

## **1. Modelo Atômico de Dalton (1808) - "Modelo da Bola de Bilhar"**

O que ele explicava:

- Leis das Combinações Químicas: Explicava com sucesso as leis ponderais da química da época, como a Lei da Conservação da Massa (Lavoisier) e a Lei das Proporções Definidas (Proust).
- Matéria é Descontínua: Propunha que toda a matéria era feita de átomos indivisíveis e indestrutíveis, uma ideia revolucionária para a época.
- Elementos e Compostos: Átomos de um mesmo elemento são idênticos. Compostos são formados pela combinação de átomos de elementos diferentes em proporções fixas.

Suas Limitações (O que não explicava):

- Estrutura Interna: Tratava o átomo como uma partícula maciça e indivisível. Não mencionava prótons, nêutrons ou elétrons.
- Subpartículas: Não podia explicar a existência de partículas subatômicas, que seriam descobertas mais tarde (como o elétron por J.J. Thomson).
- Eletricidade: Não explicava fenômenos elétricos, como a eletrólise ou os raios catódicos.

---

## **2. Modelo Atômico de Thomson (1898) - "Modelo do Pudim de Passas"**

O que ele explicava:

- Existência do Elétron: Incorporou a descoberta do elétron (por ele mesmo), mostrando que o átomo era divisível.
- Átomo Eletricamente Neutro: Propôs um átomo composto por uma esfera positiva com elétrons (de carga negativa) incrustados, tornando o átomo neutro no geral.

Suas Limitações (O que não explicava):

- Núcleo Atômico: Não previa a existência de um núcleo denso e positivo. A carga positiva estava espalhada por toda a esfera.
- Estrutura do Átomo: Era um modelo estático que não explicava a organização dos elétrons.

- Espectros Atômicos: Não conseguia explicar por que os átomos emitem luz apenas em comprimentos de onda específicos (os espectros de linha), e não em um espectro contínuo.

### 3. Modelo Atômico de Rutherford (1911) - "Modelo Planetário"

O que ele explicava:

- Existência do Núcleo: Explicou os resultados do Experimento da Folha de Ouro, propondo que o átomo era majoritariamente espaço vazio, com um núcleo pequeno, denso e positivo no centro.
- Estrutura Básica: Os elétrons giravam em torno do núcleo, assim como os planetas giram em torno do Sol.

Suas Limitações (O que não explicava):

- Estabilidade do Átomo: De acordo com a física clássica, um elétron em movimento circular deveria emitir radiação continuamente, perder energia e cair no núcleo. Se isso acontecesse, o átomo colapsaria em uma fração de segundo, o que claramente não acontece.
- Espectros Atômicos: Assim como o modelo de Thomson, não explicava os espectros de linha dos elementos. Um elétron espiralando emitiria um espectro contínuo de energia, não linhas discretas.

### 4. Modelo Atômico de Bohr (1913) - "Modelo de Camadas"

O que ele explicava:

- Estabilidade do Átomo: Postulou que os elétrons só poderiam orbitar o núcleo em órbitas estacionárias específicas (níveis de energia), sem emitir radiação.
- Espectros Atômicos: Explicou com sucesso os espectros de linha! Quando um elétron salta de uma órbita de maior energia para uma de menor energia, ele emite um fóton de luz com uma energia específica (uma linha no espectro).

Suas Limitações (O que não explicava):

- Átomos com Múltiplos Elétrons: O modelo funcionava muito bem para o átomo de hidrogênio (apenas 1 elétron), mas não conseguia explicar os espectros de átomos mais complexos.
- Órbitas Definidas: A ideia de órbitas circulares e bem definidas era muito rígida. Posteriormente, a Mecânica Quântica mostrou que a posição do elétron é probabilística, não uma trajetória fixa.
- Dualidade Onda-Partícula: Não incorporava a natureza dual (onda e partícula) do elétron.

## 5. Modelo da Mecânica Quântica (Modelo Atual - década de 1920 em diante) - "Modelo da Nuvem Eletrônica"

O que ele explica:

- Comportamento dos Elétrons: Descreve os elétrons não como partículas em órbitas, mas como ondas de matéria que ocupam orbitais (regiões do espaço onde há uma alta probabilidade de encontrar o elétron).
- Números Quânticos: Usa quatro números quânticos para descrever com precisão a energia e a localização provável de cada elétron em um átomo.
- Espectros Complexos: Explica os espectros de todos os elementos, incluindo os mais pesados.
- Ligações Químicas: Fornece a base teórica para entender como as ligações químicas se formam.

Suas Limitações (O que não explica):

- O modelo atual é incrivelmente bem-sucedido e preciso. Suas "limitações" estão nos limites da física moderna:

## O que o Modelo Padrão Explica:

### 1. Os Blocos de Construção Fundamentais da Matéria:

Ele organiza as partículas de matéria em duas famílias principais: Férmons.

- Quarks: Partículas que se combinam para formar partículas compostas, como prótons e nêutrons.
  - Existem 6 tipos (ou " sabores"): *Up, Down, Charm, Strange, Top, Bottom.*

- Um próton, por exemplo, é formado por dois quarks *Up* e um quark *Down*.
  - Léptons: Partículas que não interagem pela força forte.
    - O elétron é o mais famoso.
    - Inclui também o muôn, o tau e três tipos de neutrinos.
2. Resumindo: Toda a matéria que vemos no universo é composta por partículas das famílias dos Quarks e Léptons.
3. As Forças que Medeiam as Interações:  
Ele explica como essas partículas de matéria interagem entre si através da troca de outras partículas, chamadas Bósons de Calibre (as "partículas mensageiras").
- Força Eletromagnética: É mediada pelo fóton. Explica a luz, o magnetismo e a química (ligações entre átomos).
  - Força Nuclear Forte: É mediada pelos glúons. É a "cola" que mantém os quarks unidos para formar prótons e nêutrons, e que mantém o núcleo atômico coeso.
  - Força Nuclear Fraca: É mediada pelos bósons W e Z. É responsável por processos radioativos, como o decaimento beta, e é essencial para a fusão nuclear que acontece no Sol.
4. O Campo de Higgs e o Mecanismo de Higgs:  
Explica por que a maioria das partículas fundamentais tem massa.
- O Bóson de Higgs é a partícula associada ao campo de Higgs, que permeia todo o universo.
  - Partículas interagem com esse campo: quanto mais intensa a interação, mais massa a partícula tem. O fóton, por exemplo, não interage e, portanto, não tem massa.

## O que o Modelo Padrão NÃO Explica (Suas Limitações):

Apesar de ser incrivelmente bem-sucedido, o Modelo Padrão é uma teoria incompleta. Ele não explica:

1. A Gravidade: Esta é a maior lacuna. A força da gravidade, descrita pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein, não é incorporada ao Modelo Padrão. Os físicos buscam uma "Teoria de Tudo" que une ambas.
2. A Matéria Escura: Observações astronômicas mostram que há muito mais matéria no universo do que podemos ver. Essa "matéria escura" não emite luz e não interage com a força eletromagnética. Ela não é feita de nenhuma das partículas do Modelo Padrão.

3. A Energia Escura: A expansão do universo está acelerando, impulsionada por uma energia misteriosa. O Modelo Padrão não explica a natureza dessa energia escura.
4. A Assimetria Matéria-Antimatéria: O modelo prevê que o Big Bang deveria ter criado quantidades iguais de matéria e antimateria, que se aniquilariam. No entanto, o universo é feito quase que inteiramente de matéria. Por que há esse desequilíbrio? O Modelo Padrão não tem uma resposta completa.
5. A Massa do Neutrino: O modelo original assumia que os neutrinos não tinham massa. Agora sabemos que eles têm uma massa muito pequena, mas o modelo não pode explicar o *valor* dessa massa.
6. Por que três "famílias" de partículas? Existem três gerações de quarks e léptons. A matéria comum é feita apenas da primeira geração (Up, Down, Elétron). Por que existem duas outras famílias, muito mais pesadas e instáveis? O modelo não explica.

### **Analogia para Resumir:**

Pense no modelo atômico (de Bohr ou da Mecânica Quântica) como o mapa de uma cidade, mostrando onde ficam os bairros (o núcleo) e as ruas principais (as órbitas dos elétrons).

Já o Modelo Padrão é o manual de engenharia e sociologia que explica:

- De que materiais (quarks e léptons) são feitas as casas e os carros.
- Quais são as regras de convivência (as forças) que mantêm a cidade funcionando.
- Mas esse manual ainda não consegue explicar alguns fenômenos maiores, como a economia da cidade (gravidade) ou por que existem áreas invisíveis (matéria escura).

### **Modelo Atômico de Schrödinger (1926) - "Modelo da Nuvem Eletrônica ou Orbital"**

Erwin Schrödinger não propôs um modelo visual simples como uma bola ou um planeta. Em vez disso, ele desenvolveu uma equação matemática revolucionária – a Equação de Schrödinger – que se tornou a base de toda a química quântica moderna.

## O que ele explicava (Seus Acertos Revolucionários):

1. Comportamento Ondulatório do Elétron: Incorporou a ideia de Louis de Broglie de que o elétron também pode se comportar como uma onda, e não apenas como uma partícula. Isso superou a noção rígida de órbitas circulares de Bohr.
2. O Conceito de Orbital: A solução da sua equação não dá uma trajetória definida, mas sim uma região no espaço ao redor do núcleo onde há uma alta probabilidade de se encontrar o elétron. Essa região é chamada de orbital.
  - Formas dos Orbitais: A equação prevê formatos específicos para esses orbitais (esférico para o "s", lobular para o "p", etc.).
3. Os Números Quânticos: A solução da equação introduz naturalmente três números quânticos que descrevem as propriedades dos orbitais:
  - Número Quântico Principal ( $n$ ): Determina o nível de energia e o tamanho do orbital.
  - Número Quântico Azimutal ( $l$ ): Determina a forma do orbital (s, p, d, f).
  - Número Quântico Magnético ( $m$ ): Determina a orientação espacial do orbital.
4. (Um quarto número, o spin magnético, foi adicionado posteriormente para completar a descrição do elétron).
5. Espectros de Átomos Complexos: Diferente do modelo de Bohr, que só funcionava para o hidrogênio, o modelo de Schrödinger pode ser usado (embora com cálculos aproximados) para descrever os espectros atômicos e as propriedades de átomos com muitos elétrons.
6. Base para as Ligações Químicas: A sobreposição de orbitais atômicos para formar orbitais moleculares é a base da nossa compreensão moderna de como as ligações químicas se formam.

## Suas Limitações (O que não explicava):

1. O Spin do Elétron: A equação original de Schrödinger não previa o spin do elétron. Essa propriedade intrínseca dos elétrons (como se girassem sobre o próprio eixo) teve que ser incorporada posteriormente como um postulado adicional.
2. O Princípio de Exclusão de Pauli: A equação por si só não explica por que dois elétrons no mesmo orbital devem ter spins opostos. Esse princípio, crucial para a estrutura eletrônica, foi uma regra adicionada.
3. Relatividade: A equação de Schrödinger é não-relativística. Para partículas em velocidades muito altas (próximas à da luz), ela falha, sendo substituída pela equação de Dirac.
4. Interpretação Probabilística: O modelo substitui a certeza da física clássica por probabilidades. Isso era (e para alguns ainda é) filosoficamente

desafiador, pois não podemos prever a posição exata de um elétron, apenas onde é *mais provável* encontrá-lo.

## Resumo da Diferença entre Bohr e Schrödinger:

Característica

Modelo de Bohr (1913)

Modelo de Schrödinger  
(1926)

Natureza do  
Elétron

Partícula

Onda-Partícula

Trajetória

Órbitas circulares  
definidas

Orbitais (Regiões de  
probabilidade)

Previsibilidade

Determinista (sabe-se a  
posição)

Probabilística (sabe-se a  
probabilidade)

Aplicabilidade

Átomo de Hidrogênio

Todos os elementos (com  
aproximações)

Base

Postulados

Equação de Schrödinger

Em resumo, o modelo de Schrödinger é o modelo atômico moderno. Quando falamos em "orbitais s, p, d, f" e "nuvens eletrônicas", estamos falando diretamente

das consequências da sua equação. É a teoria que melhor descreve o comportamento dos elétrons no átomo.

- o Unificação com a Relatividade Geral: Dificuldades em unificar a Mecânica Quântica com a Teoria da Relatividade Geral de Einstein para descrever fenômenos em condições extremas, como dentro de buracos negros ou no momento do Big Bang.
- o Cálculos Extremamente Complexos: Para sistemas com muitos elétrons, os cálculos tornam-se tão complexos que exigem aproximações.