

Conversation with Chris Quigg: What is Particle Physics?

[MUSIC PLAYING]

CHRIS QUIGG: I'm a particle theorist. And that means that I'm supposed to be thinking deep thoughts. In reality, there's a whole range of different activities. I spend a lot of time with experimenters, talking to them about the experiments to be done, the data they have in hand, how to think about things differently, or what to make of the results that they have. And so there's a lot of consultation.

When I'm here at CERN, some part of the time is spent being stimulated or trying to stimulate people in conversation. And the rest, hiding away and trying to do calculations or write things that will be useful to people. So it's a life of mind.

MARCELO GLEISER: Right, but what is it that is your goal? And what's a particle physicist trying to do?

CHRIS QUIGG: Well, basically, we're trying to understand the universe and how it works. And it's a process that happens step-by-step. Ever since Galileo, instead of simply thinking deep thoughts about deep questions, we try to pose questions that we can actually answer and then take those answers and put them together into something that's meaningful.

So in all of science, but especially in physics and in particle physics, which we like to think of being on the edge, we don't settle for individual explanations of different phenomenon. We like to have a story that covers many things at the same time. So step-by-step, we're trying to understand more and more about how the universe works.

One of the most exciting things about our subject it is that it is so new. So people often say, well, the notion of atoms, particles, went back to the Greeks 2,500 years ago. But in fact, nobody believed that for a long time. That was an argument by assertion and poetry rather than evidence. So in my public lectures, I often show a picture of me at the age of three or four with my Polish grandparents because they were alive at a time when people did not believe that atoms were real. So I have known people who existed before atoms were real.

And it wasn't just because the physicists of that time and the chemists were thick. It's because they demanded evidence. And one of the challenges about atoms-- even more a challenge for what we do-- is you can't see the particles. You can't hold them in your hands. The atoms, we always say, are small in their own light. If you look at them in visible light, you can't see them. The light just goes sailing by.

And so it wasn't until experiments done around 1908 or so in Paris by Jean Perrin, who saw the motion of particles moved by molecules, what they call Brownian motion, and used formulas derived by Einstein a few years before, in 1905, to actually measure the size and mass of

individual atoms and prove that they were there. So the beginning is not within my memory, but within the memory of people that I have known once upon a time.

And what we're doing now here at the LHC and in other experiments-- they have my lab at Fermilab-- are subjects that didn't exist when I was a graduate student. And that's the thing. Every year, every day almost, there's something new to think about.

Every time we do experiments at higher energy-- so the ones that are being done in the building behind us, or analyzed in the building behind us just now-- when we change energies, go to higher energies, we get a closer look at things. And one of the first things we do is to see if there's any evidence of internal structure of the things that, for our generation, tentatively-- always provisionally-- we take to be elementary particles, structureless, indivisible, with no size, the size of a geometrical point, if you like.

We tried maybe 20 years ago. There was a great wave of theoretical activity trying to make up stories about what might be inside the quarks and the particles like the electron and to deduce the properties that we can measure for them from some scheme. And people did a lot of clever stuff. But we never got anything more out than we put in. So that fails the test of a theory. The good theories that we have always give us back much more than we put into them.

MARCELO GLEISER: So what about the future of particle physics? Where do you see this going in the next few years?

CHRIS QUIGG: Well, I can tell you some of the possibilities that excite me. One that could happen any day is to find a new force of nature for which the evidence would be a new particle that is the mediator of that force. So that could happen in the strong interactions or in the weakened electromagnetic interactions. We know how you look at that. It's one of the first things people do. And to find a fifth force of nature or a sixth or seventh, that would be pretty special. It would change the way we think about the world.

And the way we understand the forces of nature is that they're all related to symmetries that we have recognized in experiment. So that would be a new symmetry. And we'd try to put that together with the other symmetries. There are other symmetries that might just come on their own.

So there's a famous one that's occupied many of my contemporaries for longer than they would like to admit. And that's a theory called supersymmetry. It's a really wonderful idea and sort of the maximal kind of symmetry that you can imagine mathematically that would relate different kinds of particles, things like the electrons and the quarks, to the force particles or particles like them. No evidence for it in experiment, but it would be really sweet if it were to happen. It might give us a path toward incorporating gravitation with the other forces. So those are two things.

We hope very much-- so it's not out of the question, it may even be possible, for us to find candidates for the dark matter in the universe. In our experiments here, as big as they are, they will never establish-- because the flight path is limited to tens of meters, they'll never establish that a dark matter particle has a cosmological lifetime. But they might give us something that

looks like it could be. And then if we discover it in another way, in direct detection or indirect detection, maybe we can put the pieces together and know a little more about what the whole world is made of.

So those are just a few things that would be extremely exciting. You could find compositeness of the quarks and leptons. And they say that's an experiment that's already being done, an analysis that's already being done by ATLAS and CMS with the new data.

Conversa com Chris Quigg: O que é Física de Partículas?

[MÚSICA TOCANDO]

[O QUE UM FÍSICO DE PARTÍCULAS FAZ?] CHRIS

QUIGG: Sou um físico teórico de partículas. E isso significa que se espera que eu tenha pensamentos profundos. Na verdade, existe toda uma gama de diferentes atividades. Passo bastante tempo com físicos experimentais, conversando com eles sobre os experimentos a serem feitos, os dados que eles têm em mãos, como pensar de forma diferente ou como interpretar os resultados que eles têm. Portanto, há bastante deliberação.

Quando estou aqui no CERN, passo uma parte do tempo sendo estimulado ou tentando estimular pessoas em conversas. E o resto, me escondendo e tentando fazer cálculos ou escrever coisas que serão úteis para as pessoas. Portanto, é uma vida mental.

MARCELO GLEISER: Certo, mas qual é o seu objetivo? E o que um físico de partículas fica tentando fazer?

CHRIS QUIGG: Bem, basicamente, estamos tentando entender o universo e como ele funciona. E é um processo que ocorre passo a passo. Desde Galileu, em vez de simplesmente pensar profundamente sobre questões profundas, tentamos fazer perguntas que realmente consigamos responder e então pegar essas respostas, reuni las e apresentá las de forma compreensível.

Portanto, em toda ciência, mas especialmente na física e na física de partículas, que gostamos de pensar que está no limite, não nos acomodamos com explicações individuais de fenômenos diferentes. Gostamos de ter uma história que cubra muitas coisas ao mesmo tempo. Por isso, passo a passo, estamos tentando entender mais e mais sobre como o universo funciona. [UMA BREVE HISTÓRIA DA FÍSICA DE PARTÍCULAS]

Uma das coisas mais empolgantes quanto à nossa disciplina é que ela é bem recente. As pessoas costumam dizer que a noção dos átomos, das partículas, remonta aos gregos há 2500 anos. Mas, na verdade, por muito tempo ninguém acreditou nisso. Isso foi um raciocínio resultante de debate e de poesia em vez de evidência. Por isso, nas minhas palestras públicas, costumo mostrar uma

foto minha aos três ou quatro anos com meus avós poloneses porque eles estavam vivos em uma época na qual as pessoas não acreditavam que os átomos existiam. Conheci pessoas que existiam antes dos átomos existirem.

E isso não acontecia porque os físicos e os químicos da época eram obtusos. É porque eles exigiam evidências. E um dos desafios quanto aos átomos — um desafio ainda maior para o que fazemos — é que não dá de ver as partículas. Não dá de segurá las com as mãos. Os átomos, como sempre dizemos, são pequenos em sua luz própria. Se você olhar para eles sob a luz visível, não dá de enxergá los. A luz simplesmente vai navegando.

E não foi antes dos experimentos feitos em 1908 em Paris por Jean Perrin, que viu o movimento das partículas movidas por moléculas, o que chamam de movimento browniano, e usou fórmulas calculadas por Einstein alguns anos antes, em 1905, para realmente medir o tamanho e a massa dos átomos individuais e provar que eles estavam ali. O início não está na minha memória, mas na memória de gente que conheci há tempos.

E o que estamos fazendo agora aqui no LHC e em outros experimentos — eles têm meu laboratório no Fermilab — são disciplinas que não existiam quando eu fazia faculdade. E aí que está. A cada ano, quase a cada dia, há algo novo a se pensar. [HÁ UM FIM PARA A PROCURA?]

Cada vez que fazemos experimentos com energia mais elevada — aqueles que estão sendo feitos no prédio atrás de nós, ou analisados no prédio atrás de nós agora mesmo — quando mudamos as energias, passamos para energias mais elevadas, vemos as coisas mais de perto. E uma das primeiras coisas que fazemos é ver se há alguma evidência de estrutura interna das coisas que, para a nossa geração, conjecturalmente — sempre provisoriamente — entendemos serem partículas elementares, sem estrutura, indivisíveis, sem tamanho, do tamanho de um ponto geométrico, se preferir.

Tentamos há talvez 20 anos atrás. Houve uma grande onda de atividade teórica tentando criar histórias sobre o que poderia estar dentro dos quarks e de partículas como o elétron e deduzir quais propriedades poderíamos medir delas a partir de algum esquema. E as pessoas fizeram muitas coisas inteligentes. Mas nós nunca retiramos mais do que colocamos. Então isso falha no teste de uma teoria. As boas teorias que temos sempre nos dão um retorno muito maior do que o que investimos nelas. [O QUE FUTUROS EXPERIMENTOS PODEM DESCOBRIR?]
MARCELO

GLEISER: Então, qual é o futuro da física de partículas? Onde você enxerga que isso irá dar nos próximos anos? CHRIS

QUIGG: Bem, posso contar para você algumas das possibilidades que me empolgam. Uma que poderia acontecer a qualquer dia é encontrar uma nova força da natureza para a qual a evidência seria uma nova partícula que seja a mediadora dessa força. Isso poderia acontecer nas interações eletromagnéticas fortes ou nas interações eletromagnéticas enfraquecidas. Sabemos como olhar para isso. É uma das primeiras coisas que as pessoas fazem. E encontrar uma quinta, sexta ou

sétima força da natureza seria algo bem especial. Mudaria a nossa forma de pensar sobre o mundo.

E a nossa forma de entender as forças da natureza é a de que elas estão todas relacionadas a simetrias que temos reconhecido em experimentos. Essa seria, portanto, uma nova simetria. E tentariamos agrupar isso com as outras simetrias. Há outras simetrias que poderiam simplesmente surgir

por conta própria. Existe uma teoria famosa que ocupou muitos dos meus contemporâneos por mais tempo do que eles gostariam de admitir. Que é uma teoria chamada supersimetria. É uma ideia realmente maravilhosa e de certa forma, o tipo máximo de simetria que se pode imaginar matematicamente e que relacionaria diferentes tipos de partículas, coisas como os elétrons e os quarks às partículas de força ou partículas como elas. Não há evidência experimental disso, mas seria muito bacana mesmo se acontecesse. Isso poderia nos dar um caminho para incorporar a gravidade às outras forças. Essas são duas coisas. Esperamos

muito — não está fora de questão, pode até mesmo ser possível que encontremos candidatas para a matéria escura no universo. Nos nossos experimentos aqui, por maiores que sejam, elas nunca irão ser confirmadas, pelo fato de a trajetória de voo ser limitada a algumas dezenas de metros, eles nunca confirmarão que uma partícula de matéria escura tem uma longevidade cosmológica. Mas podem nos dar algo que faça parecer que isso é possível. E aí, se descobrirmos isso de outra forma, por detecção direta ou detecção indireta, talvez possamos juntar as peças e saber um pouco mais sobre de que o mundo todo é feito.

Essas são apenas algumas das coisas que seriam extremamente empolgantes. Poderíamos descobrir a composição dos quarks e dos léptons. E dizem que é um experimento que já está sendo feito, uma análise que já está sendo feita pelo ATLAS e pelo CMS com os dados novos.