

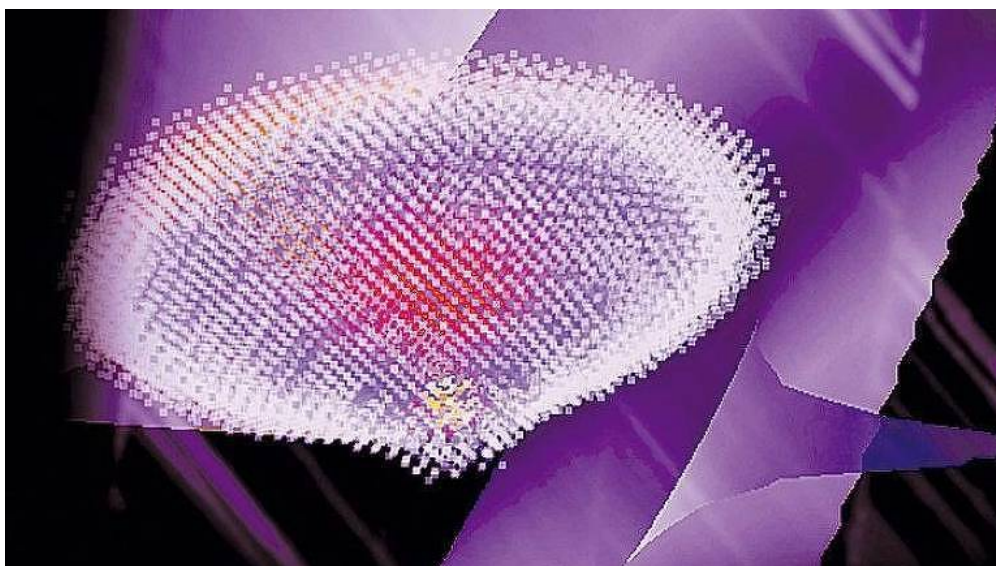
Mais de cem anos após ser descoberto, elétron ainda guarda mistérios

José Abdalla Helayël-Neto

Folha de S.Paulo, 16.fev.2019

Há pouco mais de cem anos, a física tornava a palavra ‘átomo’ (não divisível) uma contradição semântica: era descoberto o elétron. Há 90 anos, uma equação começava a desvendar seu comportamento.

Para entender por que o elétron —partícula que deu nome à eletricidade, tida como a maior invenção da humanidade— é ainda um desafio para a física, é preciso fazer aqui um panorama simples e sucinto do que esse ramo da ciência sabe sobre a matéria, a energia e as forças da natureza.



Representação gráfica de "átomo virtual" captando elétron, criada por um grupo de físicos para computador quântico - David Ebert/Universidade Purdue

A física contemporânea descreve os fenômenos naturais em termos de quatro interações fundamentais, as quais, para nossos propósitos aqui, podem ser entendidas como forças. Duas delas (gravitacional e eletromagnética) são perceptíveis em nosso cotidiano. As outras duas (nuclear fraca e nuclear forte) agem apenas no âmbito subatômico, a distâncias inimagináveis: em torno do décimo do trilionésimo do centímetro.

A força gravitacional é a responsável pelos movimentos planetários e pela organização da estrutura em larga escala de nosso universo. A eletromagnética responde pela formação dos átomos, pelas ligações moleculares e pelos processos biológicos fundamentais —e até mesmo pelo atrito entre a sola de nossos calçados e o chão.

A nuclear forte faz a coesão dos prótons e nêutrons e a própria formação das estruturas dessas partículas nucleares. Finalmente, a nuclear fraca está por trás da radioatividade, fenômeno em que núcleos atômicos expõem partículas e radiação, transformando-se uns em outros.

Cada uma dessas forças é descrita por uma teoria. Explica-se a gravitacional, nas dimensões de nosso dia a dia, pela mecânica proposta pelo físico e matemático britânico Isaac Newton (1642-1727), caso as velocidades envolvidas sejam baixas se comparadas

à da luz no vácuo (300 mil km/s). Se essas velocidades atingirem valores quase luminares, entra, então, em cena a teoria da relatividade, proposta, no início do século passado, pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955).

A descrição microscópica (isto é, quântica) da gravitação —denominada gravitação quântica— é um campo de investigação com diversas questões em aberto. Há vários candidatos para se chegar a essa abordagem. Os mais populares são as chamadas teorias de supercordas, nas quais partículas elementares (elétrons, neutrinos, quarks etc.) são tratadas não como “pontos sem dimensão”, mas sim como diminutas estruturas extensas (cordas).

A eletrodinâmica quântica descreve os fenômenos que envolvem a força eletromagnética, como um ímã atraindo um pedaço de ferro ou uma corrente passando por um fio elétrico. Essa teoria, desenvolvida a partir do início da década de 1940, ajudou a entender o mundo das chamadas partículas elementares —ou seja, partículas “indivisíveis”— à medida que elas iam sendo descobertas. Hoje, mais de cem delas são conhecidas.

Trabalhos publicados entre 1961 e 1968 ajudaram a formular a teoria eletrofraca, que, como o nome indica, unifica os fenômenos eletromagnéticos e aqueles regidos pela força nuclear fraca. O ferramental teórico mostrou que essas duas forças —apesar de suas características muito diferentes— têm uma origem comum. Portanto, radioatividade e atrito, por exemplo, são fenômenos aparentados.

Estabelecida em 1973, a cromodinâmica quântica (QCD, em inglês), teoria que descreve os fenômenos que envolvem a força forte, ainda apresenta desafios estimulantes. Por exemplo, por que quarks (“tijolos” constituintes dos prótons e nêutrons) não são encontrados isoladamente na natureza?

A união da teoria eletrofraca e da cromodinâmica quântica está contemplada no que os físicos denominam Modelo Padrão, um “quadro geral” que reúne as partículas conhecidas hoje e três das quatro forças da natureza (eletromagnética, fraca e forte). A inclusão da gravidade —muitos acreditam que isso seja possível— tem que esperar uma teoria de gravidade quântica.

Uma vez estabelecido esse cenário geral, voltemos, então, nossa atenção para o protagonista desta história: o elétron. Breve currículo: tem massa, não é divisível (elementar), tem carga elétrica negativa e orbita o núcleo atômico, quando não está correndo pelos fios elétricos do planeta.

Descoberto em 1897, o elétron mostrou que o átomo era divisível e teve papel preponderante no desenvolvimento da física do século passado. Nesse sentido, vale destacar que, em 1925, descobriu-se que, além de sua massa e carga elétrica, o elétron exibia outra propriedade: o spin, que podemos entender como um atributo que transforma essa partícula em um diminuto ímã —ou seja, o elétron é dotado de magnetismo.

Nos anos seguintes, a descoberta do spin foi fundamental para o estabelecimento de uma nova área da física: a mecânica quântica, que lida com os fenômenos nas dimensões atômicas e subatômicas.

Essa teoria —considerada a mais precisa da [história da ciência](#)— deixou claro que o elétron era protagonista em um fenômeno corriqueiro em nossas cozinhas, mas mal compreendido à época: quando deixamos cair sal no fogo, surge uma linda chama amarela. Elétrons geram a cor, ao absorverem freneticamente a energia (calor) do fogo e a devolverem na forma de luz.

O fenômeno ajudou os físicos a identificar os elementos químicos, pois cada um deles tem uma “assinatura colorida” bem característica —o amarelo do sal de cozinha é do sódio. Esse conhecimento foi essencial para que os astrofísicos determinassem a composição de objetos celestes, estrelas, galáxias, gases interestelares etc.

Em 1928 —portanto, há pouco mais de 90 anos—, Paul Dirac (1902-1984) propôs uma teoria que revolucionou a física da época. O britânico, para compreender mais profundamente o comportamento do elétron, unificou duas teorias físicas até então independentes: a mecânica quântica e a relatividade. A entrada desta última se fazia necessária: afinal, o elétron se move ao redor do núcleo quase à velocidade da luz —e isso é assunto para a relatividade einsteiniana.

A célebre equação de Dirac —que trata, portanto, o elétron do ponto de vista quântico relativístico— rendeu frutos para o entendimento das partículas de matéria. Vale lembrar que, naquele momento, o “cardápio subatômico” era restrito: elétron (1897) e próton (1919). O nêutron seria detectado só em 1932.

No entanto, o mais importante desses desdobramentos foi a predição, em 1931, por Dirac, de uma nova forma de matéria: a antimatéria. O físico anteviu, com base em argumentações teóricas, a existência do pósitron, “réplica” do elétron, mas com carga elétrica oposta (positiva).

Em 1932, o pósitron foi detectado em laboratório, coroando os profundos estudos de Dirac sobre o elétron. Mas os resultados do físico permitiram mais: o antipróton (antimatéria do próton) e uma nova categoria de carga, a chamada carga magnética, ainda procurada, mas até hoje não encontrada.

Com base na descrição quântica dos fenômenos microscópicos, compreendeu-se de forma ampla e precisa os processos eletrônicos, tanto do ponto de vista da teoria e da experimentação quanto do ponto de vista das aplicações tecnológicas, com a elaboração de novos materiais que revolucionaram o século passado. O exemplo clássico aqui é a invenção do transistor, componente eletrônico que permitiu a miniaturização de rádios, aparelhos de TV, computadores etc.

Ao longo de sua carreira, Dirac perseguiu o elétron, pois, para ele, essa partícula era enigmática e desafiadora. Em 1963, ele propõe a possibilidade de esse fragmento de matéria ser uma estrutura composta, formada por objetos ainda mais elementares, que ele denominou *singletons* —na década seguinte, rebatizados de *préons*.

Aquele trabalho —ainda muito desconhecido na comunidade física— relaciona essa composição com a existência de uma possível dimensão extra, uma quarta dimensão de espaço. Essa é uma questão ainda em aberto e tratada por concepções teóricas mais atuais, como as teorias de supercordas.

Na visão diraqueana, a natureza é uma espécie de sítio arqueológico remanescente de uma “civilização” com bilhões de anos (o universo), e o elétron seria como um achado arqueológico que nos permitiria descobrir e compreender novas formas de matéria.

De fato, aceleradores que produziram colisões entre elétrons e pósitrons levaram à descoberta de novas partículas elementares, as quais, por sua vez, mostraram, por exemplo, que a força eletromagnética e a fraca eram faces de uma mesma moeda.

O elétron ainda nos desafia. Estudos recentes buscam descobrir como sua carga se distribui em torno dele. A compreensão desse ponto pode indicar novos caminhos para um entendimento mais profundo das forças fundamentais da natureza.

Aquele minúsculo quase pontinho, com carga e magnetismo, poderá nos ajudar a elucidar grandes questões que desafiam a física atual em sua tentativa de compreender,

no final das contas, o cosmo em sua instância mais elementar —o que, de certa forma, nos inclui também.

Ou seja, a partícula mais popular e útil da história ainda é um desafio. E isso deve ser comemorado —principalmente nestes 90 anos da equação que começou a domar a primeira porção subatômica da matéria.