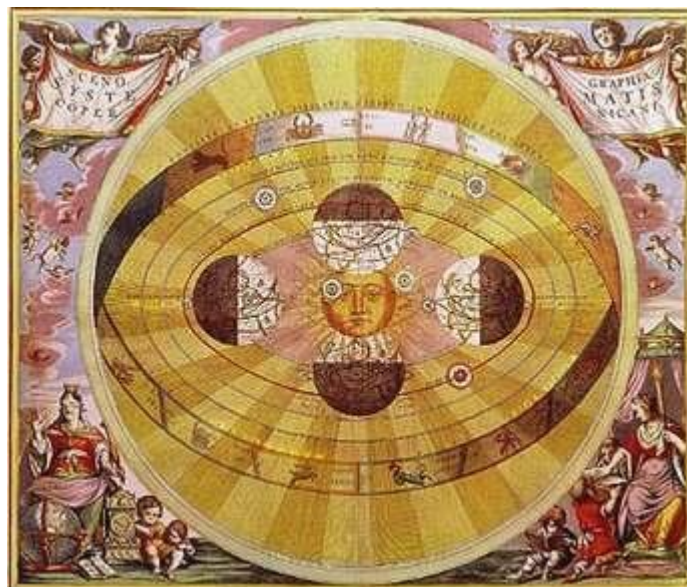
Nos séculos XVI e XVII, a Europa passa por uma fase de grande ebulição intelectual e de renovação científica. Ao contrário do período do Renascimento, no qual a Antigüidade era valorizada acima de qualquer outra coisa, agora, no início da Idade Moderna, os pensadores europeus adquirem uma grande independência e ousam aventurar-se, como navegantes intelectuais, em novos mundos.

É no século XVI que surge Nicolau Copérnico (1473-1543) e uma nova teoria astronômica. Como todos sabem, Copérnico propõe uma teoria heliocêntrica, na qual o Sol é o centro em torno do qual se movem todos os planetas; e a própria Terra é tirada do centro do universo e considerada apenas como um dos planetas, girando em volta do Sol. Mas a visão geral de Copérnico não era totalmente diferente da antiga. Ele ainda acreditava em orbes transparentes, encaixados e girando uns dentro dos outros. A diferença é que eles estariam girando em torno do Sol e não da Terra.

Foi Copérnico quem conseguiu, pela primeira vez, estabelecer as distâncias dos vários planetas. Em linhas gerais, a estrutura do sistema solar proposta por ele ainda é aceita. Na sua teoria, Mercúrio era o mais próximo ao Sol, seguido de Vênus, da Terra, Marte, Júpiter e, por fim, Saturno. Ele foi capaz de comparar essas distâncias, e mostrar, por exemplo, que a distância de Saturno ao Sol é cerca de 10 vezes maior do que a distância entre a Terra e o Sol; e que a distância de Mercúrio ao Sol é pouco mais de um terço da distância da Terra ao Sol. As distâncias das estrelas não podiam ser determinadas: mas Copérnico supôs que eram muito mais distantes do que Saturno.

A teoria de Copérnico não foi aceita, logo que foi proposta, por muitos motivos. Ela colidia com toda a ciência de sua época e parecia em contradição com os fatos conhecidos. Não sentimos nenhum efeito do movimento da Terra. Se ela se movesse, não deveria surgir algum efeito disso? Além de ser estranha, ela entrava também em conflito com toda a tradição cultural e religiosa. Foi, por isso, considerada como uma hipótese curiosa e engenhosa, que permitia fazer cálculos astronômicos, mas que não descrevia a realidade.

No entanto, algumas pessoas começam a se convencer de que a teoria de Copérnico era verdadeira. Um deles foi o italiano Giordano Bruno. Ele aceitou e levou a teoria heliocêntrica de Copérnico às suas conseqüências mais extremas, do ponto de vista filosófico. Admitiu que as estrelas estão muito mais distantes de nós do que qualquer planeta ou do que o Sol, e que são outros tantos sóis, com planetas à sua volta. O nosso mundo, com a Terra, o Sol, a Lua e os planetas, seria apenas um dos infinitos mundos em um universo infinito. Todos ou muitos desses mundos poderiam ser habitados. A humanidade não teria importância nenhuma para o universo como um todo, sendo ridículo pensar que tudo pudesse ter sido criado para o homem.



A concepção do universo segundo Copérnico: o Sol ocupa o centro do universo, cercado pelas esferas nas quais se movem os diversos planetas.

Em uma de suas obras, “A ceia dos penitentes”, Bruno considera que Copérnico libertou a humanidade de uma prisão intelectual, expandindo o universo até o infinito:

*Quem poderia louvar dignamente a grandeza desse Alemão que, com pouca consideração pela multidão tola, voltou-se contra a torrente da opinião vulgar... ; que libertou o espírito humano e o conhecimento, que estavam limitados na prisão estreita do ar turbulento onde, como por certos furos, as estrelas distantes podiam nos olhar... Ele que atravessou o ar, penetrou o céu, espalhou as estrelas pelo infinito, rompeu as fronteiras do mundo, dissipou as fantásticas muralhas da primeira esfera, da oitava, da décima e de quantas outras quiserem adicionar.*

Embora se baseie em Copérnico, Giordano Bruno vai muito mais longe do que ele. Copérnico ainda mantinha uma idéia de esferas que produziam o movimento dos astros. Ele não chega a defender a idéia de um universo infinito, embora tenha afirmado que as estrelas estariam muito mais distantes de nós do que se pensava. O que levou Bruno às suas concepções não foi o conhecimento astronômico da época, nem a observação. Ele próprio afirma que não temos nenhum sentido capaz de perceber o infinito e que, portanto, jamais poderíamos constatar, pela observação, que o universo não tem limites. No entanto, ele defende a idéia de que um universo finito é incompatível com o poder de Deus. Se Deus pudesse criar um universo infinito, por que motivo não o criaria? Só há duas respostas possíveis: ou porque não pode ou porque não quer. Mas um Deus que não pode criar um universo infinito não é Deus, pois não é onipotente. E um Deus que pode mas não cria um universo infinito seria preguiçoso.

Percebe-se em Bruno todo um desejo de liberdade, em todos os sentidos, que se manifesta tanto em sua concepção do universo sem limites como em todo o seu pensamento. Romper as fronteiras do mundo é, simbolicamente, libertar a humanidade de qualquer limitação para poder pensar e agir livremente. Pois Bruno também acredita na antiga concepção de identidade entre o homem e o universo: ele afirma que pela contemplação do macrocosmo pode-se facilmente chegar ao conhecimento do microcosmo (o homem), cujas partículas correspondem às partes do macrocosmo. Mudando-se a concepção do universo muda-se também a concepção sobre o homem.

Giordano Bruno foi queimado pela Inquisição, em 1600, pelas suas idéias. Mas outras pessoas continuaram a aceitar e a defender o pensamento de Copérnico. Galileo Galilei (1564-1642) foi um dos mais famosos defensores do heliocentrismo, tendo proposto uma nova física, diferente da de Aristóteles, para tornar aceitável que a Terra se move em torno do Sol. Por sua defesa da teoria de Copérnico, Galileo foi perseguido pela Inquisição, mas não recebeu nenhuma penalidade mais grave.

Entre outras coisas, Galileo descobriu, por meio de um telescópio, a existência de “luas” (satélites) que se moviam em torno de Júpiter e observou a existência de montanhas na Lua. Esses estudos ajudaram a romper com a visão que se tinha anteriormente de que o mundo celeste era algo totalmente diferente do mundo terrestre. No entanto, como Galileo não desenvolve nenhuma proposta cosmogônica, não iremos discutir aqui suas idéias.

#### 6.4 A ORIGEM DO UNIVERSO SEGUNDO DESCARTES



René Descartes pintado por Frans Hals.

Um dos grandes pensadores da primeira metade do século XVII foi o francês René Descartes (1596-1650). Afastando-se da tradição bíblica, Descartes tentou imaginar como o universo todo poderia ter se originado e produzido tudo o que conhecemos, sem a intervenção divina. No entanto, sua proposta não foi um ataque aberto à religião. Ele admitiu a existência de Deus e afirmou que o início absoluto do universo é devido à ação de Deus. Mas supôs que Deus apenas precisou criar a matéria e o movimento e que as leis naturais determinaram tudo o que ocorreu depois.

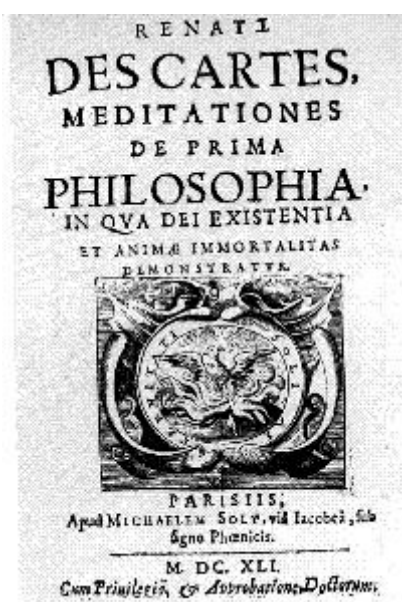
Descartes estava concluindo em 1633 um tratado chamado “O Mundo”, sobre esse assunto, quando soube da condenação de Galileo pela Inquisição. Desistiu então de publicar esse livro (que só foi conhecido depois de sua morte). Mas divulgou suas idéias, de um modo cauteloso, em outros livros. No “Discurso do Método”, ele diz:

*Com a finalidade de deixar todos esses tópicos na penumbra, e ser capaz de me exprimir livremente sobre eles, sem ser obrigado a aceitar nem a refutar as opiniões que são aceitas pelos eruditos, resolvi deixar todo este mundo para que eles o disputassem, e falar apenas sobre o que aconteceria, se Deus criasse agora, em algum lugar em um espaço imaginário, matéria suficiente para formar um novo mundo, e se Ele agitasse as diferentes porções dessa matéria de diversos modos, e sem qualquer ordem, de modo que resultasse um caos tão confuso quanto o que os poetas imaginaram; e concluisse o Seu trabalho simplesmente prestando seu auxílio à Natureza do modo usual, deixando que ela agisse de acordo com as leis que Ele estabeleceu.*



A versão mais elaborada dessas idéias é apresentada por Descartes em sua obra “Princípios da Filosofia”.

Descartes imagina o universo, inicialmente, como um espaço totalmente preenchido por uma matéria homogênea: igual em todos os lugares. Não existiria nem luz, nem estrelas, nem planetas, nem nada que conhecemos. Essa matéria inicial seria sólida – como um imenso bloco de cristal. Deus, no entanto, teria dado dois movimentos iniciais a essa matéria, quebrando-a em pequenos blocos: um movimento interno, de rotação de cada pedaço em torno de si próprio, que faria com que a matéria inicialmente sólida fosse se fragmentando em pedaços cada vez menores, produzindo uma espécie de “pó” que preencheria todos os espaços entre as partícula maiores; e um movimento de rotação de diferentes grupos de partículas em torno de um centro comum. As partículas iniciais não tinham nenhuma forma arredondada, senão não poderiam preencher todo o espaço. Mas, pela sua rotação, em contato com outras partículas, iriam perdendo suas pontas e se tornando arredondadas.



*Princípios da filosofia, de René Descartes.*

Através do movimento e sucessiva quebra das partes da matéria, teriam se originado diferentes tipos de partículas – todas constituídas a partir da mesma matéria primitiva. Descartes distingue três tipos de “elementos” produzidos dessa forma: partículas sólidas maiores, tais como as que constituem o solo; uma matéria mais sutil (“segundo elemento”), resultante do arredondamento das partículas sólidas, e que seria constituída por partículas esféricas muito pequenas; e algo ainda menor (“primeiro elemento”), que preencheria todo espaço não ocupado por esses outros tipos de matéria.

Descartes imagina que a matéria primordial foi agitada por Deus, de modo desordenado, em todas as direções. Esse movimento inicial produziria movimentos circulares: imensos turbilhões e redemoinhos distribuídos pelo espaço.

Nessa teoria, a rotação da matéria nesses redemoinhos produz uma separação das partículas de diferentes tamanhos: as menores se concentram no centro dos turbilhões. Assim, no centro de cada gigantesco redemoinho, forma-se um espaço redondo, ocupado apenas pelo “primeiro elemento” – a matéria com as menores partículas. Todas as partículas estão sempre se movendo, e as menores são as que têm um movimento mais rápido. Descartes compara esse primeiro elemento a um fogo, cujas partículas estão permanentemente se movendo com grande velocidade.

Esse seria o processo de formação das estrelas. Cada grande turbilhão vai ocupar uma região semelhante ao nosso sistema solar, e no centro de cada um deles vai aparecer uma estrela, formada pelas menores partículas, as do primeiro elemento.

O segundo elemento, que ocupa quase todo o volume do turbilhão, é descrito por Descartes como um tipo de líquido, pois suas partículas redondas escorregam com facilidade umas sobre as outras, sem resistência. O segundo elemento não é constituído por partículas todas iguais entre si. Existiriam esferas menores e outras maiores, em uma gradação contínua. As esferas menores ficariam mais próximas ao centro (ou seja, mais próximas da estrela central do turbilhão). Cada parte do turbilhão teria uma velocidade de rotação diferente. Descartes imagina que a região mais próxima do centro deve girar mais depressa, e que os círculos sucessivamente mais afastados do centro devem gastar um tempo maior para completar uma volta.

Cada estrela estaria recebendo continuamente matéria do primeiro elemento através dos seus pólos, e espalhando essa matéria à sua volta. No meio dessa matéria recebida pelos pólos, haveria partículas maiores e irregulares. Elas poderiam se enganchar e prender-se umas às outras e formar partículas maiores, mais lentas. Ao invés de sair da estrela e espalhar-se pelo segundo elemento, elas ficariam presas à superfície da estrela, formando uma espécie de nata ou espuma.

O lugar da superfície da estrela onde se formasse essa camada do terceiro elemento ficaria escuro e essa seria a causa das manchas solares. Essas manchas poderiam crescer ou diminuir, pela agitação contínua do primeiro elemento, que estaria o tempo todo colidindo contra essa camada do terceiro elemento, mas, ao mesmo tempo, estaria trazendo mais partículas irregulares para a superfície. Como as manchas estão na superfície do sol ou estrela, elas giram juntamente com a estrela – como se observa no caso das manchas solares.

Descartes acreditava que poderiam se formar manchas em torno de uma estrela que crescessem até cobrir toda a sua superfície, formando uma casca opaca. Isso faria com que a estrela diminuísse muito seu brilho ou até mesmo desaparecesse. Por outro lado, uma estrela totalmente encoberta por uma casca desse tipo poderia romper essa camada opaca, e tornar-se brilhante novamente. Isso, segundo Descartes, explicaria as chamadas “estrelas novas”, que se tornam visíveis repentinamente e que, depois, podem permanecer visíveis ou enfraquecer seu brilho e acabar desaparecendo novamente.

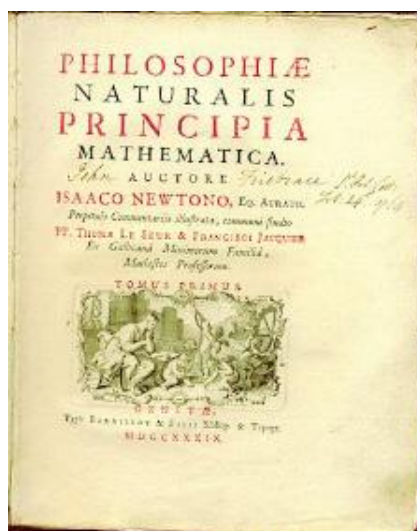
Quando uma estrela fica totalmente recoberta por uma casca opaca, todos os seus processos se enfraquecem. O redemoinho em seu redor diminui gradualmente de rotação. A estrela recoberta pela casca acabará sendo capturada por um outro turbilhão vizinho, no centro do qual existe outra estrela. Ela poderá virar um planeta ou um cometa.

Ao ser capturada por um turbilhão vizinho, a estrela recoberta pela casca opaca irá se mover em direção ao centro do turbilhão, mas, conforme sua consistência e o movimento que adquirir, acabará por se estabelecer a uma certa distância do centro, girando juntamente com a matéria do segundo elemento em torno da estrela central. Nesse caso, ela se transforma em um planeta. Pode também ocorrer que a estrela encoberta não fique presa a um turbilhão, mas vá passando de um para outro, sem nunca adquirir um movimento igual ao do segundo elemento. Isso aconteceria se a estrela fosse bastante sólida, sendo mais dificilmente arrastada pelo movimento do segundo elemento. Nesse caso, ela se transforma em um cometa.

Cada planeta gira em torno da estrela central (ou do Sol) em uma região na qual as partículas do segundo elemento possuem o mesmo grau de “força” que o planeta. Se o planeta se aproxima um pouco mais do centro, ele entra em contato com partículas menores e que possuem uma agitação mais forte. Adquire, então, um movimento maior, e se afasta do centro. Mas, ao se afastar do centro, entra em uma região na qual entra em contato com partículas maiores, e mais lentas, que também tornam o seu movimento menor. Então, ele perde movimento e se aproxima novamente do centro. Assim, além de girar em torno do centro, o planeta pode se aproximar e afastar do centro, oscilando em torno de uma distância média. Este seria um dos modos de explicar por que motivo a órbita dos planetas em torno do Sol não é exatamente circular, mas elíptica.

Para explicar a formação de todo o sistema solar, Descartes imagina que poderiam existir, inicialmente, mais de dez turbilhões próximos uns dos outros, de diferentes tamanhos. Nos menores de todos, as estrelas centrais se recobririam primeiro com uma casca opaca, e seriam então capturados pelos turbilhões próximos, que aumentariam de tamanho. Depois, as estrelas dos turbilhões médios poderiam também ir se recobrando por manchas e “morrerem”, sendo todas gradualmente capturadas pelo turbilhão maior, central.

Nesse livro, Newton lança as bases de toda a física posterior. Ele propõe a lei de atração gravitacional, e mostra como ela permite explicar exatamente todos os movimentos dos planetas, dos cometas e dos satélites conhecidos. Mas sua visão de universo é incompatível com a de Descartes. Newton adota uma visão semelhante à dos atomistas antigos, aceitando a existência do vácuo (que Descartes não admite como possível). Para Newton, os planetas se movem no espaço vazio e não no meio de um líquido transparente (o “segundo elemento” de Descartes). Eles se movem por inércia, e ficam “presos” ao Sol pela força gravitacional – e não por serem arrastados por um turbilhão.



*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, de Isaac Newton.

Newton ataca cuidadosamente e de modo arrasador diversos pontos fundamentais da teoria de Descartes. Ele desenvolve, pela primeira vez, um estudo matemático dos turbilhões gerados pela rotação de um líquido. Ele mostra que, se uma esfera gira no meio de um líquido infinito, essa rotação da esfera vai produzir uma rotação no líquido próximo a ela, e que quanto mais distante da esfera, menor é a velocidade do líquido; mas calcula matematicamente qual é essa velocidade, e verifica que é incompatível com as velocidades dos planetas. Pois, como já se sabia desde Kepler – muito antes de Descartes – há uma relação matemática (chamada “terceira lei de Kepler”) entre a distância dos planetas e o tempo que eles demoram para dar uma volta em torno do Sol. A relação pode ser representada por:

$$T^2 = k.R^3$$

Ou seja: o quadrado do tempo  $T$  é proporcional ao cubo da distância  $R$  ao Sol. Se um planeta está a uma distância quatro vezes maior do que um outro, a sua volta em torno do Sol demora oito vezes mais do que a do outro. No entanto, para o caso da esfera girando dentro do líquido, Newton deduz que deveria valer a seguinte relação:

$$T = k.R^2$$

Newton provou também que, mesmo se fossem feitas modificações nas suposições a respeito do “segundo elemento”, para permitir explicar a terceira lei de Kepler, surgiriam outros problemas: não seria possível explicar a forma exata das órbitas dos planetas (que é uma elipse) nem calcular corretamente as variações de velocidade dos planetas, quando eles se aproximam ou afastam do Sol.

No caso dos cometas, Newton apresenta uma crítica ainda mais pesada. Graças aos estudos que foram realizados, na época, sobre o cometa de Halley, verificou-se que este mesmo cometa aparecia repetidamente, de tempos em tempos iguais, e que tinha uma órbita em forma de elipse muito alongada, em torno do Sol. A teoria da gravitação de Newton permitia calcular corretamente o movimento desse cometa. Mas, na teoria de Descartes, os cometas não deveriam retornar nunca: eles deveriam ficar passando de um turbilhão para outro, e seu movimento seria totalmente irregular.

Newton estuda também os satélites que se movem em torno dos planetas, e mostra que o turbilhão que Descartes imagina em torno de cada planeta deveria sofrer influência do turbilhão do Sol, e que eles não poderiam existir ao mesmo tempo.

Haveria outras dificuldades mais gerais, ainda. A estrela, no centro do turbilhão, está constantemente girando, e transmitindo sua rotação ao segundo elemento que a cerca. Para que o movimento da estrela não acabasse, seria necessário que houvesse algum fenômeno, alguma força, que mantivesse a sua rotação. Descartes não menciona nenhum mecanismo para isso. Nesse caso, a tendência natural seria que a estrela fosse diminuindo sua rotação, e acabasse parando.

Através dessas e de outras críticas, em que utiliza cálculos matemáticos para determinar exatamente o que deveria acontecer, Newton mostra que a teoria de Descartes não é aceitável. Como a teoria da gravitação, sem nenhum turbilhão, permite explicar todos os movimentos celestes, Newton conclui que a teoria de Descartes deve ser rejeitada totalmente.

Não se pode dizer, no entanto, que Newton pudesse explicar tudo o que Descartes explicava. Newton não tem uma teoria sobre a origem das estrelas, dos planetas ou do sistema solar. Ele reconhece que a sua teoria não permite explicar o motivo pelo qual todos os planetas giram no mesmo sentido, quase no mesmo plano, em torno do Sol. A teoria da gravitação permitiria que cada planeta girasse em um sentido diferente. A única explicação que havia sido proposta era a de Descartes. Qual a alternativa, agora? Newton desiste de uma explicação científica e retorna à religião:

*Embora estes corpos [planetas e cometas] possam realmente continuar em suas órbitas meramente pelas leis da gravidade, no entanto eles não poderiam de modo algum ter obtido a posição regular de suas órbitas a partir dessas mesmas leis.*

*Não se pode conceber que meras causas mecânicas pudessem produzir tantos movimentos regulares ... Este maravilhoso sistema do Sol, planetas e cometas, só pode vir do poder e da sabedoria de um Ser inteligente e poderoso. E se as estrelas fixas forem os centros de outros sistemas semelhantes, eles, sendo também formados por uma decisão sábia semelhante, devem todos estar sujeitos ao domínio desse Um ... E para que os sistemas das estrelas fixas, por suas gravidades, não caíssem uns sobre os outros, Ele os colocou a imensas distâncias uns dos outros.*

Ou seja: Newton não tem e nem pretende ter uma explicação para a origem do universo ou do sistema solar. Ele abandona toda tentativa de explicação puramente natural e afirma que a ordem que se observa no sistema solar vem da inteligência divina.

Newton não faz nenhum estudo propriamente cosmológico, isto é, sobre o universo como um todo. Ao utilizar a teoria da gravitação, ele assume, sem discussão, que as estrelas estão muito afastadas do sistema solar e que, por isso, não é preciso levar em conta sua influência sobre os planetas de nosso sistema. Também assume que as estrelas estão muito distantes umas das outras, e que a sua atração gravitacional é mínima; por isso, elas não se aproximam umas das outras. No entanto, é difícil aceitar esse ponto. Afinal de contas, embora a força diminua com a distância, ela nunca se torna zero. Se houver um número infinito de estrelas, em um espaço infinito, a força total que elas exercem é zero ou não? Não poderia haver uma tendência significativa de todas as estrelas se aproximarem umas das outras, colidindo e aniquilando o universo? Essa questão de extrema importância, sobre a estabilidade gravitacional do universo, não foi discutida por Newton.