

History of the Atom I: Greeks to Dalton

[MUSIC PLAYING]

MARCELO GLEISER: Even if the Greeks came up with the idea that matter is made of tiny little bits that they called atoms, the truth is that the old Greek atoms are very different from the modern ones.

In particular, as we'll see soon, modern atoms are not unbreakable. They are actually made of smaller particles-- protons, neutrons, and electrons. Also, the Greeks, when asked what kept the atoms together to make different structures, would say that they combined in different ways due to their shapes. For example, the atoms of water were round, explaining why water could flow. On the other hand, the atoms of iron or copper were sharp and indented, so that they could lock to make harder structures.

In the case of modern atoms, the force that binds them together is electricity. And the properties of atoms and molecules are related to their electromagnetic properties.

With the exception of the alchemists, who identified many different chemical substances and studied in detail how they could be transformed through the action of heat, not much happened in our understanding of atoms until late in the 18th century and early 19th century. Before that, we saw that Newton believed in the atomistic hypothesis, including that light is made of little particles. But he didn't investigate the chemical properties of matter in detail, even though he dedicated a huge amount of time to alchemy himself.

By the early 19th century, a lot had happened in chemistry. Lavoisier in France had realized that nature was all about transformation and that chemical reactions were transformations happening in matter. He came up with his famous law of mass conservation, that the total amount of mass in a chemical reaction is the same before and after.

People also realized that, as different substances combined to make new ones, their properties are always the same. For example, kitchen salt-- or more scientifically, sodium chloride-- is a combination of sodium and chloride. It doesn't matter if you find it in a mine or in the ocean. It's still the same substance. Also, if you separate salt into sodium and chloride, you will always get the same sodium and chloride. That told people that, somehow, there is an atomic signature that is imprinted in the way that a substance is made.

But it was John Dalton, in 1808, in England that really came the closest to proving the existence of these atoms in a more scientific way. Dalton was studying how different substances combine by measuring the different weights of the substances before and after they reacted. Based on his results, he came up with five principles which became essential to modern chemistry.

First, that matter is made of individual atoms. Dalton even wrote that there was a point beyond which you could not further divide matter into smaller bits, echoing the Greek idea of the atom.

Second, that each chemical element is made of identical atoms, that is, that each atom of hydrogen or oxygen is exactly the same, even if it's found in seawater, in the human body, or in Jupiter.

Third, that atoms are unchangeable. Dalton believed it was impossible to change an atom from one element into another element. Actually, it is possible. But that involves not chemistry, but nuclear physics. And energy is way beyond what Dalton could study.

Fourth, that chemical elements can combine to form different compounds. These compounds are what we now call molecules. For example, water is made of a combination of two atoms of hydrogen and one atom of oxygen, the famous H₂O formula.

The amazing diversity of materials that we see in nature comes from this incredible ability that atoms have to combine with one another to create different kinds of molecules. From very simple-- like water-- to incredibly complex ones-- like a protein, which can have millions of atoms.

And fifth, chemical reactions can rearrange atoms to form different compounds, but not change the number of atoms in that reaction. In other words, you have different pieces and they lock together to form different structures-- the molecules. In this example, as we have seen, the gray balls are hydrogen and the red ball is oxygen. This is a molecule of H₂O, or water.

This one would be a molecule of hydrogen gas, with two atoms of hydrogen. During a chemical reaction, the total number of pieces remains the same before and after, and the pieces themselves-- that is, the atoms-- are always identical.

After 25 centuries, atoms came back to the forefront of science, even though it was still not obvious whether they really existed. In fact, many scientists believed the atoms were just an idea and that it wasn't possible to confirm if they were real, that is, if they were part of physical reality. After all, how would we know if something existed if we couldn't see it?

[MUSIC PLAYING]

História do átomo Parte I: Gregos a Dalton

[MÚSICA TOCANDO]

MARCELO GLEISER: Ainda que os gregos tenham surgido com a ideia de que a matéria é feita de pequenas partes que eles chamavam de átomos, a verdade é que os antigos átomos gregos são muito diferentes dos modernos.

Em particular, conforme veremos em breve, os átomos modernos não são indivisíveis. De fato, eles são feitos de partículas menores-- prótons, nêutrons, e elétrons. Ainda os gregos, se perguntados sobre o que mantinha os átomos juntos para criar diferentes estruturas, diriam que

eles se combinam de maneiras diferentes devido aos seus formatos. Por exemplo, os átomos de água eram redondos, o que explicava o motivo da água fluir. Por outro lado, os átomos de ferro ou cobre eram pontudos e recortados, de forma que eles podiam se prender para criar estruturas mais duras.

No caso dos átomos modernos, a força que os mantém unidos é a eletricidade. E as propriedades de átomos e moléculas têm a ver com suas propriedades eletromagnéticas.

Com exceção dos alquimistas, que identificaram diferentes substâncias químicas e estudaram em detalhes como elas podiam ser transformadas com a ação do calor, não aconteceu muita coisa no entendimento dos átomos até o final do século XVIII e início do século XIX. Antes disso, vimos que Newton acreditava na hipótese atomística, incluindo que a luz era feita de pequenas partículas. Mas ele não investigou as propriedades químicas da matéria detalhadamente, ainda que ele tenha dedicado bastante tempo na alquimia.

No início do século XIX, muita coisa aconteceu na química. Lavoisier, na França, percebeu que a natureza se tratava de transformações e que as reações químicas eram transformações acontecendo na matéria. Ele propôs a famosa lei da conservação de massa, de que o total de massa em uma reação química é igual antes e depois.

As pessoas também perceberam que, conforme substâncias diferentes se combinavam para formar novas, suas propriedades permaneciam inalteradas. Por exemplo, o sal de cozinha-- ou mais cientificamente, cloreto de sódio-- é uma combinação de sódio e cloro. Não importa se você o encontrar em uma mina ou no oceano. Será a mesma substância. Além disso, se você separar o sal em sódio e cloro, você sempre terá o mesmo sódio e cloro. Isso disse para as pessoas que, de alguma forma, há uma assinatura atômica impressa em como a substância é feita.

Mas foi John Dalton, em 1808, na Inglaterra que chegou mais perto de provar a existência desses átomos de uma maneira mais científica. Dalton estava estudando como diferentes substâncias se combinavam medindo os diferentes pesos das substâncias antes e depois delas reagirem. Baseado em seus resultados, ele trouxe cinco princípios que se tornaram essenciais para a química moderna.

Primeiramente, que a matéria é feita de átomos separados. Dalton até escreveu que, após um ponto, não era mais possível dividir a matéria em partes menores, ecoando a ideia dos gregos sobre o átomo.

Em segundo lugar, que elementos químicos são feitos de átomos idênticos, ou seja, que cada átomo de hidrogênio ou oxigênio é exatamente o mesmo, mesmo que ele tenha sido encontrado na água do mar, no corpo humano, ou em Júpiter.

Em terceiro lugar, de que os átomos eram indivisíveis. Dalton acreditava que era impossível transformar um átomo de um elemento em um átomo de outro elemento. Na verdade, isso é possível. Mas isso não envolve química, e sim física nuclear. E a energia está além do que Dalton poderia estudar.

Em quarto lugar, que elementos químicos podem se combinar para formar diferentes compostos. Estes compostos estão além do que chamamos de moléculas. Por exemplo, a água é feita de uma combinação de dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio, a famosa fórmula "H₂O".

A incrível diversidade de materiais que vemos na natureza vem dessa incrível habilidade dos átomos se combinarem uns aos outros para criar diferentes tipos de moléculas. Desde algumas muito simples-- como a água-- até outras muito complexas-- como uma proteína, que pode ter milhões de átomos.

E, em quinto lugar, reações químicas podem reorganizar átomos para formar compostos diferentes, mas não alterar o número de átomos naquela reação. Em outras palavras, você possui diferentes pedaços e eles se fixam uns aos outros para formar diferentes estruturas-- as moléculas. Neste exemplo, conforme vimos, as bolas cinzas são hidrogênio e as vermelhas oxigênio. Esta é uma molécula de H₂O, ou água.

Esta seria uma molécula de gás hidrogênio, com dois átomos de hidrogênio. Durante uma reação química, o número total de pedaços se mantém o mesmo antes e depois, assim como os pedaços-- ou seja, os átomos-- são sempre idênticos.

Depois de 25 séculos, os átomos voltaram para a vanguarda da ciência, ainda que não fosse óbvio se eles realmente existem. De fato, muitos cientistas acreditaram que os átomos fossem apenas uma ideia e que não fosse possível confirmar se são reais, ou seja, se eles fazem parte da realidade física. E, afinal, como poderíamos saber se algo existe, se não conseguíamos vê-lo?

[TOCANDO MÚSICA]