

Quantum Mechanics II: Interpretation and Reality

[MUSIC PLAYING]

MARCELO GLEISER: We have seen that the new quantum physics brought with it some big surprises, and that not many people were very happy with it. What do you do with a theory where equations don't describe something that exists in reality? After all, in classical physics, we see the Moon go around the Earth, and we write an equation describing the orbit of the Moon. But now, you don't see the electron, and the equation that you use to tell where the electron is or what energy it has doesn't describe that electron. It describes this abstract thing called a wave function.

So physicists in the early 1930s were very concerned with what the new quantum physics was telling them. They wanted to know if the wave function was part of reality or not. Niels Bohr, Werner Heisenberg, and others developed what became known as the Copenhagen interpretation of quantum mechanics, where, in the end, it didn't really matter what the wave function was, what mattered were the results of the measurements that scientists make in the laboratory.

In this interpretation, quantum mechanics provides a mathematical toolbox to calculate probabilistically what the results of those measurements will be. And that's good enough to use it in any application we want. More amazingly, given that the wave function only gives you a probability of the electron being here or there, before you measure the electron's position or the energy it has, you can't say anything about it. You can't even say that the electron exists.

In a sense, the act of measuring gives the electron physical reality. In this new kind of physics, the observer-- that is, the scientist in the laboratory and the machines he or she uses-- interferes, even determines the physical nature of what he or she is measuring. This is where philosophical complications come in.

There are essentially two options. One is, don't worry about the interpretation of the new theory. Use it as a calculation device to compute the probability of different outcomes in a measurement. This is essentially the Copenhagen interpretation. Or, try to think philosophically about the meaning of quantum physics and of the reality, or not, of the wave function. In practice, the vast majority of physicists don't worry about the interpretation of quantum mechanics or the wave function. They adopt what we call the "shut up and calculate" approach, whereby you just use the theory, which is incredibly precise, without worrying about what it means philosophically.

Fair enough. But there are those that do worry. They are not happy with simply using a theory that they don't know what it means. For example, if the observer is determining the physical nature of what he or she is measuring, does that mean that we, humans, are interfering or even creating physical reality as we interact with the world? There is something weird about saying that we create physical reality as we or our devices interact with it. After all, the universe has been here for much longer than we have. However, without a mind to think about it, what is reality? And if an observer is connected or, sometimes we say, entangled with what he or she measures, then there is no such thing as objectivity.

There have been many attempts to interpret quantum physics and the wave function philosophically. One of them is called the Many-Worlds Interpretation of quantum mechanics. In this interpretation, the different probabilities described by the wave function are all realized, but not in our universe. Essentially, when someone makes a measurement and finds the electron to be in a certain place with a 30 percent probability, at the moment of the measurement there is a split where, in other universes, or other worlds, the electron will appear with the other possible probabilities in different places.

In this interpretation, the wave function is not just a mathematical tool, but it's actually something real. Many smart people defend this idea, although it is hard to know for sure if it describes physical reality or not, because we can't go to this other universe to see if, indeed, these other options were realized. The problem with quantum physics is that it is really different from our deterministic reality, where cars, planets, and waves all move in predictable ways.

The weird thing is that all those objects-- cars, people, rocks, planets-- are made of electrons and protons, particles that do obey the laws of quantum physics. So where do we draw the line? Where does this weird quantum reality become the more familiar, classical reality of our everyday life? To answer this, we need to dive a little deeper into quantum physics. And we'll do that with the help of Schrodinger's cat.

[MUSIC PLAYING]

Mecânica Quântica II: Interpretação e Realidade

[MÚSICA TOCANDO]

MARCELO GLEISER: Vimos que a nova física quântica trouxe com ela grandes surpresas e que não são muitas as pessoas que estão muito felizes com ela. O que você faz com uma teoria onde as equações não descrevem algo que existe na realidade? Afinal, na física clássica, nós vemos a Lua girar ao redor da Terra, e nós escrevemos uma equação descrevendo a órbita da Lua. Mas agora, você não vê o elétron, e a equação que você usa para dizer onde o elétron está ou qual energia ele tem não descreve aquele elétron. Ela descreve esta coisa abstrata chamada de função de onda.

Assim, os físicos no início dos anos 30 estavam muito preocupados com o que a nova física quântica estava lhes dizendo. Eles queriam saber se a função de onda era parte da realidade ou não. Niels Bohr, Werner Heisenberg e outros desenvolveram o que ficou conhecida como a interpretação de Copenhague da mecânica quântica, onde, no final, realmente não importava o que era a função de onda, o que importava eram os resultados das medições que os cientistas faziam no laboratório.

Nesta interpretação, a mecânica quântica fornece uma caixa de ferramentas matemática para calcular probabilisticamente quais seriam os resultados dessas medições. E isso é bom o suficiente para usar em qualquer aplicação que quisermos. Mais surpreendentemente, dado que a

função de onda apenas dá a você uma probabilidade de o elétron estar aqui ou lá, antes de medir a posição do elétron ou a energia que ele tem, você não pode dizer nada sobre ele. Você não pode nem ao menos dizer que o elétron existe.

Em certo sentido, o ato de medir dá a realidade física do elétron. Neste novo tipo de física, o observador, ou seja, o cientista no laboratório e as máquinas que ele usa, interfere, até mesmo determina a natureza física que ele está medindo. É aqui que surgem as complicações filosóficas.

Há, basicamente, duas opções. Uma é não se preocupar com a interpretação da nova teoria. Usá-la como um dispositivo de cálculo para calcular a probabilidade dos resultados diferentes em uma medição. Isso é, basicamente, a interpretação Copenhague. Ou tentar pensar de forma filosófica sobre o significado da física quântica e da realidade, ou não, da função de onda. Na prática, a maioria dos físicos não se preocupam sobre a interpretação da mecânica quântica ou da função de onda. Eles adotam o que chamamos de abordagem "cale a boca e calcule", onde você apenas usa a teoria, que é incrivelmente precisa, sem se preocupar sobre o que ela significa filosoficamente.

É justo. Mas há aqueles que se preocupam. Eles não estão satisfeitos com simplesmente usar uma teoria que eles não sabem o que significa. Por exemplo, se o observador estiver determinando a natureza física do que está medindo, isso significa que nós, humanos, estamos interferindo ou até mesmo criando realidade física enquanto interagimos com o mundo? Há algo estranho sobre dizer que criamos realidade física enquanto nós ou nossos dispositivos interagem com ela. Afinal, o universo está aqui por muito mais tempo que nós. No entanto, sem uma mente para pensar sobre ele, o que é realidade? E se um observador estiver conectado ou, às vezes dizemos, envolvido com o que ele mede, então, não há objetividade.

Houve muitas tentativas de interpretar a física quântica e a função de onda filosoficamente. Uma delas é chamada de Interpretação de Muitos Mundos da mecânica quântica. Nesta interpretação, as probabilidades diferentes descritas pela função de onda são todas realizadas, mas não em nosso universo. Basicamente, quando alguém faz uma medição e encontra o elétron em um lugar determinado com uma probabilidade de 30%, no momento da medição há uma divisão onde, em outros universos, ou outros mundos, o elétron aparecerá com as outras probabilidades possíveis em lugares diferentes.

Nesta interpretação, a função de onda não é apenas uma ferramenta matemática, mas é, na verdade, algo real. Muitas pessoas inteligentes defendem esta ideia, embora seja difícil saber com certeza se ela descreve a realidade física ou não, por que nós não podemos ir para este outro universo para ver se, de fato, essas outras opções foram realizadas. O problema com a física quântica é que ela é realmente diferente de nossa realidade determinística, onde os carros, planetas e ondas se movem de formas previsíveis.

O que é estranho é que todos esses objetos, ou seja, carros, pessoas, rochas, planetas, são feitos de elétrons e prótons, partículas que obedecem as leis da física quântica. Então, onde estabelecemos o limite? Onde essa estranha realidade quântica se torna mais realidade clássica e familiar de nossa vida cotidiana? Para responder a isto, precisamos mergulhar um pouco mais fundo na física quântica. E faremos isso com a ajuda do gato de Schrödinger.

[MÚSICA TOCANDO]