

## TEORIA ATÔMICA GREGA

ELIZABETH SANTOS DE ALMEIDA

*Instituto de Física - UFF*

Embora a física atômica seja uma ciência relativamente nova, já que vem sendo desenvolvida principalmente neste século, a idéia de que a matéria é constituída por átomos vem da Grécia Antiga. Naturalmente o conceito de "átomo", uma extraordinária criação da mente humana, não foi uma súbita idéia brilhante, mas teve sua origem fortemente ligada à cultura grega jônica. Assim, qualquer tentativa de compreender os fenômenos naturais, deve buscar estudar a civilização existente em 600 A.C., na região ao longo da costa da Ásia, conhecida como Jônia. Os jônios herdaram uma cultura<sup>(1)</sup> que lhes ensinara a arte de navegar e estabelecer colônias comerciais. Essa prosperidade foi o primeiro passo necessário (mas não fundamental) em direção à atividade científica, uma vez que o excedente da economia pode ser canalizado para a pesquisa. Além disso, os jônicos herdaram o interesse pelas artes (que também conduz à atividade científica), e uma predileção pelas coisas belas. Foi um jônio que escreveu a história da Guerra de Tróia (Ilíada e Odisséia), e a teoria musical também foi introduzida por um jônio.

Naturalmente a reunião de prosperidade com interesse pelas artes em geral não é suficiente para produzir ciência. Entretanto, aliado a essas características, os jônicos possuíam uma diferença que os colocava separados de todos os outros povos, que foi a natureza de sua religião.

Os deuses jônicos possuíam duas interessantes características: primeiro, eles personificavam a natureza (característica encontrada somente nos deuses gregos) e segundo, os deuses tinham metas humanas e revelavam comportamentos também humanos (por exemplo, usavam da lisonja e do suborno). Dessa forma, os deuses eram compreensíveis para os humanos (como nenhum deus de outra cultura), e como eles personificavam cada aspecto da natureza, o entendimento dos jônicos dos seus deuses foi transferido para os fenômenos naturais.

No século VI A.C., um grego jônico chamado Thales de Mileto<sup>(2)</sup> (610-546 A.C.), afirmou que "todas as coisas estão cheias de deuses", e formulou a questão de existir alguma forma primordial de ma

téria ou elemento primário a partir da qual todas as matérias seriam construídas. Thales fez então a segunda declaração crítica de que "a água é o princípio de todas as coisas". Como nenhum outro escrito de Thales sobreviveu, dependemos dos escritos de outros filósofos para saber as razões que o levaram a escolher a água como substância fundamental do mundo. Provavelmente ele observou que a água está presente no céu, na terra e nos oceanos, além de estar contida na comida, plantas, animais e solo. Também é a única substância conhecida pelos homens daquele tempo capaz de existir nos três estados da matéria: gás, líquido e sólido. Por algumas ou todas essas razões Thales de Mileto escolheu a água. Os sucessores de Thales interpretaram suas duas declarações como: todos os objetos são construídos de uma única e elementar substância, que muda de forma (como os deuses) para produzir diferentes coisas, mas (ainda como os deuses), não são criadas nem destruídas. Thales, dessa forma, além de criar o conceito de matéria, estabeleceu o princípio da conservação de matéria.

Essa visão - todas as coisas são feitas de uma única matéria primitiva - é chamada "monismo", e é expressa pela afirmação: "o todo é o um". Ao longo do monismo jônico se chegou ao nome para totalidade das coisas - física - significando "natureza". Essa palavra, por transferência, veio a significar "o estudo da natureza".

O monismo de Thales, entretanto, encontrou dificuldades, como por exemplo, explicar como a poeira podia ser feita de água. Tentou-se contornar essa dificuldade pela sugestão de que a matéria elementar não devia ter nenhuma característica, mas isso apenas reexpressava o problema: como pode uma substância que tem propriedades ser construída de uma matéria elementar sem propriedades?

Outros filósofos procuraram um princípio unificado que reunia na matéria elementar todas as características simultaneamente. A matéria elementar primária seria então uma mistura de opostos? Ainda um outro problema fundamental considerado pelos monistas gregos foi a conciliação de estabilidade e movimento (a diferença entre uma lagoa e um rio não está na matéria, mas no movimento da água do rio). Parmênides dizia que nada muda, enquanto Heráclito (540-480 A.C.) estabeleceu que tudo é transformação, e que transformação ou fluxo é uma condição permanente da natureza. Outro monista distinguiu matéria e intelecto, injetando ainda outra forma de dualismo.

Parmênides que viveu na cidade de Elea, no sul da Itália<sup>(3)</sup>, escreveu no trabalho "O caminho da Verdade", que para entender o universo é possível pensar no que "é", e no que "não é". O universo é o que "é" (matéria), que não pode consistir, nem totalmente nem em

parte, do que "não é" (espaço vazio). Assim, o universo seria um pedaço único e homogêneo de matéria (universo pleno), sem espaços vazios, e portanto, indivisível. Naturalmente não pode haver movimento nesse universo, uma vez que não existem espaços vazios nos quais as coisas possam se mover.

A observação, entretanto, diz que o movimento ocorre, mas tendo Parmênides dito que o monismo é verdadeiro, chega-se à conclusão que "nossos sentidos nos enganam totalmente". Assim, segundo Parmênides, para se obter o conhecimento do universo deve-se abandonar totalmente a observação dos fenômenos e retornar à investigação da mente humana, a única ferramenta capaz de nos dar conhecimento sobre o universo em que vivemos.

Muitos físicos gregos (também chamados, pelos historiadores, de filósofos, já que eles desenvolveram a estrutura básica do pensamento racional) não aceitaram a tese de que somos constantemente enganados pelos nossos sentidos, e decidiram deixar de lado o monismo e retornar a um pluralismo limitado, em que "o tudo" é composto de um pequeno número de elementos, ao invés de ser uma matéria elementar.

O monismo de Parmênides deixou, entretanto, três importantes idéias na física<sup>(4)</sup>: primeiro, que o espaço vazio não existe, conceito que até hoje tem renascido por breves períodos para tornar a ser rejeitado; segundo, que nossos sentidos nos enganam, lançando uma dúvida permanente sobre teorias que são aceitas ou rejeitadas simplesmente com base na observação; e terceiro, que a física é uma atividade intelectual.

Muitos pesquisadores ainda apoiaram firmemente o monismo, entre eles Zenon de Elea, que construiu uma série de paradoxos que demonstraram que o movimento era impossível, e Melissos, já na segunda metade do século V A.C., que escreveu o livro "Concernente à Natureza e à Realidade" em favor do monismo de Parmênides.

Essas idéias foram tomadas seriamente por um outro jônico, Leucipo (460-370 A.C.). Para Leucipo e seus contemporâneos, que viveram um século e meio depois da criação do monismo, um físico não podia deixar de lado idéias apenas porque elas eram incômodas (como Parmênides tinha definido), mesmo que elas conduzissem a um dilema. Assim, a dualidade sobre o que "é" e o que "não é" não podia ser rejeitada como sem sentido filosófico.

Leucipo concordou que o que "é" é um pleno absoluto, mas argumentou que pleno não era uma entidade única, e sim um número infinito de pequenos plenos, cada um deles invisível e indivisível. Lançou então a idéia "o todo é muito", e cunhou a palavra "átomo", sig

nificando indivisível<sup>(3)</sup>, para designar cada pedacinho do pleno. Então tomando como base a teoria atômica, o universo não consiste do que "ê" - as partículas -, e do que "não ê" - o vazio -, mas somente do que "ê", os átomos, imerso no vazio<sup>(5)</sup>.

A teoria atômica exige e contém o espaço vazio, e apesar de ter sido originada do plenismo, está em absoluta oposição a ele, já que ele nega o espaço vazio.

Os físicos, que rejeitaram o monismo porque negava a evidência sensorial, passaram a rejeitar também a teoria atômica, já que o conceito de "nada" era para eles totalmente irracional<sup>(6)</sup>. Passou-se então a adotar o pleno não-monístico modificado de Empedocles de Akragas (490-430 A.C.), que admitia a matéria diferenciada em muitas espécies: "o todo é o pouco"<sup>(3)</sup>. Assim, o movimento não era explicado pela existência de espaço vazio, mas pelo conceito de substituição mútua: a água podia ser colocada num copo cheio de ar se a água substituisse o ar.

Demócrito de Abdera (470-380 A.C.), o único discípulo significativo de Leucipo, praticamente causou a extinção da teoria atômica pela alteração de sua visão: o que "ê" são os átomos e o vazio, enquanto Leucipo insistia que somente os átomos são os que "ê". Entretanto, é difícil se saber exatamente o que Demócrito modificou e adicionou à teoria de Leucipo, uma vez que os livros daquela época não foram preservados. Suas idéias somente são conhecidas através de outros escritores, e o que ficou mais registrado foi a concentração de comentários sobre o "nada", e poucos detalhes reais sobre a teoria.

O Ocidente, especialmente Roma, não conhecia nem se interessava pelas matérias intelectuais, e não procurava traduzir os livros gregos. Com a decadência do Império Romano, os próprios livros foram perdidos, e a Europa Romana não teve acesso ao conhecimento grego por quase um milênio.

Os livros gregos, no entanto, foram traduzidos para o árabe, quando o Islã se tornou centro intelectual do mundo<sup>(7)</sup>. Com a conquista pela Espanha no começo do século XI, as bibliotecas islâmicas caíram em poder dos ocidentais, e uma maciça tradução das obras trouxe a literatura grega para o Ocidente no século XII<sup>(8)</sup>. A teoria atômica veio com outras teorias físicas, e ficou inaceitável para a Europa, como já tinha sido para a Grécia.

A teoria atômica grega alcançou o Ocidente, entretanto, através de um caminho alternativo: a filosofia Epicureana. O grego Epicuro de Samos (341-210 A.C.) não foi um físico, mas se interessou pela natureza do universo, e expressou sua visão da teoria atômica

num livro intitulado "Concernente à Natureza". Ele modificou a teoria de uma forma tal que a tornaria inaceitável tanto para Leucipo como para Demócrito: acrescentou o movimento dos átomos.

Essa filosofia e essa idéia atraíram a atenção do romano Tito Lucrecio Carus (95-55 A.C.) que tentou formular uma explicação racional dos fenômenos naturais pela extensão das opiniões de Demócrito e Epicuro. Essa visão veio através da mais extensa e disponível fonte de informações sobre a teoria grega, que foi o poema "De Rerum Natura" (Concernente à Natureza das Coisas), composto por Lucrecio em cerca de 57 A.C. "De Rerum Natura" tem sido descrito como "o maior poema puramente filosófico que já foi composto", e "um tratado metódico de física". Essas descrições fazem justiça ao poema, e também sugerem um interesse científico que não é usual em poesia, especialmente em um romano que não era físico nem filósofo. Nesse poema é possível descobrir as principais características da teoria atômica grega, que sumarizando são:

*"Átomos são extremamente pequenos, indivisíveis, partículas imitáveis que não podem ser criadas nem destruídas; embora construam algumas substâncias comuns, átomos diferem em forma, tamanho e peso; o espaço entre os átomos é vazio (um vácuo); os átomos ficam juntos em corpos por ligações mecânicas e assim produzem a variedade infinita do mundo material; a densidade de um corpo é uma relação inversa da quantidade de espaço vazio entre os átomos; átomos estão em movimento perpétuo que persiste por ele mesmo."*

Logo no início do poema, Lucrecio estabelece a suposição fundamental da teoria:

*"... a natureza do universo consiste então, em sua essência, de duas coisas: existem átomos e existe vazio". (Ref. (9), p. 16).*

Uma noção essencial aqui é que deve existir espaço vazio entre os átomos. Os atomistas nunca foram capazes de demonstrar a existência do vácuo, e essa falha permitiu uma aceitação errada de seus pontos de vista por outros filósofos gregos, especialmente Aristóteles (384-322 A.C.), que não foi capaz de seguir os argumentos que sugeriam a existência de espaço vazio entre os átomos.

*"Sem vazio, e isso parece bem claro, nada pode ser esmagado, partido ou cortado, pela divisão em dois". (Ref. (9), p. 21).*

É verdade que, em geral, os gregos não realizaram experiências, mas eles observaram a natureza com muita atenção. Muitas de

suas observações com relação à teoria atômica parecem estar em acordo com fenômenos biológicos - nascimento, desenvolvimento e morte. O próprio Lucrecio descreveu a alma como uma combinação de átomos que após a morte simplesmente se dispersa.

O suporte dado por Aristóteles para a teoria do pleno, fez com que ela fosse aceita por muitos séculos, e até o final do século XIV nenhum renascimento do atomismo ocorreu. Somente no século XV é que a corrente começou a mudar em favor da teoria atômica da estrutura da matéria.

O renascimento do interesse na teoria atômica, após um lapso de cerca de 14 séculos, foi parte do renovar de interesse nos escritos gregos, e ocorreu durante a Renascença. Isso veio com a instituição do ensino de grego em Florença, o que fez com que os italianos do norte comesçassem a ter acesso direto tanto aos manuscritos gregos quanto à filosofia de Platão, o que estendeu enormemente os seus horizontes. Um desses estudiosos, Gian Francesco Poggio Bracciolini (1380-1459) devotou sua vida a recuperar e divulgar os manuscritos da antiguidade, e em 1417 encontrou uma cópia do poema "De Rerum Natura" num mosteiro, provavelmente na Suíça. A primeira cópia impressa do livro de Lucrecio foi publicada em Brecia (norte da Itália), em cerca de 1473, e em pouco tempo outras publicações apareceram, sendo que até o ano de 1600, o poema teve pelo menos 30 edições.

O interesse nesse livro foi puramente literário, como parte do humanismo italiano, e como o humanismo se estendeu em direção ao norte, "De Rerum Natura" foi também publicado na Suíça, França (1677) e Bélgica. No final do século XVI (em 1683) a teoria atômica alcançou a Inglaterra, mas não foi bem recebida<sup>(10)</sup>. O atomismo só foi aceito quando exilados ingleses, que tinham sido influenciados por P. Gassendi (1592-1655) enquanto estavam em Paris, retornaram à Inglaterra no final do século XVII.

É evidente que o poema "De Rerum Natura" exerceu uma forte influência no pensamento dos filósofos naturalistas dos séculos XVI, XVII e XVIII. Muitos homens notáveis desse período - F. Bacon (1561-1626), T. Harriot (1560-1621), T. Boyle (1627-1691), W. Charleton (1619-1707), I. Newton (1642-1727) e outros, reviveram o interesse pelas idéias de Demócrito e Leucipo.

Enquanto o poema de Lucrecio despertava novamente o interesse no atomismo, desenvolvimentos subsequentes da teoria foram virtualmente influenciados pelo notável interesse na ciência experimental surgido nessa época. Foi a época da grande revolução científica que anunciou o nascimento da ciência moderna, e muitas informa-

ções foram colhidas e observações foram anotadas. Nenhum dos caminhos abertos, entretanto, foi proveitoso para o desenvolvimento imediato da teoria atômica.

Até o século XVIII a teoria atômica teve principalmente um caráter físico, no sentido que parece que teve mais sucesso em explicar os fenômenos físicos que os fenômenos químicos. No entanto, o final do século XVIII presenciou o desenvolvimento da química, o que foi essencial para o surgimento de uma forma revolucionária da teoria atômica<sup>(11)</sup>. A visão atômica da matéria, no sentido moderno, somente foi introduzida em sua forma mais elementar no começo do século XIX.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) G.L. Huxley - "The Early Ionians", Faber and Faber, London (1966).
- (2) D.W. Roller - "Thales of Miletos: philosopher or business man?", Liverpool Classical Monthly 3 (1978) 249.
- (3) G.S. Kirk; J.E. Raven - "The Presocratic Philosophers, a Critical History with a Selection of Texts", Cambridge University Press (1960).
- (4) D.H.D. Roller - Am. J. Phys. 49 (1981) 205.
- (5) Aristotle - "On Generation and Corruption", 325 a. 24-30.
- (6) Aristotle - "On the Heavens", 303 a. 4-305 a.6.
- (7) D.L.E. O'Leary - "How Greek Science passed to the Arabs", Rutledge and Kegan (1949).
- (8) G. Sarton - "Introduction to the History of Science", Williams and Wilkens (1931), Vol. 2.
- (9) C. Lucrécio - "De Rerum Natura", traduzido por R.C. Trevelyan, Cambridge University Press (1937).
- (10) R.H. Kargon - "Atomism in England from Harriot to Newton", Clarendon, Oxford (1966).
- (11) D.P. Mellor - "The Evolution of the Atomic Theory", Elsevier Publishing Company (1971).