

Como Entender a Física Quântica em 8 Passos!

A física quântica (também chamada de teoria quântica ou mecânica quântica) é um ramo da física que permite uma descrição do comportamento e interação da matéria e da energia à escala das partículas subatômicas, fótons e certos materiais a temperaturas muito baixas. O ambiente quântico é onde a "ação" (ou, por vezes, o momento angular) da partícula acontece, a poucas ordens de magnitude de uma constante incrivelmente pequena chamada de constante de Planck.

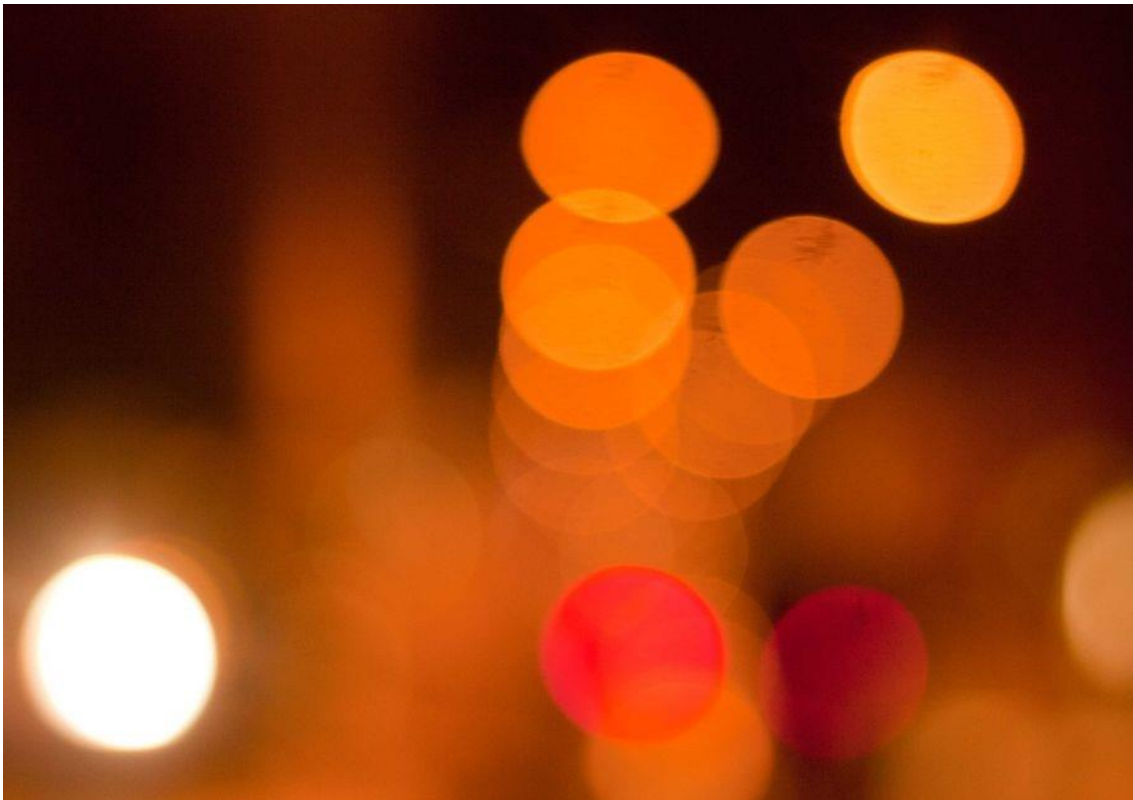
Passos



1

Entenda a importância física da constante de Planck. Na mecânica quântica, o quantum de ação é a constante de Planck, comumente denominada h . Da mesma forma, na interação de partículas subatômicas, o quantum do **momento angular** é a constante de Planck reduzida (constante de Planck dividida por 2π), denominada \hbar e chamada de "barra-h". Note que o valor da constante de Planck é extremamente pequena, de forma que suas unidades são aquelas do momento angular, e que a noção de ação representa o conceito matemático mais genérico. Como implicado pelo nome *mecânica quântica*, certas quantidades físicas como o momento angular podem mudar apenas em quantidades *discretas*, e não de forma contínua. Por exemplo, o momento angular de um elétron unido a um átomo ou molécula é quantizado e poderá apenas

ter valores que são múltiplos da constante de Planck reduzida. Essa quantização eleva os orbitais eletrônicos de uma série de números quânticos primários. Em contrapartida, o momento angular de um elétron livre próximo não será quantizado. A constante de Planck também desempenha papel crucial na teoria quântica da luz, na qual um quantum de luz é, de fato, o fóton, e na qual a matéria e a energia interagem de acordo com a transição eletrônica do átomo, ou o "salto quântico" do elétron unido. As unidades da constante de Planck podem também ser vistas como energia vezes tempo. Por exemplo, na área estudada pela física de partículas, a noção de partículas virtuais simboliza aquelas de grande massa que surgem espontaneamente do vácuo por uma ínfima fração de seção, desempenhando um determinado papel na interação entre as partículas do meio. O limite da vida dessas partículas virtuais equivale à energia (massa) da partícula vezes o valor de sua vida. A mecânica quântica é uma ampla área de estudo, mas cada uma de suas partes matemáticas envolve a constante de Planck.



2

Esteja ciente de que partículas de grande massa passam por uma transição do clássico ao quântico. Mesmo que o elétron livre exiba certas propriedades quânticas (como *spin*), à medida que o elétron livre se aproxima do átomo e se desacelera (talvez por emitir fótons), passa por uma transição do comportamento clássico ao quântico, já que sua energia vai abaixo de sua energia de ionização. O elétron é então unido ao átomo, e seu momento angular com respeito ao núcleo atômico é restrito aos valores quantizados dos orbitais que ele poderá ocupar. A transição é rápida. Uma pessoa poderia compará-la com aquela de um sistema mecânico que se altera a partir da exibição de comportamentos instáveis a estáveis da exibição de comportamentos caóticos ou até mesmo de um foguete espacial que se desacelera e se reduz até estar abaixo da velocidade de escape e entre em órbita com alguma estrela ou outro objeto celeste. Em contraste, fótons (que não possuem massa) não passam por essa transição: eles apenas viajam

pelo espaço sem qualquer alteração até que interajam com outras partículas e, então, desaparecem. Enquanto você observar o céu noturno, os fótons de alguma estrela terão viajado diversos anos-luz de espaço inalterados e, em seguida, interagidos com um elétron em uma molécula de sua retina, transferindo sua energia e, por fim, desaparecendo.



3

Saiba que há ideias inéditas apresentadas na Teoria Quântica, estando dentre elas:

- O âmbito quântico segue regras bem diferentes daquelas presentes no mundo que vemos em nosso cotidiano.
- A ação (ou momento angular) não é contínua, mas vem em pequenas, mas discretas, unidades.
- As partículas elementares se comportam ambos como partículas e como ondas.
- O movimento de uma partícula específica é inerentemente aleatória e pode ser somente prevista em termos de probabilidades.
- É fisicamente impossível mensurar simultaneamente a posição e o momento de uma partícula para além da precisão permitida pela constante de Planck. Quanto mais precisamente uma é percebida, menos precisa a outra será.



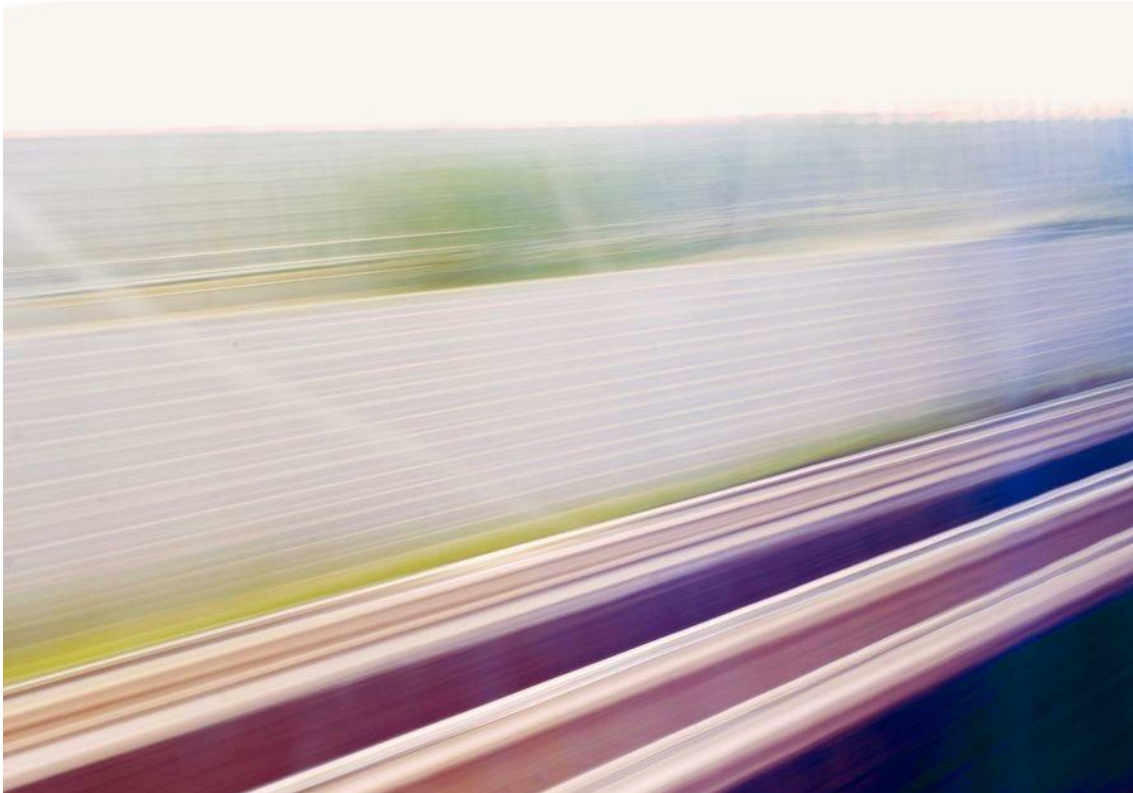
4

Entenda a Dualidade Partícula-Onda. Ela postula que toda a matéria exibe propriedades de onda e partícula. Como conceito central da mecânica quântica, essa dualidade se direciona à inabilidade de conceitos clássicos como "partícula" e "onda" para descrever plenamente o comportamento de objetos na escala quântica. Para um conhecimento completo da dualidade da matéria, é preciso conhecer conceitos do efeito Compton, do efeito fotoelétrico, do comprimento de onda Broglie e da fórmula de Planck para a radiação de corpo negro. Todos esses efeitos e teorias provam a natureza dual da matéria. Há diferentes experimentos para a luz feitos por cientistas que provam que a luz possui uma natureza dual, ou seja, que se comporta como partícula e também como onda em sua natureza. Em 1901, Max Planck publicou uma análise exitosa na reprodução e observação do espectro de luz emitido por um objeto brilhante. Para fazê-lo, Planck precisou desenvolver uma afirmação matemática *ad hoc* da ação quantizada dos osciladores (átomos do corpo escuro) que emitem radiação. Foi Einstein que mais tarde propôs que a própria radiação eletromagnética está quantizada em fótons.



5

Entenda o Princípio da Incerteza. Esse princípio define que certos pares de propriedades físicas, como posição e momento, não podem ser conhecidos simultaneamente de forma altamente precisa. Na física quântica, uma partícula é descrita como um pacote de energia, que dá início a esse fenômeno. Considere a medida da posição de uma partícula. Ela pode estar em qualquer lugar. O pacote de ondas da partícula possui amplitude diferente de zero, significando que sua posição é incerta — ela pode estar em qualquer ponto ao longo do pacote de ondas. Para obter uma leitura precisa da posição, esse pacote de ondas deve estar tão 'comprimido' quanto possível, significando que deve estar feito de números crescentes de ondas senoidais conjuntas. O momento da partícula é proporcional ao número ondulatório de uma delas, mas poderia ser qualquer uma dentre todas. Por isso, uma medida de posição mais precisa — agregando-se mais ondas — significa que a medida do momento se torna menos precisa (e vice-versa).



6

Entenda a Função de Onda. Uma função de onda é uma ferramenta matemática na mecânica quântica que descreve o estado quântico de uma partícula ou sistema de partículas. Ela é comumente aplicada como propriedade de partículas em relação à dualidade onda-partícula, na qual é denominada ψ (posição, tempo), e onde $|\psi|^2$ é igual à chance de encontrar o objeto em certo tempo e posição. Por exemplo, em um átomo com um único elétron, como o hidrogênio ou o hélio ionizado, a função de onda do elétron possibilita uma descrição completa de como esse elétron se comporta. Ele pode ser decomposto em uma série de orbitais atômicos que formam a base de possíveis funções de onda futuras. Em átomos com mais de um elétron (ou qualquer sistema com partículas múltiplas), o espaço subjacente representa as possíveis configurações de todos os elétrons, e a função de onda descreve as probabilidades dessas configurações. Ao solucionar problemas envolvendo a função de onda, a familiaridade com números complexos é um pré-requisito. Outras exigências incluem a matemática na álgebra linear, a fórmula de Euler para análises complexas e a notação bra-ket.



7

Entenda a Equação de Schrödinger. Essa é uma equação que descreve como o estado quântico de um sistema físico se altera com o tempo. Ela é tão central à mecânica quântica como as leis de Newton são à mecânica clássica. Soluções à equação de Schrödinger descrevem não somente os sistemas moleculares, atômicos e subatômicos, mas também os sistemas macroscópicos, possivelmente até mesmo o universo como um todo. A forma mais genérica é a equação de Schrödinger dependente do tempo, que oferece uma descrição de um sistema que evolui com o tempo. Em sistemas no estado estacionário, a equação de Schrödinger independente do tempo é suficiente. A equação de Schrödinger é comumente usada no cálculo de níveis energéticos e outras propriedades de átomos e moléculas.



8

Entenda a Superposição Quântica. A superposição quântica se refere à propriedade mecânica quântica de soluções à equação de Schrödinger. Uma vez que a equação de Schrödinger é linear, qualquer combinação linear de soluções a uma equação em particular também será uma solução para ela. Essa propriedade matemática de equações lineares é conhecida como o princípio da superposição. Na mecânica quântica, essas soluções são frequentemente desenvolvidas para serem ortogonais, como nos níveis energéticos de um elétron. Ao fazê-lo, a energia sobreposta dos estados é anulada e o valor esperado de um operador (qualquer estado superposto) se torna o valor esperado do operador nos estados individuais, multiplicados pela fração do estado superposto que está "dentro" daquele estado.

Dicas

- Solucione os problemas numéricos da física do ensino médio como uma prática para o trabalho envolvido na resolução da matemática na física quântica.
- Alguns dos pré-requisitos para a física quântica incluem os conceitos da mecânica clássica e hamiltoniana, e outras propriedades de ondas como interferência, difração, etc. Consulte os livros didáticos apropriados ou pergunte a um professor de física. É importante construir um entendimento forte da física do ensino médio e dos conceitos requeridos nessa etapa da educação. Será preciso aprender uma quantidade considerável de conceitos matemáticos de nível universitário.