

# a estrutura da matéria

Na última edição da «Encycloepedia Britannica», a palavra matéria ocupa um insignificante lugar entre «Mattewan» e «Matterhorn», mas nenhum artigo a acompanha; o leitor é remetido para a teoria cinética da matéria, átomo e núcleos. O Materialismo pouco mais bem tratado é; dão-nos cinco formas dêle:—o ingénio, o cosmológico, o anti-religioso, o médico e o científico. A variante dialética não ocupa qualquer lugar, mas não há dúvida de que, se o tivesse, participaria da geral condenação do materialismo que é endossado, como se sabe, por modernos movimentos científicos. Isto não é, na realidade, de surpreender, visto que o artigo apareceu em 1929, o apogeu do restabelecimento da orgânica mercantilista, e marca a oscilação ulterior do pêndulo para uma imagem convenientemente idealista do mundo. Contudo, já nessa altura se tinha conseguido um tal avanço no conhecimento da matéria ordinária, que, sob o ponto de vista prático, só o podemos descrever como transformador. Alguns anos antes, Eddington pudera dizer que nós conhecemos mais do interior duma estrela que do interior duma mesa, mas isso já não foi muito tempo verdade. Encontraram-se meios que tornaram possível estudar a estrutura íntima da matéria tão exactamente como a sua estrutura grosseira tinha sido estudada, um século antes, por meio do microscópio.

Para compreendermos o significado desta transformação é necessário reportarmo-nos às primitivas concepções sobre a constituição das coisas vulgares. Até à época de Newton, o conceito de matéria que prevalecia era inteiramente contraditório. Um conhecimento bastante concreto do que se poderia fazer com ela estava implícito na actividade manual, mas, sob o ponto de vista teórico, a matéria era a incorporação de certas propriedades gerais, calor ou frio, humidade ou secura; não tinha qualquer fixidez e podia transformar-se a si própria das mais espantosas maneiras. Este modo de ver era a racionalização das transformações que se observam realmente na natureza, particularmente entre os seres vivos, e também a base para as superstições da astrologia e da alquimia. Este modo de ver foi canonizado com Aristoteles e caiu, com as restantes doutrinas de Aristoteles debaixo da crítica aguda dos homens mais peritos do Renascimento. As qualidades alteráveis não ofereciam qualquer base para lidar, matemática ou tecnicamente, com a matéria. Descartes e, depois, Newton encontraram na massa e na forma geométrica tudo quanto necessitavam para este fim. As outras qualidades da matéria, tais como a cor e o cheiro, foram relegadas por serem secundárias, e por implicarem elementos subjecti-

vos e sem importância. Isto conduziu à reaparição da velha concepção grega do materialismo atómico. Era claro que a matéria podia ser dividida, mas parecia igualmente que em qualquer parte devia residir a base para as qualidades de volume e rigidez, e ela era atribuída aos átomos dos quais se imaginava ser a matéria feita.

Newton também teve idéas definidas quanto à disposição destes átomos na matéria vulgar. Entendia que eles deviam estar ordenados em linha e em fila como as formações dos exércitos modernos. Os conceitos Newtonianos dominaram a Ciência durante quasi dois séculos. Foi a inspiração directa da teoria atómica de Dalton, que explicou a diferença entre os elementos químicos considerando-os como átomos que diferiam no carácter newtoniano fundamental na massa. Sob o ponto de vista físico, contudo, o atomismo, como teoria da estrutura da matéria, provou ser de pouca utilidade. O estudo da engenharia sobre os materiais tinha a possibilidade de tratá-los como substâncias contínuas com propriedades definidas—elasticidade, dureza, etc.

Foi somente pelos fins do século XIX, com o desenvolvimento do estudo dos gases, especialmente em relação ao seu comportamento nas máquinas, que os átomos reapareceram, agora, todavia, sem estarem dispostos ordenadamente, mas em completa confusão. Na teoria cinética de Maxwell, um gaz era formado por milhões de moléculas, seguindo cada uma, uma pista perfeitamente definida, independente da de qualquer das outras, mas colidindo necessariamente com elas, de tempos a tempos, produzindo a junção total, uma média de pressão e temperatura, obedecendo assim a leis definidas. Isto estava em perfeita analogia com a teoria Darwiniana da «luta pela existência», como uma outra imagem científica do ideal da livre concorrência, e de cada homem por si mesmo, levando às leis de ferro da economia. Entretanto os químicos não tinham ficado de braços cruzados. Tinha-se determinado o número e depois a disposição dos átomos numa enorme quantidade de substâncias químicas, com argumentos baseados na sua combinação e separação para formarem outras substâncias. Para as finalidades da física, os átomos da recente ciência tiveram de ser substituídos por moléculas químicas que tinham, dentro dos limites, o mesmo carácter independente. A análise da estrutura das moléculas por estes processos indirectos poderá enfileirar ao lado dos maiores feitos do pensamento humano. Com ela, passo a passo, veio o desenvolvimento da técnica prática na indústria. A capacidade de transformar seguiu atômica-

mente o conhecimento da estrutura.

Não obstante, no final do século, podia dizer-se ainda, e diziam-no os cientistas idealistas da escola de Mach, que os átomos e moléculas da matéria eram ainda meros conceitos da imaginação e podiam ser considerados como uma conveniente representação sumária no acabamento de certos processos físicos e químicos. A individualidade e a verdadeira escala dos átomos tinha ainda que ser encontrada. A primeira dificuldade está na escala; para compreender uma coisa é necessário fazê-la actuar com qualquer outro, mais ou menos do seu próprio tamanho ou energia, por outro lado a interacção é com um conjunto e não com um individuo. A análise química, naturalmente, apenas estudou os conjuntos, embora dependesse pelas leis de combinação do peso no comportamento dos elementos simples compreendidos nêles. O microscópio não pode revelar nada mais pequeno que as ondas de que é feita a luz visível e esta é demasiado grande para mostrar os átomos.

Por fim, o problema resolveu-se por dois meios, primeiramente pela rádio-actividade, que, dotando certos átomos com uma grande energia, os tornou capazes de fazer sentir a sua presença individualmente, e, em segundo lugar, pelo uso dos raios X ou da luz de comprimento de onda mil vezes inferior ao da luz vulgar. É espantoso como, tendo-se descoberto os raios X em 1896, o seu uso na análise da matéria teve de esperar 16 anos. Mas, quando chegou, o seu efeito foi revolucionário. Lane, em 1912, foi o primeiro a mostrar que um raio destes, passando através do cristal, se dispersava num número de raios orientados em diferentes direcções; da mesma forma que a luz duma lâmpada distante se refracta quando vista através dum tecido fino. Assim, dum só golpe, descobriu a natureza ondulatória dos raios X e a disposição dos átomos do cristal. Em qualquer matéria sólida que não seja o vidro (1), «ordenar e enfileirar» é, em resumo, a regra. Seguindo isto, seguir-se-ia um processo apenas comparável com a análise das moléculas pelos químicos no século XIX mas muito mais apurado—a análise da estrutura de materiais sólidos pelos raios X. Os métodos essenciais da análise foram estabelecidos pelos Bragg's, e é interessante notar que a carência das comunicações científicas internacionais no período do post-guerra, tenha impedido os métodos que êles desenvolveram de se difundirem efectivamente fora da Inglaterra e da América. Por volta de 1927, foram também estabelecidas as principais linhas gerais da estrutura dos diferentes tipos de sólidos e líquidos. Desde então, o

trabalho tem sido o de melhoria e extensão. Os métodos de análise pelos raios X são essencialmente os da óptica. Se tivéssemos olhos que podessem ver os raios X, a estrutura atómica da matéria seria visível para nós; na falta de olhos assim, podemos supri-la pela revelação fotográfica e pelo cálculo matemático. Estes cálculos são necessariamente muito aborrecidos. Numa análise recente tiveram de multiplicar-se e tomar conjuntamente 900 observações de 36.000 modos diferentes, mas, felizmente, o desenvolvimento das máquinas de calcular torna automática esta parte do trabalho. Podemos dizer agora que, com suficiente cuidado e paciência, é possível determinar as posições relativas dos átomos em qualquer substância que seja. Contudo, os raios X, sendo o principal, não são de maneira nenhuma o único método de análise da estrutura e as análises seriam muito unilaterais se apenas fossem feitas com êles. Embora a análise moderna mostre que a matéria é muito mais ordenada do que o que se pensava no século XIX, esta ordem não é, todavia, estática. O movimento é inseparável da matéria. Como mostra a teoria das «quanta», observa-se ainda movimento a zero absoluto de temperatura. O estudo do movimento dos átomos nos sólidos pode servir-se da luz ordinária, da alta frequência ou do som ultra sónico. Considerando as ressonâncias dos átomos e electrões por estes processos, podemos saber o que são os seus movimentos, e, combinando isto com o conhecimento das suas posições determinar a natureza das forças que actuam entre êles.

O resultado de todas estas análises é dotar-nos dum quadro da estrutura da matéria, ao mesmo tempo preciso e esclarecedor. Da significação, nos limites das coisas que se podem medir, às propriedades comuns da matéria—a dureza, a plasticidade, humidade,—que nunca puderam ser manejaadas pela primitiva física e química e que foram meramente supostas. Neste sentido, o novo conhecimento representa um retorno à situação que caracterizou os mais antigos filósofos da Grécia; mas agora, as coisas familiares já não são sofisticadamente explicadas dando-lhes um nome misterioso. São antes explicadas mostrando as suas últimas relações de tal modo que qualquer pessoa pode controlar os processos naturais até ao limite atingido pela sua compreensão.

J. D. BERNAL

(1) O vidro é um sólido em que os átomos, embora cerradamente acumulados, não estão regularmente dispostos. É usualmente formado pelo resfriamento dum líquido demasiado rapidamente para que os átomos se reorganizem de per si.