

The Modern View

[MUSIC PLAYING]

MARCELO GLEISER: Before we discuss the amazing implications of the new quantum physics to our understanding of the nature of reality, we should quickly tell the story of where we are today with our exploration of the fundamental building blocks of matter. As we have seen, it all started in ancient Greece with Leucippus and Democritus-- the two philosophers from around 450 BCE that proposed that everything that exists is made of atoms. In the early 20th century, scientists found that atoms are actually divisible into smaller particles-- the nucleus, made of protons and neutrons, and the electron orbiting around it.

In the following decades, many other particles of matter were discovered, with names like muons, neutrinos, et cetera. If we fast forward to nowadays, all we know of the structure of matter is summarized in what particle physicists call "the standard model." In the standard model, there are only 12 fundamental particles of matter, together with another one called the Higgs boson.

The electron is perhaps the most famous of all 12 particles. It has two heavier cousins, the muon and the tau. Then, each one of these has a companion neutrino, like Don Quixote and Sancho Panza. So an electron neutrino, a muon neutrino, and a tau neutrino, making for a group of six particles called leptons-- from the Greek for light weight.

The other six particles are known as quarks. Of the six quarks, the most important are called the up and down quarks, which make up particles like the proton and the neutron. So, according to modern particle physics, everything that exists in the universe-- every kind of matter or material-- is made of these 12 particles. In fact, the matter we can see out there is made of regular atoms, and, thus, of the up and down quarks that make up protons and neutrons and of the electron, because these particles make all the atoms of the periodic table.

This is a remarkable simplification of such complex diversity in nature. The Higgs boson was a new particle discovered on 2012 at CERN, the giant particle accelerator in Switzerland. In fact, the accelerator is so huge that it's part in Switzerland and part in France. Amazingly, the Higgs had been predicted to exist in theories from the 1960s. To determine whether it exists or not-- that is, whether it is or not part of reality-- scientists had to make sure the signals they found were so rare that no other explanation would fit.

We can see how science is a narrative built from the collaboration of theory and experiment. As experiments probe deeper into matter, new particles are discovered and become real. Of course, they were there all along but we just couldn't see them before. The fact that even the LHC can't see it all when it comes to particles is a powerful example of the limits of knowledge. We can probe only so deep into the structure of matter, as our machines allow. There is always room for the new-- for the unexpected-- to emerge out of the inner depths of reality.

As it defines the laws of nature, science constrains what we see and can't see, but it's very good to remember that science has its own limitations, given that there are aspects of the world that remain elusive, escaping our reach.

[MUSIC PLAYING]

A Vista Moderna

[MÚSICA TOCANDO]

MARCELO GLEISER: Antes de discutirmos as incríveis implicações da nova física quântica para nossa compreensão da natureza da realidade, devemos contar rapidamente a história de onde nós estamos hoje com nossa exploração dos blocos fundamentais construtores da matéria. Como vimos, tudo começou na Grécia antiga com Leucipo e Demócrito, os dois filósofos de cerca de 450 a.C. que propuseram que tudo o que existe é feito de átomos. No início do século XX, os cientistas descobriram que os átomos são, na verdade, divisíveis em partículas menores, os núcleos, feitos de prótons e nêutrons, e elétrons orbitando em torno dele.

Nas décadas seguintes, muitas outras partículas de matéria foram descobertas, com nomes como múons, neutrinos, etc. Se avançarmos rapidamente para os dias de hoje, tudo o que sabemos sobre a estrutura da matéria é resumido no que físicos de partícula chamam de "modelo padrão". No modelo padrão, há apenas 12 partículas fundamentais de matéria, juntamente com outra partícula chamada de bóson de Higgs.

O elétron é, talvez, a mais famosa de todas as 12 partículas. Ele tem dois primos mais pesados, o múon e o tau. Então, cada um deles tem um companheiro neutrino, como Don Quixote e Sancho Panza. Por isso, um neutrino elétron, um neutrino múon e um neutrino tau formam um grupo de seis partículas chamado de léptons: do grego que significa "peso leve".

As outras seis partículas são conhecidas como quarks. Dos seis quarks, os mais importantes são chamados de quarks up e down, que compõem partículas como o próton e o nêutron. Por isso, de acordo com a física de partículas moderna, tudo o que existe no universo, todo tipo de matéria ou material, é feito dessas 12 partículas. Na verdade, a matéria que podemos ver por aí é feita de átomos regulares, e, portanto, de quarks up e down que compõem prótons e nêutrons e de elétron, e essas partículas compõem todos os átomos da tabela periódica.

Esta é uma simplificação notável da complexa diversidade da natureza. O bóson de Higgs é uma nova partícula descoberta em 2012 no CERN, o gigante acelerador de partículas na Suíça. Na verdade, o CERN é tão imenso que está parte na Suíça e parte na França. Surpreendentemente, a existência do Higgs tinha sido prevista em teorias da década de 60. Para determinar se ele existe ou não, ou seja, se ele é ou não parte da realidade, os cientistas tiveram que assegurar que os sinais encontrados eram tão raros que nenhuma outra explicação se encaixaria.

Também vimos como a ciência é uma narrativa construída a partir da colaboração da teoria e do experimento. À medida que os experimentos se aprofundam na matéria, novas partículas são descobertas e se tornam reais. Claro, elas estavam lá o tempo todo mas não conseguíamos vê-las antes. O fato de que mesmo o LHC não pode ver tudo quando se trata de partículas é um poderoso exemplo dos limites do conhecimento. Podemos investigar a estrutura da matéria apenas na profundidade que as nossas máquinas permitem. Há sempre espaço para que o novo, o inesperado, surja das profundezas interiores da realidade.

Como as leis da natureza definem, a ciência limita o que podemos ver e o que não podemos ver, mas é muito bom lembrar que a ciência tem suas próprias limitações, dado que há aspectos do mundo que permanecem elusivos, fugindo

do

nosso alcance. [MÚSICA TOCANDO]