

What Is Matter

MARCELO GLEISER: Welcome back to Question Reality! We now leave the universe behind for awhile and start exploring the nature of matter. What is the world and everything in it made of? Galaxies, stars, planets, people, rocks, where did all this stuff come from? How can we know? These are the fundamental questions that we will study in the next two weeks. As we investigate the material composition of the world, we'll find very deep clues about the nature of reality and what we can and cannot know about it.

Everyone wonders at some point in life about the origin of all things. This rock, for example, where did it come from? What is it made of? Why is it so different from a living thing? It's amazing to think that the material composition of the world was actually the first question asked in philosophy. Thales of Miletus, in about 650 BCE, changed the way people thought about the world. Instead of saying that God or different gods made everything in nature, he tried to understand nature from within nature, offering rational answers to describe the physical nature of reality.

He believed that the fundamental material essence of the world was one single element, water. Why water? Well, for him, water symbolized the transformative power of nature. Water can change from liquid to solid and to gas. It can adapt to wherever it is. It represents nature's ever changing aspect, typical of the philosophy of Becoming, as we have seen before.

Of course, as typical for humans, others disagreed. They believed that, if you wanted to truly understand the essential nature of reality, you should not look for things that change, but for things that do not change. We have seen this before when we talked about Plato's Cave. To Plato, the senses were deceiving. If you wanted to really make sense of reality, you should only trust thought alone. Plato believed that the structures that make up the world are mathematical structures, geometric entities that cannot ever change, symbolizing the philosophy of Being.

Why is this so important? Well, to understand what the world is made of is to understand what we are made of, is to understand our history. Also, to understand the material composition of nature helps humanity view things from weapons of war, to tools used to plant and to heal. Our understanding of matter has shaped the history of civilization.

What telescopes did for astronomy and our understanding of the universe, microscopes and more powerful magnifying tools are doing for the composition of matter. The principles are the same. We use tools to magnify our perception of the world, to see things that our senses cannot capture. And, as before, we also know that our tools only give us a limited perception of what matter is truly made of, that we can only probe so deep into the nature of matter.

Going back to Greece, we had two competing ideas. One saying that nature was all about change, and the other saying that nature is really not about change but about what is permanent, Being versus Becoming. What is a young philosopher to do? Well, maybe there is a way to reconcile these two ideas.

This is exactly what the two great philosophers Leucippus and Democritus did. They said, let's imagine that everything that exists is made of tiny little bits of stuff that cannot be cut down, sort of like fundamental bricks of matter. In Greek, something that can't be cut down is called "atomos." So an atom is a fundamental little bit of stuff that cannot be broken down into smaller bits. Everything else is built from putting atoms together.

It was a brilliant idea. The atoms themselves don't change. So they represent Being. On the other hand, as you combine different atoms together, you can make changing structures that can be as complex as you want, sort of like playing with LEGO blocks. That is Becoming. This so-called atomistic philosophy unifies ideas of Becoming and ideas of Being to represent the essence of material reality.

You can see that this is a really tough question, to understand what the world is made of. If you pick up this rock, how can you tell what's in it? I mean, if you cut it down, you get little pieces of rock. Is that all there is to it? To go further, you need tools that allow you to see beyond what your eyes can see. You magnify the rock. And you see that it's actually made of other pieces of rock. And that these pieces of rock have a sort of crystal structure. Magnifying even more, you would see that, in this crystal structure, there are little atoms spaced periodically.

It's kind of amazing that such an old idea, from over 25 centuries, ago still rings somewhat true, even though, as we'll see, modern atoms and the particles that make them up are very different from this old Greek model. We have learned a lot about the composition of matter in the last 2,500 years. But if we now go to cutting edge physics, in particular particle physics, we realize that we are still trying to answer the very same question. What is the world made of?

The difference is that instead of breaking things into little pieces with hammers, we use incredibly powerful magnifying machines called Particle accelerators like the Large Hadron Collider at the European Center for Nuclear Physics known as CERN. In a sense, those enormous machines are super powerful microscopes that'll help us figure out what is at the very deep essence of matter. Instead of magnify things, they collide bits of matter into one another and see what comes flying off from the collision. The more energy the collision, the deeper scientists can see inside matter.

It's fair to ask if you would ever have a final answer to this question. Is it just a matter of looking deeper and deeper into things so that, eventually, we hit the answer at the very bottom? We actually don't know. What we can do is keep on looking with ever more powerful machines, so that we get closer and closer to the very essence of material reality.

But, because our knowledge depends on our tools, and our tools have a finite range, we can only see so much into reality. There could be other things hiding beyond our reach that we'll never know about or not know about for a very long time. This reinforces a key point for us that what we understand of the world is only a fraction of what's out there. The nature of reality remains elusive, even in the world of the very small.

O Que é Matéria?

MARCELO GLEISER: Bem vindos de volta ao Questionando a Realidade! Deixemos o universo para trás por enquanto e vamos começar a explorar a natureza da matéria. Do que o mundo e tudo o que está nele são feitos? Galáxias, estrelas, planetas, pessoas, pedras; de onde tudo isso veio? Como podemos saber? Estas são as questões fundamentais que vamos estudar nas próximas duas semanas. Conforme investigarmos a composição material do mundo, encontraremos pistas profundas sobre a natureza da realidade e em relação ao que podemos ou não saber sobre ela.

Em algum momento da vida, todo mundo se pergunta sobre a origem das coisas. Esta rocha, por exemplo; de onde ela veio? Do que é feita? Por que ela é tão diferente de um ser vivo? É incrível pensar que, na realidade, a composição material do mundo foi o tema da primeira pergunta feita no campo da filosofia. Tales de Mileto, em mais ou menos 650 antes de Cristo, mudou a forma como as pessoas enxergavam o mundo. Em vez de dizer que Deus ou diferentes deuses criaram tudo na natureza, ele tentou entender a natureza dentro da natureza, oferecendo respostas racionais para descrever a natureza física da realidade.

Ele acreditava que a essência material fundamental do mundo era um único elemento: a água. Por que a água? Bem, para ele, a água simbolizou o poder transformativo da natureza. A água pode mudar de estado, virando líquido, sólido e gás. Ela pode se adaptar a o que quer que seja. A água também representa o aspecto de eterna mudança da natureza, típica da filosofia do Devir, conforme vimos antes.

É claro que, como é típico dos seres humanos, outras pessoas discordaram. Elas acreditavam que, se você quiser realmente entender a natureza essencial da realidade, não se deve olhar para as coisas que mudam, mas para as que não mudam. Vimos isso anteriormente quando falamos sobre a Caverna de Platão. Para Platão, os sentidos enganavam. Caso desejasse entender realmente a realidade, você devia confiar somente em seus pensamentos. Platão acreditava que as estruturas que formam o mundo são estruturas matemáticas, entidades geométricas que nunca podem mudar, simbolizando a filosofia do Ser.

Por que isso é tão importante? Bem, entender do que é feito o mundo é compreender do que nós somos feitos, é entender a nossa história. Além disso, entender a composição material da natureza ajuda a humanidade a visualizar de armas de guerra a ferramentas usadas para plantar e curar. Nossa compreensão da matéria moldou a história da civilização.

O que os telescópios fizeram pela astronomia e pelo nosso entendimento do universo, microscópios e ferramentas de aumento mais poderosas estão fazendo pela composição da matéria. Os princípios são os mesmos. Utilizamos ferramentas para ampliar a nossa percepção do mundo, para enxergar coisas que os nossos sentidos não conseguem capturar. E, como antes, também sabemos que nossas ferramentas somente nos dão uma percepção limitada do que a matéria é realmente feita, além de sabermos que só podemos ir até certo ponto no conhecimento da natureza da matéria.

Voltando à Grécia, tínhamos duas ideias conflitantes. Uma dizia que a essência da natureza tinha relação com a mudança, e outra dizia que a natureza não era sobre a mudança, mas sobre o que é permanente, o Ser contra o Devir. O que um jovem filósofo deveria fazer? Bem, talvez haja uma maneira fácil de reconciliar essas duas ideias.

Foi exatamente isso que dois grandes filósofos chamados Leucipo e Demócrito fizeram. Eles disseram: vamos imaginar que tudo o que existe é feito de pequenos pedaços de algo que não pode ser dividido, como blocos fundamentais de matéria. Em grego, algo que não pode ser dividido é chamado de "átomos". Logo, um átomo é um pedaço tão fundamental de algo que não pode ser dividido em partes menores. Todo o resto é construído a partir da união de átomos.

Era uma ideia brilhante. Os átomos em si não mudam. Então eles representam o Ser. Por outro lado, conforme há a combinação de dois átomos diferentes, é possível criar estruturas diferentes que podem ser tão complexas quanto você quiser, assim como acontece quando brincamos com blocos de LEGO. Isso é o Devir. Esta "filosofia atomista" unifica as ideias do Ser e do Devir para representar a essência da realidade material.

Como você pode ver, entender do que o mundo é feito é uma questão bem complicada. Se você pegar esta rocha, como pode dizer o que há nela? O que quero dizer é: caso a parta ao meio, você terá pequenos pedaços de rocha. A questão acaba aí? Para ir além, são necessárias ferramentas que te permitam ver além do que seus olhos podem enxergar. Você amplia a rocha. E então é possível ver que, na verdade, ela é feita de outros pedaços de rocha. E que esses pedaços de rocha têm uma estrutura mais ou menos parecida com a de um cristal. Ampliando a ainda mais, seria possível ver que, nesta estrutura de cristal, há pequenos átomos espaçados regularmente.

É incrível que uma ideia tão antiga, originada a aproximadamente 25 séculos atrás, parecer mais ou menos verdadeira ainda hoje, apesar dos átomos modernos e as partículas que os formam, como veremos mais à frente, serem bem diferentes deste antigo modelo grego. Aprendemos bastante sobre a composição da matéria nos últimos 2.500 anos. Mas, se partirmos para a física moderna, em particular para a física de partículas, passamos a perceber que ainda estamos tentando responder a esta mesma pergunta. Do que o mundo é feito?

A diferença é que, em vez de quebrarmos coisas em pedaços menores com martelos, utilizamos poderosas máquinas ampliadoras chamadas Aceleradores de Partículas, como o Large Hadron Collider (ou Grande Colisor de Hádrons), localizado no Centro Europeu de Física Nuclear, conhecido como CERN. De certa forma, estas máquinas enormes são microscópios bastante poderosos que nos ajudarão a descobrir o que está na essência mais profunda da matéria. Além de ampliar as coisas, tais ferramentas colidem pequenos pedaços de matérias em outros e observam o que sai voando como resultado da colisão. Quanto maior for a energia da colisão, mais profundamente os cientistas podem ver dentro da matéria.

É justo perguntar se temos uma resposta final para esta pergunta. É uma questão de observarmos as coisas cada vez mais profundamente para, eventualmente, chegarmos ao fundo? Na realidade, não sabemos. O que podemos fazer é continuar observando com máquinas cada vez mais poderosas e chegarmos cada vez mais perto da verdadeira essência da realidade material.

Mas, por nosso conhecimento depender das nossas ferramentas, e nossas ferramentas terem um alcance limitado, podemos enxergar as entranhas da realidade somente até certo ponto. Além do nosso alcance, pode haver outras coisas escondidas sobre as quais nunca teremos conhecimento ou só passaremos a conhecer daqui a muito tempo. Isso reforça um ponto importante para nós, que é entender que o mundo é somente uma fração do que existe. A natureza da realidade continua elusiva, mesmo no mundo das coisas pequenas.