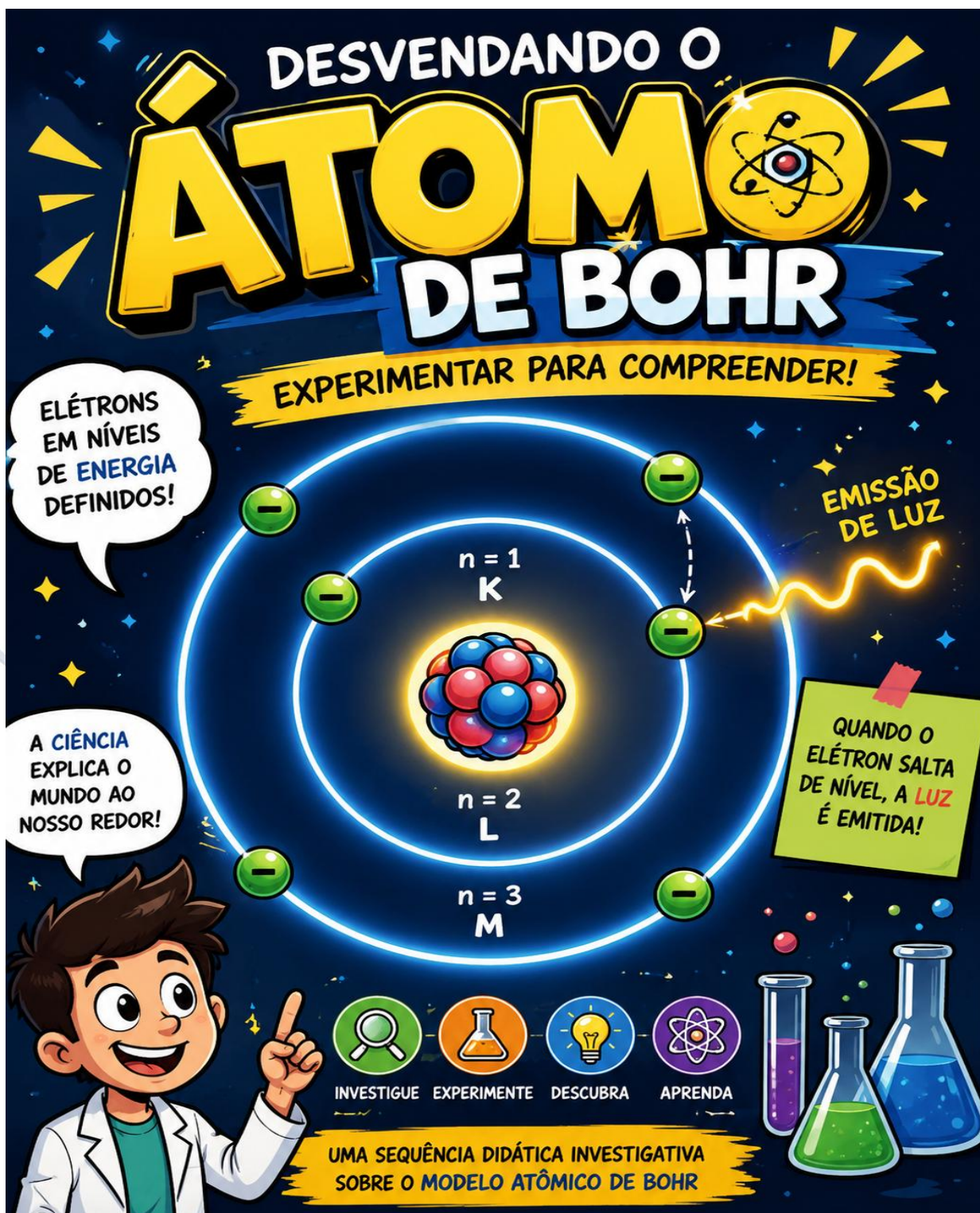


PRODUTO EDUCACIONAL – SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO ÁTOMO DE BOHR
BASEADA EM EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS



SÃO PAULO

2026

UNIVERSIDADE PAULISTA DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA –
PROFQUI
Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MODELO ATÔMICO DE BOHR:
EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS DA ELETROSFERA-COMPETÊNCIA E
HABILIDADES

Lilian Rodrigues de Oliveira



SÃO PAULO

2026



Esta obra é licenciada sob uma licença **Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações (CC BY-NC-ND 4.0)**. Esta licença permite a cópia e redistribuição do material, em qualquer suporte ou formato, sem fins comerciais, desde que o crédito seja atribuído ao autor. Traduções, adaptações ou outras modificações a partir do material não podem ser distribuídas. Os termos da licença são detalhados em <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.pt>.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas

Oliveira, Lillian Rodrigues de

Sequência didática no ensino modelo atômico de Bohr [recurso eletrônico] : Experimentos investigativos da eletrosfera-competência e habilidades / Lillian Rodrigues de Oliveira. — Araraquara, 2026.

84 p. ; PDF ; 1,32 MB : il. color.

Recurso educacional derivado de dissertação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara. Orientado por Elias Elias de Souza Monteiro Filho. Coorientado por Marcela Marcela Marques de Freitas Lima.

1. Química (Ensino médio) 2. Didática (Ensino médio) 3. Material Didático 4. Professores de ensino médio

PRODUTO EDUCACIONAL – SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO ÁTOMO DE BOHR
BASEADA EM EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

INVESTIGATIVOS DO ÁTOMO DE BOHR

APRENDER INVESTIGAR DESCOBRIR!

EXPERIMENTAÇÃO DA ELETROSFERA: COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

ENSINO INVESTIGATIVO
Problemas, hipóteses e descobertas!

EXPERIMENTAÇÃO
Atividades práticas para compreender a eletrosfera!

MODELO ATÔMICO DE BOHR
Níveis de energia e organização da eletrosfera!

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES
Desenvolvimento do pensamento científico e aprendizagem significativa!

PRODUTO EDUCACIONAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA
PROFQUI

CIÊNCIA NA PRÁTICA, CONHECIMENTO PARA A VIDA!

SÃO PAULO

2026

APRESENTAÇÃO

Caros professores,

A proposta de sequência didática abordando o conteúdo de modelos atômicos com métodos investigativos e aulas experimentais é o produto de uma dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional da UNESP. Este material trabalha a experimentação por investigação, na qual os alunos desenvolvem em grupo experimentos abordados na proposta, tendo papel ativo na aquisição do conhecimento, cabendo ao professor o papel de organizar, orientar e auxiliar em cada etapa da sequência.

Para elaboração da sequência didática deste trabalho utilizou-se por etapas as atividades Experimentais Investigativas estruturadas da seguinte forma: tema, objetivo, sugestões dos conteúdos a serem ministrados, tempo estimado para aula, recursos utilizados, orientações para o professor, avaliação e referências bibliográficas. Esta sequência didática sobre o conteúdo de modelos atômico e suas estruturas abordando A fluorescência através do experimento de Bohr quantização, para os alunos do Ensino Médio, se constitui o produto educacional do PROFQUI e engloba conceitos de energia quantizada; aplicado o fenômeno da excitação eletrônica e estabelecer a relação com o modelo atômico de Bohr. Verificar a presença de elementos químicos em sais através do teste de chamas e comparar com o padrão de cores do espectro de emissão, ao fenômeno de fluorescência, além de complementar o conhecimento

A implementação da sequência didática pode ser realizada em encontros de duas aulas consecutivas, com duração de 50 minutos cada, totalizando 100 minutos por encontro. Cada encontro apresenta-se com uma dinâmica distinta. Os experimentos são simples e acessíveis, de fácil manuseio, sempre norteados pela preocupação com a segurança e com o meio ambiente.

Além de favorecer a aprendizagem dos alunos, este produto educacional busca servir como um recurso de apoio aos professores, oferecendo sugestões de estratégias didáticas que possam complementar sua prática pedagógica e ampliar as possibilidades de ensino dos modelos atômicos de forma investigativa, dinâmica e contextualizada.

O que são atividades experimentais investigativas?

Nos últimos anos, diferentes pesquisas voltadas ao aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem em Química têm destacado as atividades experimentais investigativas como uma importante estratégia pedagógica. Esse tipo de abordagem é amplamente defendido por pesquisadores da área devido aos resultados positivos obtidos no contexto educacional. A experimentação investigativa busca promover a construção de um conhecimento organizado, fundamentado e racional, permitindo compreender diferentes aspectos da realidade. Conforme Lima (2016), a experiência conduz o indivíduo à observação e à investigação dos fenômenos, possibilitando a validação de conhecimentos considerados alcançáveis, embora esse conhecimento não possa ser entendido como absoluto ou exclusivamente individual.

De acordo com Souza (2013), as atividades experimentais de caráter investigativo constituem um conjunto de recursos pedagógicos planejados com a finalidade de favorecer a construção de conceitos científicos e o desenvolvimento de habilidades de pensamento relacionadas aos processos próprios da ciência. Nesse contexto, o estudante participa ativamente de situações investigativas, contribuindo para a elaboração do conhecimento químico. Para isso, é fundamental que o professor organize cuidadosamente as atividades experimentais, explorando tanto os conceitos quanto as habilidades cognitivas, desde as mais simples até as mais complexas, indo além da simples observação ou comprovação de fenômenos químicos. Essas atividades estimulam os alunos a estabelecer relações, formular hipóteses e construir conclusões. Embora esse planejamento exija dedicação, os resultados tornam-se significativos à medida que o estudante se apropria do conhecimento (SOUZA, 2013).

Na experimentação investigativa, o aluno também desenvolve competências relacionadas ao trabalho colaborativo, vivenciando práticas semelhantes às realizadas por cientistas durante a produção do conhecimento científico (SUART, 2008). Em contrapartida, essas competências dificilmente são estimuladas em aulas práticas de abordagem tradicional, nas quais prevalece a reprodução de procedimentos e a memorização de conteúdos, favorecendo uma visão da Química como uma ciência baseada em verdades definitivas e incontestáveis.

Dessa forma, as sequências de ensino investigativas, especialmente aquelas fundamentadas na experimentação, configuram-se como uma metodologia eficiente para apoiar o processo de ensino e aprendizagem. Essa abordagem permite trabalhar conteúdos curriculares mais complexos por meio de diferentes etapas investigativas cuidadosamente planejadas, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e participativa.

Em uma atividade experimental tradicional, o roteiro é fechado. O professor já sabe a resposta e o objetivo é que o aluno a encontre, seguindo um passo a passo para comprovar uma teoria. O foco é na reprodução e na memorização.

Já nas atividades investigativas, o aluno é o protagonista do processo. O professor assume o papel de mediador, propondo uma situação-problema e orientando a turma para que construam a solução juntos. O roteiro é aberto e flexível, dando espaço para que os estudantes levantem hipóteses e testem suas próprias ideias.

Atualmente diversas pesquisas voltadas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem em química vêm sendo amplamente divulgadas, onde a utilização de atividades experimentais investigativas é uma das estratégias mais defendidas pelos pesquisadores, pois esse recurso apresenta resultados relevantes no meio educacional. A experimentação investigativa apresenta-se com o propósito de constituir um conhecimento racional e sistemático capaz de revelar aspectos da realidade. Lima (2016) afirma que assumir a experiência, certificar e limitar o indivíduo a verificar e a investigar os fenômenos observados, aceitar a verdade definida por ele atingível, concebendo o conhecimento alcançado a algo de caráter universal, sendo inviável para o ser individual.

Na experimentação com caráter investigativo, o educando desenvolve a habilidade de trabalhar em grupo, o que lhe oportuniza conhecer e vivenciar como é o trabalho de um cientista (Sasseron). Todavia, tais competências e habilidades não são observadas em aulas práticas com perfil tradicional, pois a abordagem dessa forma acaba se encaminhando para uma aprendizagem mecânica de apenas memorização, que apresenta a química como uma ciência com verdades absolutas e inquestionáveis.

A Dimensão do Conhecimento Científico na Perspectiva Investigativa

O ensino de Ciências, em sua vertente mais atual, transcende a mera transmissão de conteúdos conceituais e se volta para a formação de sujeitos capazes de analisar, argumentar e atuar criticamente no mundo. Nesse contexto, as atividades experimentais investigativas emergem como um método pedagógico de grande relevância, pois promovem não apenas a apropriação do conhecimento científico, mas também a vivência da ciência como uma atividade social e colaborativa.

Segundo Sasseron e Carvalho (2013), a perspectiva é amplamente defendida da área da ciência é um campo de conhecimento que se constrói coletivamente, onde a troca de ideias, a argumentação e o trabalho em equipe são elementos intrínsecos ao processo de investigação. Ao inserir os alunos em um cenário de experimentação com caráter investigativo, os docentes reproduzem dinâmica, proporcionando um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades essenciais à prática científica. Dessa forma, o trabalho em grupo se configura como um pilar central na metodologia investigativa. Ele exige que os educandos elaborem e defendam suas próprias hipóteses, analisem criticamente os dados obtidos e negociem consensos com base em evidências.

Conforme defendido por Sasseron e Carvalho (2013), essa colaboração não se limita a uma divisão de tarefas, mas sim a um processo no qual os estudantes "se oportunizam conhecer e vivenciar como é o trabalho de um cientista", uma vez que aprendem a argumentar, a ouvir os pares e a construir o conhecimento de forma compartilhada. A atividade em grupo, portanto, não é um simples recurso didático, mas uma estratégia fundamental para o desenvolvimento da Alfabetização Científica, formando indivíduos capazes de compreender e intervir de maneira consciente nos fenômenos do mundo (Carvalho, Sasseron, 2013).

Assim, as sequências de ensino investigativas, principalmente a estratégia experimental, apresentam-se como uma metodologia capaz de auxiliar no processo ensino-aprendizagem, por conseguir dar conta de conteúdos curriculares com uma demanda mais complexa e por terem vários ciclos de atividades planejadas.

Como funciona na prática?

O processo de uma atividade investigativa segue uma lógica similar à do método científico:

1.Problematização: A aula começa com uma questão desafiadora, um fenômeno do cotidiano que gera curiosidade. Por exemplo: "Por que as lâmpadas fluorescentes brilham?" ou "Como as cores dos fogos de artifício são criadas?".

2.Levantamento de Hipóteses: Os alunos, a partir de seus conhecimentos prévios, propõem possíveis explicações para a questão. O professor incentiva a discussão e a troca de ideias, sem julgar as respostas.

3.Planejamento e Experimentação: Juntos, professor e alunos elaboram um plano para testar as hipóteses. Eles decidem quais materiais usar e como o experimento será realizado. O foco não é apenas em "fazer", mas em planejar a investigação.

4.Análise e Conclusão: Após a experiência, os alunos analisam os resultados, comparam com suas hipóteses e chegam a uma conclusão. O erro é visto como parte do processo de aprendizado, e a discussão sobre porque uma hipótese não se confirmou é tão importante quanto a comprovação.

Por que são tão eficazes?

As atividades experimentais investigativas são poderosas porque:

Promovem o protagonismo do aluno: Eles se sentem parte da construção do conhecimento, o que aumenta o engajamento e a motivação.

Conectam teoria e prática: O conhecimento abstrato, como o Modelo de Bohr, ganha significado quando o aluno o usa para explicar um fenômeno real, como a fluorescência.

Desenvolvem habilidades de argumentação e pensamento crítico: Os alunos aprendem a defender suas ideias com base em evidências, a ouvir a opinião dos colegas e a buscar soluções de forma criativa.

Formam cidadãos mais preparados: O método investigativo estimula a curiosidade e o senso crítico, habilidades essenciais para a vida acadêmica e profissional.

Fique por dentro do Modelo Atômico de Bohr

O modelo atômico de Bohr representa um importante avanço na compreensão da estrutura do átomo, sendo um dos principais referenciais para explicar o comportamento dos elétrons e a emissão de energia na forma de luz. Proposto por Niels Bohr, esse modelo estabelece que os elétrons ocupam níveis de energia bem definidos ao redor do núcleo e podem realizar transições entre esses níveis mediante absorção ou liberação de energia. Quando um elétron absorve energia, desloca-se para um nível mais elevado; ao retornar para um nível inferior, libera essa energia na forma de radiação eletromagnética (ATKINS, 2012).

No estudo do modelo atômico de Bohr, o principal foco é compreender como ocorre a distribuição dos elétrons na eletrosfera e de que maneira as transições eletrônicas explicam fenômenos como a emissão de luz e os espectros atômicos. Entretanto, é importante considerar outros aspectos que influenciam essa compreensão, como a organização dos níveis de energia, o comportamento dos elétrons, a absorção e emissão de fótons e a interpretação dos espectros característicos de cada elemento químico. Esses conceitos são essenciais para explicar diversos fenômenos físicos e químicos observados no cotidiano.

A compreensão do modelo de Bohr pode ser favorecida por diferentes estratégias didáticas, especialmente aquelas que utilizam atividades experimentais, simulações e demonstrações capazes de representar as transições eletrônicas e a emissão de luz. Recursos experimentais simples e modelos didáticos permitem que os estudantes visualizem conceitos abstratos, tornando o aprendizado mais significativo. Além disso, o uso de tecnologias digitais e materiais concretos contribui para facilitar a compreensão da organização da eletrosfera e dos fenômenos relacionados ao comportamento dos elétrons.

Em relação ao ensino do modelo atômico de Bohr, as diretrizes curriculares orientam que esse conteúdo seja trabalhado no Ensino Médio como parte do estudo da estrutura da matéria e da evolução dos modelos atômicos. Os livros didáticos normalmente apresentam esse modelo destacando a organização dos níveis eletrônicos, as transições de energia e sua contribuição para a explicação dos espectros de emissão dos elementos químicos. Esses

conhecimentos são fundamentais para que o estudante compreenda conceitos posteriores da Química, como ligações químicas, propriedades periódicas e estrutura eletrônica dos átomos.

Dessa forma, torna-se indispensável apresentar aos estudantes os conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr por meio de metodologias que despertem seu interesse e promovam a participação ativa na construção do conhecimento. Para isso, o professor pode recorrer a atividades experimentais investigativas, recursos multimídia, simulações, modelos didáticos e práticas contextualizadas, favorecendo a relação entre os conceitos científicos e situações presentes no cotidiano. Essa abordagem contribui para uma aprendizagem mais significativa, tornando o estudo da estrutura atômica mais acessível e relevante para os alunos.

Vamos ficar por dentro dos modelos atômicos com ênfase no modelo de Bohr e o salto quântico na fluorescência

A jornada dos modelos atômicos: do invisível ao quântico

Para entender Bohr, precisamos dar um passo atrás e ver como a ideia do átomo evoluiu. Por muito tempo, o átomo foi uma teoria filosófica (Demócrito, Leucipo). Somente no século XIX, com Dalton, ele se tornou uma entidade científica, uma "bola de bilhar" indivisível e indestrutível.

Em seguida, Thomson descobriu o elétron, mostrando que o átomo era divisível. Seu "pudim de passas" descrevia elétrons negativos incrustados numa massa positiva. Mas a revolução veio com Rutherford, que, através de seu experimento da folha de ouro, propôs um "sistema solar" em miniatura: um núcleo pequeno e denso no centro, com elétrons girando ao redor.

O modelo de Rutherford, apesar de genial, tinha um grande problema: segundo a física clássica, elétrons em órbita deveriam perder energia e colapsar no núcleo. É aí que Niels Bohr entra em cena.

O salto quântico de Bohr: uma revolução na eletrosfera

Em 1913, Bohr propôs um modelo que resolvia o problema da estabilidade atômica, introduzindo conceitos revolucionários:

1.Órbitas Estacionárias (Níveis de Energia): Os elétrons não orbitam aleatoriamente. Eles só podem ocupar certas órbitas específicas, que Bohr chamou de "níveis de energia" ou "camadas". Em cada uma dessas órbitas, o elétron não perde nem ganha energia, por isso o átomo é estável.

2.Quantização da Energia: Cada nível de energia tem um valor de energia bem definido e fixo. Isso significa que a energia do elétron dentro do átomo não é contínua (como em uma rampa), mas sim "quantizada" (como em degraus de uma escada).

3.Salto Quântico: O elétron só muda de nível de energia se absorver ou emitir uma quantidade exata de energia (um "quantum").

Absorção: Se o elétron absorve a quantidade certa de energia, ele "salta" para um nível mais energético (mais distante do núcleo). Ele está em um estado excitado.

Emissão: Se o elétron, que está em um estado excitado, "salta" de volta para um nível de menor energia (mais próximo do núcleo), ele libera essa energia na forma de um fóton (uma partícula de luz). A energia do fóton (e, portanto, a cor da luz) é exatamente igual à diferença de energia entre os dois níveis.

É esse salto quântico que explica fenômenos como os espectros de emissão (porque cada elemento brilha com cores específicas quando excitado) e, claro, a fluorescência.

Fluorescência: o modelo de Bohr em ação

A fluorescência é um exemplo perfeito de como o Modelo de Bohr explica um fenômeno visível. Funciona assim:

1.Absorção de Energia: Uma substância fluorescente (como a tinta de um marca-texto, a quinina na água tônica ou o branqueador óptico de algumas roupas) absorve energia de uma fonte de luz, geralmente ultravioleta (UV), que é invisível aos nossos olhos.

2.Elétrons Excitados: Essa energia UV excita os elétrons da substância, fazendo-os realizar um salto quântico para níveis de energia mais elevados (estado excitado).

3.Emissão de Luz Visível: Quase que instantaneamente, esses elétrons "relaxam" e retornam aos seus níveis de energia originais ou a níveis ligeiramente mais baixos. Ao fazerem isso, eles liberam a energia que absorveram na forma de fótons. No caso da fluorescência, a energia liberada está na faixa da luz visível, e é por isso que vemos o brilho!

A beleza da fluorescência é que ela demonstra que a energia não é liberada de qualquer jeito, mas em "pacotes" específicos (os fótons), exatamente como Bohr previu. A cor que vemos é a "assinatura" das transições eletrônicas específicas daquela substância.

Embora o Modelo de Bohr tenha sido superado por modelos mais complexos da mecânica quântica (que descrevem os elétrons em "nuvens de probabilidade" chamadas orbitais), ele é um pilar fundamental para entendermos a estrutura atômica e como ela interage com a energia, especialmente a luz.

Título do Experimento: Brilhando com a Luz: A Fluorescência Revelando os Segredos dos Átomos

Objetivo Geral: Investigar o fenômeno da fluorescência e relacioná-lo com o Modelo Atômico de Bohr, compreendendo as transições eletrônicas em nível microscópico.

Materiais Disponíveis: Lâmpada UV (luz negra), água tônica, caneta marca-texto (tinta fluorescente), chicória ou folhas de hortelã, casca de ovo marrom, copos/béqueres, ambiente escuro.

Etapa 1: preparação e sondagem (antes de ligar a luz UV)

1. Observe todos os materiais disponíveis. Você consegue identificar algo que, à primeira vista, parece "brilhar" ou emitir luz em um ambiente normal? Anote suas observações.

2. Baseado no que você já estudou sobre o Modelo Atômico de Bohr (níveis de energia, elétrons, energia), o que você acha que pode acontecer quando um material é exposto a uma luz diferente da visível, como a luz UV? Qual sua hipótese inicial para o fenômeno da fluorescência?

Etapa 2: a investigação em ação (durante a exposição à luz UV)

1. Agora, o professor irá escurecer a sala e ligar a lâmpada UV. Com cuidado, exponha cada um dos materiais à luz UV.

2. Descreva detalhadamente o que você observa para cada material. Anote as cores que aparecem, a intensidade do brilho e qualquer outra característica que chame sua atenção.

Água Tônica:

Tinta de Marca-Texto:

Chicória/Hortelã/Boldo:

Casca de Ovo Marrom:

Outros materiais (se houver):

1. Qual dos materiais apresentou o brilho mais intenso? E o menos intenso?

2. O brilho que você observou é o mesmo que os materiais apresentam sob luz comum (luz do dia ou lâmpada normal)? Explique a diferença.

Etapa 3: análise e conexão com o modelo de Bohr (após o experimento)

1.Com base em suas observações, como você explica o fato de alguns materiais brilharem sob luz UV e outros não?

2.Relembrando o segundo e terceiro postulados de Bohr sobre as transições eletrônicas (absorção e emissão de energia):

Que tipo de energia os elétrons das substâncias fluorescentes absorveram da lâmpada UV?

Para onde esses elétrons "saltaram" ao absorver essa energia?

O que acontece com esses elétrons logo em seguida, para que a luz visível seja emitida?

3.Por que a cor da luz emitida na fluorescência (luz visível) é diferente da cor da luz UV absorvida? O que isso nos diz sobre a quantidade de energia envolvida em cada tipo de luz?

4.De que forma este experimento prático ajudou a visualizar e compreender o conceito abstrato de "salto quântico" e de "níveis de energia" do Modelo de Bohr?

Etapa 4: reflexão e aplicações

1.Pense em situações do seu dia a dia ou em tecnologias onde você já viu algo semelhante à fluorescência (por exemplo, cédulas de dinheiro, alguns brinquedos, lâmpadas fluorescentes). Como o conhecimento sobre o Modelo de Bohr é importante para entender o funcionamento dessas aplicações?

2.Considerando a vivência desta atividade investigativa, o que você aprendeu sobre a forma como os cientistas trabalham para descobrir e explicar fenômenos naturais?

Questões discursivas: modelos atômicos de Bohr e experimentação investigativa

Questão 1: a lógica da evolução atômica e o postulado de Bohr

Ao longo da história da Química, o entendimento da estrutura atômica evoluiu de modelos simplificados para representações mais complexas. O Modelo de Rutherford, por exemplo, descrevia o átomo como um "sistema solar"

em miniatura, mas possuía uma falha crucial que o Modelo de Bohr buscou corrigir.

a) Qual foi a principal limitação do Modelo de Rutherford que levou à proposição dos postulados de Bohr?

b) Explique como o primeiro postulado de Bohr (o da existência de órbitas estacionárias) resolveu essa limitação, garantindo a estabilidade do átomo.

Questão 2: o salto quântico e a magia da fluorescência

Durante a atividade experimental investigativa, observamos que diversas substâncias (como a tinta do marca-texto ou a água tônica) são capazes de brilhar em cores vibrantes quando expostas à luz ultravioleta (luz negra), um fenômeno conhecido como fluorescência.

a) Utilizando os conceitos do Modelo Atômico de Bohr, descreva o que acontece em nível atômico para que uma substância apresente fluorescência quando exposta à luz UV. Explique o papel do "salto quântico" nesse processo.

b) Por que a luz emitida na fluorescência geralmente possui uma cor diferente (e menos energética) da luz UV que foi absorvida? Relacione sua resposta com os postulados de Bohr.

Questão 3: do experimento à compreensão: a relevância da investigação

A sequência didática que realizamos utilizou a experimentação com caráter investigativo para estudar o Modelo Atômico de Bohr. Essa abordagem difere significativamente de um experimento tradicional, onde o roteiro é fixo e o resultado esperado é conhecido.

a) Em suas palavras, quais as principais diferenças entre uma atividade experimental com caráter investigativo e uma atividade experimental tradicional ("receita de bolo")?

b) De que maneira a vivência do experimento da fluorescência, com sua abordagem investigativa, contribuiu para o seu entendimento do Modelo de Bohr, indo além do que seria possível apenas com uma explicação teórica?

Questão 4: modelos atômicos e aplicações tecnológicas

O conhecimento sobre a estrutura atômica e o comportamento dos elétrons, como explicado pelo Modelo de Bohr, não se restringe aos livros didáticos, mas tem aplicações práticas no nosso dia a dia e em diversas tecnologias.

a) Escolha uma aplicação tecnológica ou fenômeno do cotidiano (além da fluorescência) que possa ser explicado com base nos princípios do Modelo de Bohr (por exemplo: cores dos fogos de artifício, lâmpadas fluorescentes, lasers etc.).

b) Explique, de forma detalhada, como o Modelo de Bohr é fundamental para a compreensão do funcionamento ou da ocorrência do fenômeno ou tecnologia que você escolheu.

Sumário

REGRAS BÁSICAS DE CONDUTA E SEGURANÇA NO LABORATÓRIO	
.....	6
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO DOS MOMENTOS	8
1º ENCONTRO – Conhecendo a evolução dos modelos atômicos e o Modelo Atômico de Bohr	8
2º ENCONTRO – Estrutura do átomo, níveis de energia e transições eletrônicas	10
3º ENCONTRO – Atividade Experimental Investigativa: Fluorescência da Água Tônica e transições eletrônicas	12
4º ENCONTRO – Atividade Experimental Investigativa: Fluorescência com marca-texto e luz ultravioleta	15
5º ENCONTRO – Atividade Experimental Investigativa: Pigmentos naturais (boldo e chicória) e emissão de luz	18
6º ENCONTRO – Socialização, sistematização e avaliação das atividades investigativas	21
CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O MODELO ATÔMICO DE BOHR	24
• Evolução dos Modelos Atômicos	24
• Estrutura do Átomo	25
• Modelo Atômico de Bohr	27
• Níveis e Subníveis de Energia	29
• Transições Eletrônicas	31
• Emissão e Absorção de Energia	33
• Espectros Atômicos	35
ROTEIROS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS	37
01 – Fluorescência da Água Tônica: compreendendo as transições eletrônicas	37
02 – Fluorescência do Marca-texto sob Luz Ultravioleta	43
03 – Pigmentos Naturais (Boldo e Chicória): emissão de luz e níveis de energia	49
04 – Construção de um Modelo Didático da Eletrosfera e dos Níveis de Energia	55

05 – Investigando Espectros de Emissão e Aplicações do Modelo de Bohr	
.....	61
REFERÊNCIAS.....	67

PARTE PRÁTICA

REGRAS BÁSICAS DE CONDUTA E SEGURANÇA NO LABORATÓRIO

O laboratório de ciências e principalmente a manipulação das práticas experimentais são lugares e ações que necessitam de cuidados a serem adotados (Machado; Mól, 2008). Incidentes em laboratórios ocorrem em virtude da pressa excessiva na obtenção de resultados.

Assim informamos os cuidados básicos a serem tomados.

- 1.O manuseio do material de laboratório exige uma postura atenta, calma e prudência. Assim tenha sempre concentração;
- 2.O uso de jaleco, calçados fechados e óculos de segurança é obrigatório durante as práticas;
- 3.Prenda os cabelos de modo a não prejudicar a visão e/ou ocasione o aumento de área corporal;
- 4.Conheça o espaço físico do laboratório. Reconheça as portas principais, laterais e de emergência, janelas, chuveiros, aparelhos elétricos, fontes de radiação e execute somente a partir das ordens do professor;
- 5.Esteja sempre acompanhado, nunca trabalhe sozinho no laboratório e execute as atividades em horários convencionais;
- 6.Leia antecipadamente o roteiro da prática e entenda a finalidade de cada vidraria, instrumentos e equipamentos;
- 7.Leia as instruções, verifique o prazo de validade dos extintores de incêndio e aprenda a usá-lo. Use somente nos casos em que se verificar controle da situação;
- 8.É proibido fumar, beber e se alimentar dentro do laboratório;
- 9.Mantenha sua bancada de trabalho organizada e limpa;
- 10.Não despeje material insolúvel e de grande granulação nas pias (sílica, carvão ativo, algodão) para não provocar entupimentos. Utilize um recipiente para armazenamento desse tipo de material;
- 11.Verifique as normas para descarte de cada substância. Os produtos das reações devem ser tratados para diminuição de impactos ambientais. Na

impossibilidade, guarde-os em frascos que sejam suficientemente seguros para o seu armazenamento (frascos de vidro incolor, âmbar, plástico ou vidro);

12.Em caso de acidente, mantenha a calma, desligue os aparelhos próximos à chama e acione o extintor de incêndio, chame os Bombeiros (193);

13.Todas as substâncias, de certo modo, podem ser nocivas ou perigosas; portanto devem ser tratadas com cautela e respeito. Evite contato direto com as substâncias;

14.Lave as mãos após eventual contato com as substâncias e ao sair do laboratório;

15.Trabalhando com reações perigosas, explosivas, tóxicas, ou cuja periculosidade, use a capela, óculos de proteção, máscara, luvas, e tenha um extintor por perto;

16.Tenha cuidado com o manuseio de vidraria. O vidro é frágil e fragmentos de peças quebradas podem provocar ferimentos sérios;

17.NUNCA utilize a boca para fazer a sucção de soluções ou reagente líquidos. Use a pera ou dispositivo adequado para manusear com a pipeta;

18.Nunca jogue no lixo restos de reações nem alimentos de origem orgânica;

19.Execute as atividades que envolve substâncias voláteis e reações com produção de gases dentro de capelas ou locais bem ventilados;

20.Em caso de acidente (por contato ou ingestão de produtos químicos) procure o médico indicando o produto utilizado;

21.Não utilize reagentes de identidade desconhecida ou duvidosa;

22.Nunca posicione o rosto diretamente para um tubo de ensaio ou outro recipiente onde esteja ocorrendo uma reação, pois o conteúdo pode espirrar na sua face e atingir seus olhos;

23.Ao aquecer um tubo de ensaio, não volte a boca deste para si ou para uma pessoa próxima;

24.Se atingir os olhos, abrir bem as pálpebras e lavar com bastante água. Atingindo outras partes do corpo, retirar a roupa atingida e lavar a pele com bastante água, ou toalha levemente úmida (verificar as características das substâncias);

25.Nunca realize reações químicas nem aqueça substâncias em recipientes fechados sem autorização do professor;

- 26.Tenha cuidado com a utilização de bicos de gás. Não os deixe acesos desnecessariamente.
- 27.Evite vazamentos de gás; feche a torneira e o registro geral ao final do trabalho;
- 28.Tenha cuidado com o uso de equipamentos elétricos. Verifique sua voltagem antes de conectá-los à tomada. Observe os mecanismos de controle, especialmente para elementos de aquecimento (Chapas, mantas, banhos, fornos, estufas e diversos outros);
- 29.Em caso de acidente com fogo a pessoa deve se dirigir ao chuveiro. Na impossibilidade, cubra a área inflada com um cobertor;
- 30.Se ocorrerem caso de presença de labaredas de fogo no laboratório, identifique o tipo de extintor a usar e evite o uso de água, pois ela pode espalhar substâncias inflamáveis;
- 31.Ao sair do laboratório, desligue os aparelhos indicados pelo professor e a válvula de gás. Lave as vidrarias com água em excesso, seque e guarde-as em lugares adequados. Em caso de práticas que se estenderam em outro horário além do estipulado na aula, etiquetar os recipientes indicando a substância, data, professor responsável, e o procedimento a ser utilizado em caso de acidente;
- 32.Comunique imediatamente ao professor responsável qualquer acidente ocorrido durante a execução dos trabalhos de laboratório.

A sequência didática

Objetivo geral

Apresentar para o professor uma metodologia didática que permita usar uma cronologia histórico-científica mais instigante e, assim, poder lecionar o modelo atômico de Bohr de uma forma crítica e interdisciplinar

Objetivos específicos

Objetivo 1. Subsidiar o professor de química com a historicidade científica que levaram Bohr até as suas proposições.

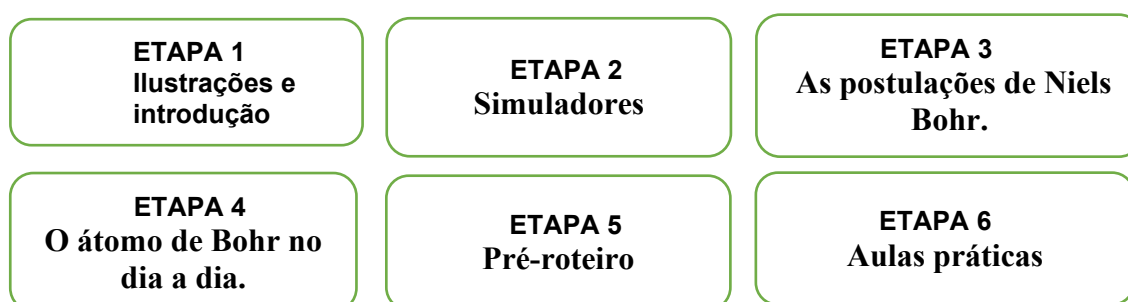
Objetivo 2. Auxiliar o professor com os conteúdos necessários para poder ter embasamento e, assim, explicar o modelo de Bohr.

Objetivo 3. Mostrar para o professor explicações, exemplos e teorias para os alunos os espectros descontínuos.

Objetivo 4. Mostrar para o professor explicações, exemplos e teorias de como ensinar para os alunos a quantização.

Objetivo 6. Contribuir com o professor na montagem do diagrama de níveis de energia.

Objetivo 7. Facilitar o professor na explicação das transições eletrônicas que Para conseguirmos alcançar o objetivo geral, distribuímos os objetivos específicos em etapas, como ilustrado no esquema abaixo.



SEQUÊNCIA DIDÁTICA – DESCRIÇÃO DOS MOMENTOS

1º ENCONTRO – Conceitos gerais dos modelos atômicos

Tempo de duração: 100 minutos (2 horas/aula)

Conteúdo abordado: Átomo, Estudo da estrutura atômicas, Tabela Periódica; Distribuição eletrônica.

Objetivos: Aplicar o conceito de entender o que é um modelo atômico e como ele é usado para representar a estrutura de um átomo. Isso inclui a compreensão de que um modelo é uma representação simplificada da realidade e que diferentes modelos são usados em diferentes contextos.

Recursos: Material de multimídia; Quadro branco e pincel; Folhas xerox.

Momento 1 Iniciar a aula explanando a proposta metodológica para o ensino do átomo, destacando a importância do comprometimento de cada educando para o sucesso na aprendizagem (5 minutos);

Momento 2 Apresente o tema das aulas dentro do contexto: Modelos atômicos. Destaque alguns fenômenos que se relacionem com os conhecimentos do cotidiano. (3 minutos);

Momento 3 Com auxílio do material de multimídia apresente o vídeo. Logo após discutir os elementos principais que contribuem como feedback para o tema central da aula, principalmente os modelos atômicos de Bohr e sua energia (salto quântico). Tente provocar a curiosidade dos educandos com a seguinte reflexão: Por que a fluorescência, que é uma mistura de substâncias brilha proveniente da energia, pode ser caracterizada como de energia quantizada? (10 minutos);

Momento 4 Em seguida, usa a reflexão anterior para explica os conceitos relacionado à energia, deixando bem claro o termo não está correto cientificamente. Sugestão: uma breve explanação oral sobre conceitos (17 minutos)

Momento 5 Na sequência apresente a turma os conceitos de camadas eletrônicas, por energia dos elementos químicos; com auxílio do quadro branco e do livro didático, você pode resolver algumas questões e passar outras para casa; (50 minutos)

Momento 6 Por fim, divida a sala em cinco grupos; entregue os pré-roteiros experimentais investigativos; dê um tempo para os mesmo analisarem o material em seus respectivos grupos; explique que cada grupo fica responsável em desenvolver uma prática experimental, de caráter investigativo, onde após sua execução os mesmos irão expor seu material, no formato de seminário, ressaltando as principais ideias observadas com os fenômenos envolvidos na prática experimental para os demais colegas de sala; Os grupos ficarão livres para escolher as os reagentes para desenvolver a atividade experimental, porém, tem a responsabilidade de no prazo estabelecido apresentarem seu experimento em sala de aula, de no tempo mínimo de 15 minutos, onde todos devem participar da exposição. A equipe deve solicitar previamente material necessário para desenvolver e expor seu roteiro experimental (recurso de multimídia, agendamento no laboratório de ciências e informática, entre outros).

Momento 7 No final da apresentação a equipe deve entregar ao professor o documento do roteiro experimental investigativo, adaptado e resolvido de acordo com as concepções observadas e construídas pelo grupo no decorrer da atividade proposta; A responsabilidade e autonomia são fatores cruciais para o sucesso da aprendizagem de todos os envolvidos. (15 minutos)

Momento 8 Determine a sequência e prazo para exposição das equipes:

1º Avaliando o prepara do pré roteiro (15 dias);

2º Reagentes utilizados (15 dias);

3º Comparando a energia quantizada; (21 dias);

4ª Extração da clorofila (21 dias);

5ª Energia a envolvido salto quântico em uma reação fluorescência (28 dias)

Apresentação da Atividades Experimentais Investigativas

Procedimento 1: Observação do fenômeno de fluorescência

Tempo de duração: 100 minutos (2 horas/aula)

Conteúdo abordado:

Momento 13 Dê um tempo de cinco minutos para a primeira equipe montar seu material; (5 min)

Momento 14 Apresentação da equipe: Avaliando a coloração de alguns reagentes; (15 min)

Momento 15 Reserve dez minutos para os demais colegas de sala da aula, onde eles possam tirar dúvidas geradas a partir do material apresentado pela primeira equipe; fale a relevância conceitual do tema (fluorescência, energia nas camadas dos saltos quânticos, entre outros); (10 min)

Momento 16 Apresentação da equipe: Coloração de cada substância; (15 min)

Momento 17 Reserve dez minutos para os demais colegas de sala da aula, onde eles possam tirar dúvidas geradas a partir do material apresentado pela segunda equipe; fale a relevância conceitual, dentre outros); (10 min)

Momento 18 Em seguida, com o auxílio do quadro branco e do livro didático conceitue o diagrama de Pauling, resolvendo alguns exercícios para melhor fixação (30 min);

Momento 19 Nesse momento direcione para um planejamento as equipes que ainda faltam se apresentar. Já para os demais passe um exercício de classe. (15 min)

Momento 20 Dê um tempo de cinco minutos para a equipe montar seu material; (5 min)

Momento 21 Apresentação da equipe: Comparando os experimentos; (15 min)

Momento 22 Reserve dez minutos para os demais colegas de sala da aula, onde eles possam tirar dúvidas geradas a partir do material apresentado pela terceira equipe; fale a relevância conceitual; (10 min)

Momento 23 Apresentação da Extração da clorofila; (15 min)

Momento 24 Reserve dez minutos para os demais colegas de sala da aula, onde eles possam tirar dúvidas geradas a partir do material apresentado pela segunda equipe; fale a relevância conceitual do tema as substâncias envolvidas, a grande energia luminosa, dentre outros); (10 min)

Momento 25 Em seguida, com o auxílio do quadro branco e do livro didático resolva questões de múltipla escolha, que abordem os conteúdos estudados até o memento (30 min);

Momento 26 Nesse momento direcione a última equipe para realizar seus ajustes finais para a próxima aula. Os demais colegas continuam resolvendo os exercícios (15 min)

Revisão e Avaliação das Atividades Experimentais

Momento 33 Revisão dos conceitos envolvendo átomos e modelo atômico; (50 min)

Momento 34 Aplicação da atividade pedagógica; (50 min)

CONCEITOS BÁSICOS MODELO DE BOHR

No nosso dia a dia observamos constantemente diversas reações químicas causadas pelas variações de energia. Essas vão desde o formato de calor, luz (luminosa), elétrica e mecânica.

O calor é, sem dúvida, a forma mais frequente de variação de energia que acompanha as reações químicas, daí a importância do modelo.

Etapa 3

As postulações de Niels Bohr

Descrição: Nessa etapa, o professor vai construir com os alunos o diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogênio e, para realizar tal feito, vai mostrar os postulados de Bohr.

Objetivo: Relacionar o espectro de emissão do átomo de hidrogênio, a constante de Planck e os raciocínios da física clássica para poder explicar a constituição atômica.

Duração: 40 min.

Recursos didáticos: PowerPoint, quadro negro ou branco e giz ou caneta para quadro branco.

Proposta de abordagem: Dividir essa etapa em três momentos.

1º momento:

O professor deve mostrar para os alunos que Niels Bohr partiu de pressupostos já existentes, que são: os espectros e a quantização de energia. Nesse instante é importante revisitar, rapidamente, as etapas 1 e 2. A natureza do modelo de Bohr mantém os laços com a física clássica quando ainda utiliza o modelo planetário, o movimento de corpos de maneira tão estável, como o movimento dos planetas ao redor do sol. Porém, conecta importantes conceitos da física moderna quando determina que estas órbitas estão em posições discretas. O modelo proposto por Bohr possibilita explicar o espectro de emissão descontínuo do átomo de hidrogênio, em concordância com os resultados experimentais obtidos por Bunsen e Kirchhoff.

2º momento:

Falar dos postulados, é interessante começar falando que Bohr considerou que as orbitais do átomo de hidrogênio eram circulares e que momentos de instabilidade (transições eletrônicas) e estabilidade (rotação eletrônica) ocorriam alternadamente. Este modelo pode ser exemplificado através do simulador: PhET Simulation (colorado.edu) e, também, do simulador, onde conseguimos verificar o modelo de partícula, física clássica, sendo aplicado ao átomo quando os elétrons seguem uma trajetória razoavelmente estável com pontos de atração e repulsão, além disso, o modelo de Bohr tem as órbitas se apresentando em posições definidas, abarcando a ideia de energia quantizada das camadas da eletrosfera.

Obs.: Nos momentos de estabilidade atômica, Bohr usou a física clássica para conseguir calcular o raio e a energia de cada órbita atômica do hidrogênio.

Observação: Para realizar esses cálculos e explicar a estabilidade do átomo de hidrogênio, Bohr propôs que o momento angular do elétron é quantizado. Dessa forma, o elétron pode ocupar apenas órbitas estacionárias com valores específicos de energia, sem emitir radiação enquanto permanece nessas órbitas.

Observação: Ao explicar os estados de instabilidade do átomo, Bohr estabeleceu uma relação entre as frequências observadas no espectro de

emissão do hidrogênio e os níveis de energia quantizados propostos em seu modelo atômico.

Observação: O salto quântico ocorre quando um elétron absorve uma quantidade específica de energia e é promovido para um nível de energia mais elevado. Ao retornar ao seu nível de energia original, o elétron libera a mesma quantidade de energia na forma de radiação eletromagnética, que pode ser observada como luz de um comprimento de onda característico.

3º momento:

O professor pode apresentar, figura que conecta o salto quântico (situação eletrônica) com o espectro visível de emissão do átomo de hidrogênio.

Etapa 4

O átomo de Bohr no dia a dia:

Nessa etapa, o professor vai mostrar para os alunos dois fenômenos que são explicados pelo modelo atômico de Bohr, os fogos de artifício e o teste de chama.

Objetivo: Contextualizar o modelo atômico de Bohr.

Duração: 10 min.

Recursos didáticos: PowerPoint, quadro negro ou branco e giz ou caneta para quadro branco.

Proposta de abordagem: Apresentar essa etapa em um momento.

Nesse momento, o professor apresenta a figura e contextualiza, rapidamente, o modelo de Bohr com os fogos de artifício

Figura: fogos de artifício, excitação/relaxação eletrônica. Disponível em: Imagens de Fogos de artifício - Linke Já (linkeja.blogspot.com) acessado em: 31/05/2025. Em seguida, o professor deve apresentar o teste de chama para os alunos e explicar que essa prática experimental é usada até hoje para identificação de espécies químicas por meio da cor emitida pelos seus átomos (figura).

Figura: foto tirada acrescentar

Chamas produzidas pelo teste de chama e a cor da luz emitida por alguns elementos. Disponível em: Ciências Experimental com Prof. Renata: Experimento - Teste da chama (blogcienciasexperimental.blogspot.com)

acessado em: 31/05/2025. Para finalizar essa etapa, o professor pode apresentar o seguinte simulador: (https://javalab.org/en/flame_test_en/). Assim, o professor pode finalizar essa etapa e, conseqüentemente, a aula.

Experimento: teste de chama

O segundo experimento, presente na figura, é um teste de chama que usa latinhas como queimador e, assim, conta com os seguintes materiais: latas de alumínio vazias, abridor de latas, lixas, cliques metálicos para papel, prego metálico, martelo, alicate, areia e álcool 70% (Gracetto *et al.*, 2006). Esses materiais são usados para produzir o queimador e a alça para conduzir as amostras até a chama, as amostras podem ser: Sais diversos, como: LiCl , BaCl_2 , NaCl , CuSO_4 , CaCl_2 , KCl etc. Essas amostras devem ser dissolvidas em água destilada.

Figura: teste de chama de latinhas. Fonte: Gracetto *et al.* (2006). A montagem desse experimento tem os seguintes passos:

1. Encha de areia a lata de alumínio vazia e, depois, com o uso do prego metálico e do martelo faça furos no corpo da lata (ilustração a seguir), siga os passos:

- a) Deixe dois centímetros (2,0 cm) contando da base da lata sem fazer furos.
- b) Mantenha um centímetro (1,0 cm) de distância dos furos.
- c) A areia deve ser retirada após a realização dos furos, lave a lata com água.

Quando for para realizar o experimento, recomendasse ter por perto um extintor de incêndio. A intenção do uso do teste de chama é impactar e mexer com as emoções dos estudantes, assim, aguçando o espírito investigativo dos alunos para o campo científico. À realização dessa experimentação oferece ao professor um suporte didático para relacionar o teste de chama aos princípios da espectroscopia, contribuindo para que os estudantes compreendam os fenômenos quânticos de excitação e relaxação eletrônica responsáveis pela emissão das diferentes cores observadas.

Roteiro de preparo (Alunos)

Preparar as soluções abaixo a partir da extração de substâncias Clorofila presentes nos seguintes vegetais.

Boldo, Chicória e Hortelã: triturar algumas folhas de hortelã com 10 ml de etanol até se obter uma solução verde intenso. Transferir o líquido para um béquer.

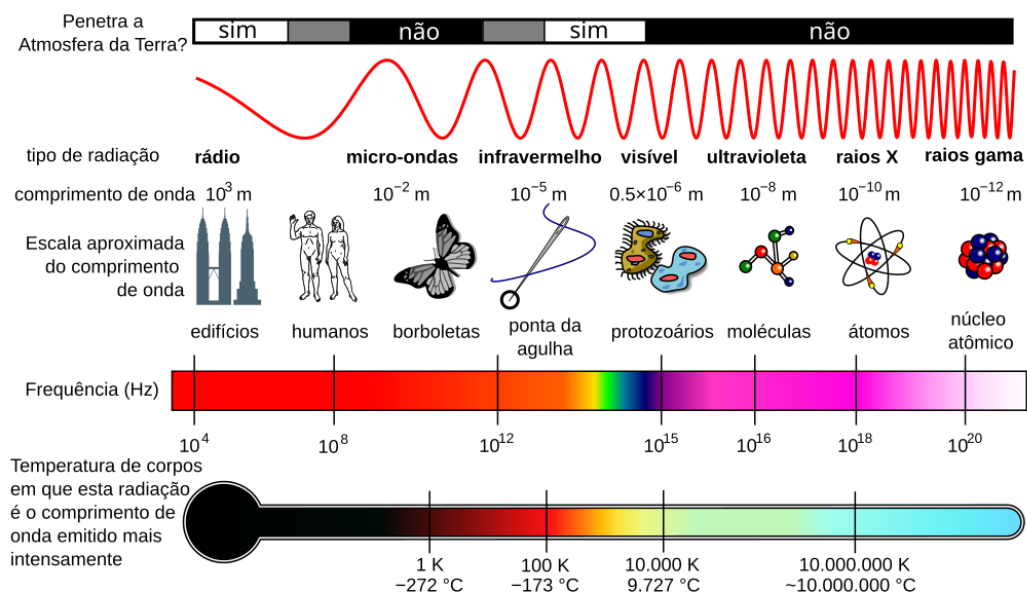
b) Transferir, para um béquer, aproximadamente 5 ml de solução de fluoresceína (não descartar esta solução).

c) Transferir, para um béquer, aproximadamente 5 ml de água tônica (não descartar esta água).

d) Após, incidir sobre cada amostra luz negra e observar as cores. Apagar a luz do ambiente para melhor visualização.

A energia de um fóton depende apenas de sua frequência \ quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda e maior a energia. A luz visível compreende a faixa de comprimento de onda de 400 a 750 nm, figura 1; já a radiação infravermelha (IV), invisível, está compreendida entre 750 e 200.000 nm. A radiação ultravioleta (UV) está entre 10 e 400 nm.

Figura 1: Espectro eletromagnético



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_eletromagn%C3%A9tico

A coloração da luz emitida depende da variação de energia envolvida na transição eletrônica. Assim, durante uma emissão de energia associada a comprimentos de onda próximos de 700 nm deve ser observada a emissão de

luz avermelhada. De acordo com suas propriedades físicas e efeitos biológicos, parte da radiação UV é dividida em três sub-regiões: UV-A de 320 a 400 nm, UV-B de 280 a 320 nm e UV-C abaixo de 100 a 280 nm. Dentre elas, a radiação UV-B é a menos nociva, sendo que suas fontes podem ser adquiridas comercialmente com o nome de luz negra. A radiação UV-A é a responsável pelo câncer de pele e a UV-C não chega a atingir a superfície terrestre, figura 3.

A luminescência é definida como a emissão de luz na faixa do visível (400-700 nm) do espectro eletromagnético como resultado de uma transição eletrônica. A luminescência corresponde ao fenômeno que abrange tanto a fluorescência quanto a fosforescência. Seu processo inicia-se com a absorção de quanta de luz (fótons) por uma molécula ou íon, resultando na formação de um estado eletronicamente excitado. Isso ocorre porque o elétron absorve uma quantidade quantizada de energia, suficiente para ser promovido de um nível energético inferior para outro de maior energia. A absorção de um fóton ocorre somente quando sua energia corresponde exatamente à diferença entre dois níveis de energia da molécula ou do íon, promovendo uma transição eletrônica para um estado excitado. Entretanto, esse estado é instável e não pode ser mantido por tempo indefinido. Assim, a energia absorvida é liberada por diferentes mecanismos de desativação eletrônica.

Fluorescência: ocorre quando a molécula retorna rapidamente ao estado fundamental, emitindo a energia absorvida na forma de um fóton de luz.

Fosforescência: nesse processo, o elétron excitado passa inicialmente para um estado intermediário de menor energia e, posteriormente, retorna ao estado fundamental, emitindo radiação de forma mais lenta e prolongada.

Transição vibracional ou não radiativa: caracteriza-se pela dissipação da energia absorvida na forma de calor, por meio de sucessivas transições vibracionais, sem emissão de radiação luminosa.

Reação fotoquímica: acontece quando a molécula, após atingir o estado eletronicamente excitado, sofre uma transformação química induzida pela absorção de energia luminosa.

Diversos materiais presentes no cotidiano apresentam fenômenos de luminescência. Os vegetais verdes e a água tônica, por exemplo, contêm substâncias fluorescentes em sua composição, enquanto mostradores de relógios, placas de sinalização e objetos decorativos podem apresentar fosforescência.

De maneira simplificada, a principal diferença entre fluorescência e fosforescência está no tempo de emissão da luz. Na fluorescência, a emissão ocorre praticamente de forma imediata e cessa assim que a fonte de excitação é interrompida. Já na fosforescência, a emissão pode permanecer por segundos, minutos ou até horas após o desligamento da fonte de energia, devido ao tempo necessário para que os elétrons retornem ao estado fundamental.

Outro exemplo importante de transições eletrônicas é o teste de chama, um ensaio amplamente utilizado na Química para identificar determinados cátions metálicos. Nesse procedimento, o aquecimento fornece energia suficiente para promover os elétrons a níveis mais elevados de energia. Quando esses elétrons retornam ao estado fundamental, ocorre a emissão de luz com comprimentos de onda característicos de cada elemento químico, originando diferentes colorações. Esse fenômeno está diretamente relacionado ao espectro de emissão e constitui uma importante evidência experimental dos níveis de energia quantizados propostos pelo modelo atômico de Bohr.

O **teste de chama** baseia-se no princípio de que, ao serem submetidos a uma fonte de energia térmica, os átomos de determinados elementos químicos têm seus elétrons de valência excitados. Nessa condição, os elétrons absorvem energia suficiente para realizar a transição para níveis energéticos mais elevados, atingindo o chamado estado excitado. Ao retornarem ao estado fundamental, liberam a energia absorvida na forma de radiação eletromagnética, cuja frequência ou comprimento de onda é característico de cada elemento químico. Como os níveis de energia são específicos para cada átomo, a luz emitida apresenta cores distintas, permitindo a identificação de determinados cátions metálicos por meio de seus espectros de emissão.

A separação da luz em seus diferentes comprimentos de onda pode ser demonstrada por meio de um prisma. Esse fenômeno foi investigado por Isaac Newton, que demonstrou que a luz branca é composta por diversas cores.

Ao atravessar um prisma, cada comprimento de onda sofre um desvio diferente, resultando na dispersão da luz e na formação do espectro visível.

Os pigmentos são substâncias capazes de absorver seletivamente a luz visível. A cor percebida de um pigmento depende dos comprimentos de onda que ele não absorve. Quando um pigmento absorve praticamente toda a luz incidente, ele apresenta coloração preta. Na maioria dos casos, entretanto, os pigmentos absorvem apenas determinadas faixas do espectro visível e refletem ou transmitem as demais, que são percebidas pelo observador como sua cor característica.

A clorofila é o pigmento que confere a cor verde às folhas. Isso ocorre devido a sua absorção principalmente de luz nos comprimentos de onda violeta e azul bem como no vermelho. A absorção da luz azul promove a clorofila a um estado de maior energia quando comparada à absorção da luz vermelha, pois os fótons associados aos menores comprimentos de onda possuem maior energia. Dessa forma, a quantidade de energia absorvida pela molécula de clorofila varia de acordo com o comprimento de onda da radiação incidente.

Uma importante evidência de que a clorofila é o principal pigmento responsável pela fotossíntese é a grande correspondência entre seu espectro de absorção e o espectro de ação fotossintética, indicando que os comprimentos de onda mais eficientemente absorvidos são também os mais efetivos na realização do processo fotossintético.

Após absorver energia luminosa, a molécula de clorofila atinge um estado eletronicamente excitado, que é altamente instável. Em poucos nanossegundos, parte dessa energia é dissipada na forma de calor, levando a molécula a um estado excitado de menor energia. A partir desse estado, a energia remanescente pode ser liberada por diferentes mecanismos, como emissão de fluorescência, transferência de energia para moléculas vizinhas ou utilização em reações fotoquímicas que impulsionam as etapas iniciais da fotossíntese.

ROTEIRO EXPERIMENTAÇÃO PIGMENTOS

Clorofila

OBJETIVO: Identificar qualitativamente os pigmentos presentes no extrato orgânico de folhas verdes, compreendendo sua relação com os fenômenos de absorção de luz, fluorescência e transições eletrônicas envolvidos na fotossíntese.

MATERIAL: Folhas verdes, gral com pistilo, funil, provetas, béquer, pipetas, papel filtro, bastão de vidro, durex,

Reagentes: acetona

PROCEDIMENTO:

- 1) Preparar 60 ml, numa proporção de 1:1:1, acetona.
- 2) Macerar algumas folhas.
- 3) Adicionar o solvente.
- 4) Retirar o extrato de pigmentos.

Propriedade das Clorofilas

OBJETIVO: Demonstrar algumas propriedades das clorofilas.

MATERIAL: Folhas verdes, tubos de ensaio e suportes, gral com pistilo, etiquetas, provetas, pipetas, funil, papel filtro, Reagentes: água tônica, acetona, marca texto.

PROCEDIMENTO:

- 1) Macerar algumas folhas de hortelã, boldo e acrescentar ao macerado 40 ml acetona.
- 2) Filtrar.
- 3) Transferir o filtrado para os recipientes Becker.
- 4) Observar:

Becker 1: controle. Observar fluorescência (luz negra).

Becker 2: adicionar 2 ml de marca texto. Observar.

Becker 3: adicionar 4 ml de acetona. Observar com a luz negra.

Becker 4: adicionar 6 ml de água tônica. Observar a separação dos pigmentos.

SUGESTÕES DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO

Com o objetivo de ampliar as possibilidades de abordagem do Modelo Atômico de Bohr em sala de aula, apresentam-se, a seguir, sugestões de atividades experimentais investigativas que utilizam materiais de baixo custo, de fácil aquisição e que podem ser adaptadas à realidade da maioria das escolas. Essas propostas permitem explorar conceitos como níveis de energia, quantização, excitação e retorno do elétron ao estado fundamental; eletrônica, emissão de luz e espectros atômicos de forma prática e contextualizada.

As atividades podem ser utilizadas de maneira independente ou integradas à sequência didática apresentada neste produto educacional, de acordo com o planejamento do professor, a disponibilidade de recursos e o tempo destinado às aulas. Além de favorecer a visualização de conceitos abstratos, os experimentos estimulam a investigação, a formulação de hipóteses, a argumentação e a construção coletiva do conhecimento, promovendo uma aprendizagem mais significativa e aproximando os estudantes da prática científica.

1. Caixa Preta

Um experimento investigativo muito utilizado no ensino de atomística.

Os alunos tentam descobrir a estrutura interna de uma caixa sem abri-la, apenas manipulando-a.

Depois o professor relaciona essa investigação com a elaboração dos modelos atômicos pelos cientistas.

2. Modelo da eletrosfera

Materiais

- Papelão
- Barbante
- Bolinhas de isopor
- EVA

Os alunos constroem os níveis K, L, M e N e simulam as transições eletrônicas.

3. Água tônica + luz UV

Conceito: Transição eletrônica e emissão de luz.

Materiais

- Água tônica
- Lanterna de luz ultravioleta (UV)
- Copo transparente

O que observar

Ao iluminar a água tônica com a luz UV, observa-se uma intensa fluorescência azul.

Relação com Bohr

A energia da luz ultravioleta excita os elétrons do quinina. Quando retornam ao estado fundamental, ocorre emissão de luz visível, ilustrando os saltos eletrônicos descritos por Bohr

EXPERIMENTO

Tema: Transições eletrônicas e fluorescência.

Objetivo: Observar o fenômeno da fluorescência e relacioná-lo às transições eletrônicas previstas pelo Modelo Atômico de Bohr.

Materiais

- 200 ml de água tônica
- Copo transparente
- Lanterna de luz ultravioleta (UV)

Procedimento

1. Coloque a água tônica em um copo transparente.
2. Apague parcialmente as luzes do ambiente.
3. Ilumine a água tônica com a lanterna UV.
4. Observe a cor emitida.

Questões investigativas

- O que aconteceu quando a água tônica foi iluminada?
- Por que a água começou a brilhar?
- De onde vem essa luz?
- O que aconteceu com os elétrons do quinina?

Explicação científica: A quinina presente na água tônica absorve energia da luz ultravioleta. Seus elétrons passam para níveis mais elevados de energia. Ao retornarem para níveis inferiores, liberam energia na forma de luz azul, fenômeno denominado fluorescência.

4. Marca-texto fluorescente

Conceito: Quantização da energia.

Materiais

- Marca-texto amarelo ou verde
- Água
- Copo transparente
- Luz UV

Procedimento

Dissolver parte da tinta do marca-texto em água e iluminar com a lanterna UV.

Discussão

Por que a solução só brilha quando recebe energia?

EXPERIMENTO

Tema: Energia quantizada.

Objetivo: Compreender que a emissão de luz ocorre após a absorção de energia.

Materiais

- Marca-texto amarelo
- Água
- Copo transparente
- Lanterna UV

Procedimento

1. Retire um pouco da tinta do marca-texto em água.
2. Misture bem.
3. Ilumine com luz UV.
4. Compare com um copo contendo apenas água.

Questões investigativas

- As duas soluções apresentaram o mesmo comportamento?
- O que provocou a fluorescência?
- Qual a relação com o Modelo de Bohr?

Explicação: O corante fluorescente absorve radiação ultravioleta e libera parte dessa energia como luz visível.

5. Boldo, espinafre, Chicória e hortelã

Conceito: Excitação eletrônica.

Materiais

- Folhas de espinafre, boldo ou hortelã
- Álcool etílico
- Copo
- Luz UV

Esses pigmentos apresentam fluorescência devido à clorofila.

Os estudantes podem comparar a intensidade da emissão entre diferentes plantas.

EXPERIMENTO

Tema: Pigmentos naturais.

Objetivo: Relacionar fluorescência aos níveis eletrônicos.

Materiais

- Folhas de espinafre, boldo ou hortelã
- Álcool etílico
- Copo
- Luz UV

Procedimento

1. Triture as folhas.
2. Adicione álcool.
3. Aguarde alguns minutos.
4. Filtre.
5. Ilumine com luz UV.

Questões

- Qual cor apareceu?
- Todos os pigmentos emitiram a mesma intensidade?
- Como explicar esse fenômeno?

Explicação: A clorofila absorve energia e posteriormente emite parte dela como fluorescência avermelhada.

6. Vitamina B2

Conceito: Emissão de luz.

Materiais

- Comprimido de vitamina B2
- Água
- Luz UV

A solução apresenta fluorescência amarelo-esverdeada.

EXPERIMENTO

Tema: Absorção e emissão de energia.

Objetivo: Demonstrar fluorescência utilizando um medicamento.

Materiais

- Comprimido de Vitamina B2
- Água
- Copo
- Luz UV

Procedimento

1. Dissolva o comprimido.
2. Ilumine com luz UV.
3. Observe a fluorescência.

Discussão : Por que a vitamina brilha apenas sob luz ultravioleta?

Explicação: A riboflavina possui moléculas fluorescentes que absorvem energia UV e emitem luz amarelo-esverdeada.

7. Sabão em pó

Conceito: Fluorescência.

Os branqueadores ópticos presentes em alguns detergentes florescem sob luz UV.

Os alunos podem comparar diferentes marcas.

ROTEIRO DO EXPERIMENTO

Tema: Branqueadores ópticos.

Objetivo: Observar fluorescência em produtos do cotidiano.

Materiais

- Sabão em pó
- Água
- Copo
- Luz UV

Procedimento: Misture pequena quantidade do sabão em água e ilumine com UV.

Discussão: Todos os detergentes apresentam fluorescência?

Explicação: Os branqueadores ópticos absorvem radiação UV e reemitem luz azulada.

8. Casca de ovo

Poucos alunos sabem que a casca floresce sob luz ultravioleta.

Pode ser utilizada para discutir emissão de energia.

ROTEIRO DO EXPERIMENTO

Tema: Luminescência em materiais naturais.

Objetivo: Investigar fluorescência em materiais presentes no cotidiano.

Materiais

- Casca de ovo marrom
- Luz UV

Procedimento: Ilumine diretamente a casca.

Questões

- O ovo brilhou?
- Por que isso acontece?

Explicação: Pigmentos presentes na casca absorvem radiação UV e liberam parte da energia como luz visível.

10. Teste de chama

Conceito: Saltos eletrônicos.

É o experimento clássico para ensinar Bohr.

Pode ser realizado utilizando pequenas quantidades de sais.

Os alunos observam que cada elemento produz uma cor característica devido à emissão de energia pelos elétrons excitados.

ROTEIRO DO EXPERIMENTO

Tema: Espectros de emissão.

Objetivo: Relacionar a cor da chama às transições eletrônicas.

Materiais

- Álcool
- Cloreto de sódio
- Cloreto de potássio
- Cloreto de cálcio
- Fio metálico

Procedimento

1. Umedeça o fio.
2. Encoste no sal.
3. Leve à chama.
4. Observe a cor.

Questões

- Todos os sais produziram a mesma cor?
- Por que isso acontece?

Explicação: Cada elemento possui níveis de energia específicos. Quando seus elétrons retornam ao estado de menor energia, emitem luz com comprimentos de onda característicos.

11 Construção do espectroscópio com CD

Materiais

- CD antigo
- Caixa de papelão
- Estilete

Os estudantes observam o espectro de diferentes fontes luminosas (LED, fluorescente, Sol).

Permite discutir que cada elemento possui um espectro característico.

ROTEIRO DO EXPERIMENTO

Tema: Espectros luminosos.

Objetivo: Observar que diferentes fontes de luz apresentam espectros distintos.

Materiais

- CD velho
- Caixa de papelão
- Estilete

Procedimento: Construa um pequeno espectroscópio utilizando o CD como rede de difração.

Observe:

- lâmpada LED
- lâmpada fluorescente
- luz solar

Questões

- Todas as fontes produziram o mesmo espectro?
- O que isso indica?

Explicação: Cada fonte luminosa apresenta um espectro próprio relacionado às transições eletrônicas dos átomos.

Quadro :Organização da sequência

Encontro	Atividade	Complexidade
1	Caixa Preta	★☆☆☆☆
2	Construção do Modelo de Bohr	★★☆☆☆
3	Fluorescência da Água Tônica	★★★☆☆
4	Comparação de Materiais Fluorescentes	★★★★☆
5	Teste de Chama	★★★★★
6	Espectroscópio com CD	★★★★★
7	Sistematização e Avaliação	Integração dos conceitos

Justificativa da sequência

Essa organização respeita os princípios da **Sequência de Ensino Investigativa (SEI)**, iniciando com a construção de modelos científicos e avançando gradativamente para a compreensão dos fenômenos de emissão de energia, espectros atômicos e aplicações do Modelo Atômico de Bohr. As atividades partem de situações concretas e investigativas, incentivam a formulação de hipóteses, a experimentação, a argumentação e a sistematização do conhecimento, favorecendo uma aprendizagem significativa e alinhada às competências da BNCC. Essa progressão também facilita a mediação do professor, permitindo que os estudantes construam os conceitos de forma gradual e contextualizada.

CAPÍTULO 1

Evolução dos Modelos Atômicos: compreendendo a construção do conhecimento científico

Compreender o Modelo Atômico de Bohr requer, inicialmente, conhecer o processo histórico de construção dos modelos atômicos. A evolução dessas propostas evidencia que o conhecimento científico não é estático nem definitivo, mas resulta de um processo contínuo de investigação, no qual novas evidências experimentais possibilitam revisar, aperfeiçoar ou substituir explicações anteriormente aceitas. Dessa forma, o estudo dos modelos atômicos favorece não apenas a aprendizagem de conceitos químicos, mas também a compreensão da própria natureza da Ciência.

Ao abordar esse tema em sala de aula, é importante que o professor destaque que os modelos científicos são representações elaboradas para explicar fenômenos observados e que apresentam limitações, sendo constantemente aperfeiçoados à medida que novos conhecimentos são produzidos (CHALMERS, 1993). Essa perspectiva contribui para que os estudantes compreendam a Ciência como uma construção coletiva, dinâmica e fundamentada em evidências.

As primeiras ideias sobre a constituição da matéria surgiram na Grécia Antiga com os filósofos Leucipo e Demócrito, que propuseram que toda matéria seria formada por partículas extremamente pequenas e indivisíveis, denominadas átomos. Embora essa concepção não tivesse base experimental, representou um marco importante ao introduzir a ideia de que a matéria possui uma estrutura particulada.

No início do século XIX, John Dalton apresentou a primeira teoria atômica fundamentada em resultados experimentais. Seu modelo descrevia o átomo como uma esfera maciça, indivisível e eletricamente neutra, capaz de explicar as leis ponderais da Química. Esse modelo permitiu compreender diversos fenômenos químicos, embora não explicasse a existência de partículas subatômicas.

Em 1897, Joseph John Thomson identificou o elétron por meio de experimentos com raios catódicos, demonstrando que o átomo possuía estrutura

interna. A partir dessa descoberta, propôs um modelo em que os elétrons estariam distribuídos em uma massa de carga positiva, conhecido como modelo do "pudim de passas". Apesar de representar um avanço, esse modelo não explicava adequadamente os resultados obtidos em experimentos posteriores.

O experimento da lâmina de ouro, realizado por Ernest Rutherford em 1911, demonstrou que a maior parte da massa do átomo encontra-se concentrada em um pequeno núcleo central, enquanto os elétrons ocupam a região externa. Esse modelo revolucionou a compreensão da estrutura atômica, porém ainda apresentava limitações, principalmente por não explicar a estabilidade do átomo nem os espectros de emissão observados para o hidrogênio.

Em 1913, Niels Bohr aperfeiçoou o modelo nuclear de Rutherford ao propor que os elétrons ocupam níveis de energia definidos. Segundo seus postulados, os elétrons somente podem absorver ou emitir energia quando realizam transições entre esses níveis. Essa explicação permitiu compreender os espectros atômicos e introduziu o conceito de energia quantizada, tornando-se um dos modelos mais importantes para o ensino da Química.

Atualmente, sabe-se que o modelo quântico descreve com maior precisão o comportamento dos elétrons. Entretanto, o Modelo Atômico de Bohr continua desempenhando papel fundamental no Ensino Médio por possibilitar a compreensão de conceitos como níveis de energia, emissão e absorção de luz, fluorescência, teste de chama e espectros atômicos, servindo como base para conteúdos mais complexos.

Para introduzir o estudo dos modelos atômicos, recomenda-se iniciar a aula com uma situação-problema, como a atividade investigativa da "Caixa Preta". Nessa proposta, os estudantes formulam hipóteses sobre o conteúdo de uma caixa fechada sem abri-la, utilizando apenas observações indiretas. Posteriormente, o professor estabelece uma analogia com o trabalho realizado pelos cientistas na elaboração dos modelos atômicos.

Outra estratégia consiste em solicitar que os estudantes construam uma linha do tempo destacando as contribuições e limitações de cada modelo, favorecendo a compreensão da evolução do conhecimento científico.

Poucas pessoas sabem que Niels Bohr recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1922 por suas contribuições ao estudo da estrutura atômica e da

radiação. Seus trabalhos influenciaram profundamente o desenvolvimento da Física Quântica e continuam presentes no ensino de Química em todo o mundo.

- Por que os modelos científicos mudam ao longo do tempo?
- Um modelo científico pode ser considerado verdadeiro para sempre?
- Qual foi a principal contribuição do Modelo Atômico de Bohr para a compreensão da estrutura da matéria?
- Como os experimentos influenciam a construção do conhecimento científico?

CAPÍTULO 2

O Modelo Atômico de Bohr: compreendendo a organização dos elétrons e a quantização da energia

O Modelo Atômico de Bohr representa um dos marcos mais importantes da evolução da Química e da Física Moderna. Mesmo tendo sido posteriormente complementado pelo modelo quântico, continua sendo amplamente utilizado no Ensino Médio por possibilitar a compreensão de conceitos fundamentais, como níveis de energia, transições eletrônicas, emissão e absorção de luz e espectros atômicos. Sua simplicidade favorece a introdução de ideias que servirão de base para o estudo de conteúdos mais complexos, como estrutura eletrônica, ligações químicas e propriedades periódicas.

No contexto escolar, o modelo de Bohr possibilita que os estudantes compreendam como os elétrons estão organizados ao redor do núcleo e como a interação entre matéria e energia pode ser explicada por meio das transições eletrônicas. Esses conceitos tornam-se mais significativos quando associados a experimentos investigativos, como o teste de chama e a fluorescência de diferentes materiais.

Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr apresentou um modelo atômico para explicar a estrutura do átomo de hidrogênio. Fundamentado no modelo nuclear proposto por Rutherford e nos princípios da teoria quântica desenvolvida por Max Planck, Bohr postulou que os elétrons ocupam apenas órbitas estacionárias específicas ao redor do núcleo, correspondentes a níveis de energia quantizados, não sendo possível sua permanência em posições intermediárias. Fundamentado no modelo nuclear proposto por Rutherford e nos princípios da teoria quântica desenvolvida por Max Planck, Bohr postulou que os elétrons ocupam apenas órbitas estacionárias específicas ao redor do núcleo, correspondentes a níveis de energia quantizados, não sendo possível sua permanência em posições intermediárias.

Segundo esse modelo, cada nível possui uma quantidade específica de energia. Enquanto permanece em um desses níveis, o elétron não ganha nem perde energia. Entretanto, quando absorve uma quantidade adequada de energia, pode passar para um nível mais elevado, caracterizando um estado excitado. Posteriormente, ao retornar para um nível de menor energia, libera o

excesso de energia na forma de radiação eletromagnética, normalmente observada como luz.

Essa proposta permitiu explicar os espectros de emissão do hidrogênio, que até então não eram compreendidos pelos modelos anteriores. Pela primeira vez foi possível relacionar as cores emitidas por determinados elementos químicos com a estrutura eletrônica dos átomos.

Embora atualmente se saiba que os elétrons não percorrem órbitas fixas como imaginado por Bohr, seus postulados permanecem extremamente importantes para o ensino, pois apresentam uma representação acessível da organização eletrônica e introduzem o conceito de energia quantizada.

A compreensão do modelo atômico de Bohr baseia-se em quatro princípios fundamentais:

- Os elétrons distribuem-se em órbitas permitidas ao redor do núcleo, correspondentes a níveis de energia quantizados.
- Enquanto permanecem nessas órbitas, os elétrons mantêm energia constante, sem absorver ou emitir radiação.
 - A passagem de um elétron para um nível mais energético ocorre mediante absorção de uma quantidade definida de energia.
 - Quando o elétron retorna para um nível inferior, ocorre a emissão dessa energia na forma de luz.

Esses princípios explicam fenômenos observados em diferentes experimentos, como o teste de chama, a fluorescência, as lâmpadas de descarga elétrica e diversas aplicações tecnológicas presentes no cotidiano.

Pesquisas na área de Ensino de Química mostram que muitos estudantes apresentam dificuldades para compreender que os níveis de energia são representações teóricas e não trajetórias físicas semelhantes às órbitas dos planetas.

Outra dificuldade comum consiste em acreditar que o elétron perde energia continuamente enquanto se desloca ao redor do núcleo. É importante esclarecer que, segundo o modelo de Bohr, a emissão ou absorção de energia ocorre apenas durante as transições entre níveis energéticos.

Também é frequente a confusão entre emissão de luz e produção de calor. O professor deve enfatizar que a luz emitida resulta da liberação de

energia pelos elétrons durante seu retorno a níveis de menor energia, não sendo consequência exclusiva do aquecimento da substância.

Antes de apresentar os postulados de Bohr, recomenda-se iniciar a aula com uma situação-problema baseada em um fenômeno observável, como a fluorescência da água tônica sob luz ultravioleta ou as cores produzidas no teste de chama.

Após a observação, o professor pode incentivar os estudantes a levantar hipóteses por meio de perguntas como:

- Por que determinados materiais emitem luz?
- Todos os materiais apresentam o mesmo comportamento?
- O que acontece dentro do átomo para que a luz seja produzida?
- De onde vem a energia emitida?

Somente após a discussão das hipóteses deve ser apresentada a explicação científica baseada no Modelo Atômico de Bohr, favorecendo a construção gradual do conhecimento.

Outra estratégia consiste em utilizar modelos tridimensionais, animações digitais e simuladores para representar as transições eletrônicas, facilitando a visualização de um conteúdo essencialmente abstrato.

O modelo proposto por Bohr foi inicialmente desenvolvido para explicar apenas o átomo de hidrogênio. Apesar dessa limitação, seus princípios permitiram o avanço da Física Quântica e contribuíram para o desenvolvimento de tecnologias como lasers, lâmpadas fluorescentes, LEDs, equipamentos de análise química e espectroscopia utilizada na Astronomia para identificar os elementos presentes nas estrelas.

Por que os elétrons ocupam apenas níveis de energia específicos ao redor do núcleo?

O que ocorre com um elétron quando ele absorve energia?

De que maneira o modelo atômico de Bohr explica as diferentes cores observadas no teste de chama?

Qual é a relação entre o fenômeno da fluorescência e as transições eletrônicas?

Por que o modelo atômico de Bohr continua sendo estudado, mesmo após o desenvolvimento de modelos atômicos mais avançados?

- Se os elétrons recebem energia, eles podem permanecer em qualquer posição ao redor do núcleo?
- O que acontece com a energia absorvida por um elétron quando ele retorna ao seu estado inicial?
- Por que diferentes elementos produzem cores distintas no teste de chama?
- Como a emissão de luz na fluorescência está relacionada às mudanças de nível de energia dos elétrons?
- Quais contribuições do modelo de Bohr justificam sua permanência no ensino de Química atualmente?

CAPÍTULO 3

Quantização da Energia: compreendendo as transições eletrônicas no Modelo Atômico de Bohr

A quantização da energia constitui um dos conceitos centrais do Modelo Atômico de Bohr e representa uma das maiores dificuldades de aprendizagem para estudantes do Ensino Médio. Embora não seja possível observar diretamente os elétrons ou suas transições entre níveis de energia, diversos fenômenos do cotidiano evidenciam esse comportamento, como o teste de chama, a fluorescência, as lâmpadas de descarga, os letreiros luminosos e até a composição química das estrelas.

Nesse contexto, a utilização de atividades experimentais investigativas permite que os estudantes estabeleçam relações entre os fenômenos observados e os modelos científicos utilizados para explicá-los. Assim, o conceito de quantização deixa de ser apresentado apenas de forma abstrata e passa a ser compreendido por meio de evidências experimentais.

Antes dos estudos de Max Planck e Niels Bohr, acreditava-se que a energia poderia ser absorvida ou liberada em qualquer quantidade. Entretanto, os estudos sobre a radiação do corpo negro demonstraram que a energia é transferida em pequenas quantidades discretas, denominadas quantum.

Inspirado por essas descobertas, Bohr propôs que os elétrons ocupam apenas níveis específicos de energia ao redor do núcleo. Dessa forma, um elétron não pode permanecer entre dois níveis energéticos nem variar sua energia continuamente.

Quando um átomo recebe energia suficiente, um de seus elétrons pode passar para um nível energético mais elevado. Esse processo recebe o nome de excitação eletrônica.

Posteriormente, esse elétron retorna espontaneamente para um nível de menor energia, liberando exatamente a diferença de energia entre os dois níveis sob a forma de radiação eletromagnética, frequentemente percebida como luz.

Esse comportamento explica por que cada elemento químico produz um conjunto característico de cores quando excitado.

Energia, fótons e emissão de luz.

A energia liberada durante o retorno do elétron é transportada por partículas chamadas fótons.

Cada fóton possui uma quantidade específica de energia, relacionada diretamente à frequência da radiação emitida. Quanto maior a diferença entre os níveis energéticos envolvidos na transição eletrônica, maior será a energia do fóton emitido.

Por essa razão, diferentes elementos químicos apresentam diferentes cores quando submetidos ao teste de chama ou quando observados por meio da espectroscopia.

Essa característica permite que cientistas identifiquem elementos químicos presentes em materiais desconhecidos, em estrelas e em diversos sistemas naturais.

No Modelo Atômico de Bohr, a quantização da energia explica por que os elétrons permanecem estáveis ao redor do núcleo e por que somente determinadas frequências de luz são emitidas por cada elemento químico.

Embora atualmente o modelo quântico descreva esse comportamento com maior precisão, os postulados de Bohr continuam sendo uma excelente ferramenta didática para introduzir esses conceitos no Ensino Médio.

Uma estratégia eficiente consiste em iniciar a aula apresentando uma situação-problema:

"Por que uma água tônica brilha sob luz ultravioleta, enquanto um copo de água comum permanece inalterado?"

Antes de qualquer explicação, incentive os estudantes a registrar hipóteses e discutir suas ideias em pequenos grupos.

Após a realização do experimento, conduza a discussão buscando relacionar as observações às transições eletrônicas propostas por Bohr.

Essa abordagem favorece o protagonismo dos estudantes e fortalece a construção do conhecimento científico.

O conceito de quantização da energia está presente em praticamente todas as atividades propostas neste produto.

No experimento da água tônica sob luz ultravioleta, a quinina absorve energia proveniente da radiação UV e, ao retornar ao estado de menor energia, emite luz visível azulada.

Situação semelhante ocorre com a vitamina B2, os pigmentos fluorescentes presentes em marcadores de texto e diversos materiais utilizados nas atividades investigativas.

No teste de chama, o aquecimento fornece energia aos elétrons dos átomos metálicos, promovendo sua excitação. O retorno desses elétrons aos níveis de menor energia produz as diferentes cores observadas durante o experimento.

Assim, todos esses fenômenos podem ser compreendidos a partir do conceito de quantização da energia.

Diversos estudos apontam algumas concepções alternativas recorrentes:

- acreditar que os elétrons giram continuamente emitindo energia;
- imaginar que a energia é liberada de forma contínua;
- interpretar os níveis energéticos como trajetórias físicas;
- confundir emissão de luz com simples aquecimento da substância.

Essas dificuldades podem ser minimizadas por meio da experimentação investigativa, de modelos didáticos e de discussões orientadas pelo professor.

Os lasers utilizados em leitores ópticos, cirurgias médicas, comunicações por fibra óptica e equipamentos industriais funcionam graças às transições eletrônicas e à emissão controlada de fótons, fenômenos cuja compreensão teve origem nos estudos sobre quantização da energia.

- Por que os elétrons não podem permanecer entre dois níveis de energia?
- O que acontece quando um átomo absorve energia?
- Por que diferentes elementos produzem diferentes cores?
- Como o Modelo Atômico de Bohr explica a fluorescência?
- Qual é a importância da quantização da energia para as tecnologias atuais?

CAPÍTULO 4

Fluorescência e Fosforescência: aplicações do Modelo Atômico de Bohr no Ensino Médio

Os fenômenos de fluorescência e fosforescência despertam grande interesse dos estudantes por envolverem materiais que emitem luz quando expostos a determinadas formas de radiação. Embora sejam frequentemente associados apenas a efeitos visuais, esses fenômenos representam excelentes oportunidades para discutir conceitos fundamentais da Química e da Física, como níveis de energia, excitação eletrônica, emissão de fótons e quantização da energia.

No contexto do Ensino Médio, a utilização desses fenômenos permite aproximar conceitos abstratos da realidade dos estudantes, favorecendo uma aprendizagem mais significativa. Além disso, experimentos envolvendo fluorescência podem ser realizados com materiais simples e de baixo custo, tornando essa abordagem viável para escolas que dispõem de poucos recursos laboratoriais.

Neste capítulo são apresentados os fundamentos científicos da fluorescência e da fosforescência, suas diferenças, aplicações no cotidiano e orientações para que o professor utilize esses fenômenos como estratégia de ensino do Modelo Atômico de Bohr.

A fluorescência é um fenômeno óptico no qual determinadas substâncias absorvem radiação de maior energia, geralmente na região do ultravioleta, e quase imediatamente emitem parte dessa energia na forma de luz visível.

Esse processo ocorre em intervalos extremamente curtos, normalmente inferiores a um microssegundo. Por esse motivo, a emissão luminosa desaparece praticamente no mesmo instante em que a fonte de radiação é desligada.

Do ponto de vista do Modelo Atômico de Bohr, a fluorescência pode ser compreendida como consequência da absorção de energia pelos elétrons. Ao absorver energia, os elétrons passam para níveis energéticos mais elevados (estado excitado). Em seguida, retornam rapidamente ao estado de menor energia, liberando o excesso de energia na forma de fótons de luz visível.

Embora a explicação completa seja fornecida pela Mecânica Quântica, o modelo de Bohr continua sendo uma importante ferramenta didática para introduzir esses conceitos no Ensino Médio.

A fosforescência também envolve absorção e emissão de energia, porém apresenta uma característica importante: a emissão de luz continua mesmo após a interrupção da fonte luminosa.

Isso ocorre porque parte da energia permanece temporariamente armazenada em estados eletrônicos metaestáveis antes de ser liberada.

É justamente essa diferença que explica por que adesivos luminosos, brinquedos e tintas fosforescentes continuam brilhando durante alguns minutos ou horas após serem expostos à luz.

Fluorescência e fosforescência: principais diferenças

Embora ambos os fenômenos estejam relacionados à emissão de luz, apresentam características distintas.

QUADRO: Fluorescência e fosforescência

Fluorescência	Fosforescência
Emissão praticamente instantânea	Emissão prolongada
Cessa quando a fonte luminosa é desligada	Continua após o desligamento da fonte de luz
Tempo de emissão muito curto	Tempo de emissão pode durar segundos, minutos ou horas
Mais comum em experimentos escolares	Observada em materiais luminescentes

É importante que o professor destaque aos estudantes que ambos os fenômenos envolvem transições eletrônicas, porém diferem no tempo necessário para que os elétrons retornem ao estado de menor energia.

A relação com o Modelo Atômico de Bohr

Os experimentos envolvendo fluorescência constituem uma excelente oportunidade para discutir um dos principais postulados de Bohr: a existência de níveis discretos de energia.

Quando uma substância fluorescente é iluminada com radiação ultravioleta, seus elétrons absorvem energia suficiente para mudar de nível energético.

Ao retornarem ao estado inicial, ocorre a emissão de luz visível.

Essa explicação permite ao estudante compreender que:

- os elétrons não absorvem qualquer quantidade de energia;
- existem níveis energéticos específicos;
- a emissão luminosa resulta das transições eletrônicas;
- cada substância apresenta comportamento próprio devido à sua estrutura eletrônica.

Esses conceitos podem ser observados experimentalmente sem necessidade de equipamentos sofisticados.

Aplicações no cotidiano

A fluorescência está presente em diversas situações do cotidiano, muitas vezes despercebidas pelos estudantes.

Entre elas destacam-se:

- notas de dinheiro;
- documentos oficiais;
- passaportes;
- tintas de segurança;
- marca-textos fluorescentes;
- água tônica;
- detergentes e sabões em pó;
- vitaminas do complexo B (especialmente a vitamina B2);
- minerais fluorescentes;
- exames laboratoriais;
- microscopia por fluorescência;
- diagnóstico médico;
- perícia criminal.

Apresentar essas aplicações contribui para contextualizar o conteúdo e aumentar o interesse dos estudantes.

Antes de iniciar qualquer experimento, recomenda-se apresentar aos estudantes uma situação-problema.

Por exemplo:

Por que algumas substâncias brilham quando iluminadas com luz ultravioleta enquanto outras permanecem inalteradas?

Essa pergunta desperta a curiosidade e favorece o levantamento de hipóteses.

Durante o experimento, o professor deve evitar fornecer respostas prontas, incentivando que os próprios estudantes observem, comparem resultados e construam explicações.

Somente após essa etapa deve ocorrer a sistematização dos conceitos científicos.

Os experimentos propostos nesta sequência didática exploram diferentes materiais fluorescentes de fácil obtenção.

Entre eles destacam-se:

- água tônica;
- marca-texto fluorescente;
- vitamina B2;
- detergentes com branqueadores ópticos;
- pigmentos naturais.

Esses materiais permitem discutir:

- excitação eletrônica;
- retorno ao estado fundamental;
- emissão de fótons;
- níveis de energia;
- quantização da energia;
- relação entre luz ultravioleta e fluorescência.

A comparação entre diferentes materiais possibilita que os estudantes identifiquem padrões, proponham explicações e desenvolvam habilidades investigativas.

Durante a aplicação das atividades, algumas dificuldades costumam aparecer.

Entre as mais frequentes destacam-se:

- acreditar que todos os materiais brilham sob luz ultravioleta;
- pensar que a luz ultravioleta "cria" a fluorescência;
- confundir fluorescência com reflexão da luz;
- considerar que o brilho é produzido por aquecimento.

Essas concepções podem ser discutidas durante a sistematização, utilizando as observações realizadas pelos próprios estudantes como evidências.

Os pesquisadores utilizam proteínas fluorescentes descobertas em águas-vivas para acompanhar o desenvolvimento de células vivas, identificar doenças e estudar processos biológicos. Em 2008, essa descoberta foi reconhecida com o Prêmio Nobel de Química devido ao seu impacto na pesquisa científica e na medicina.

O professor pode complementar esta atividade utilizando vídeos, simuladores e imagens que mostrem a fluorescência em organismos marinhos, minerais, documentos de segurança e aplicações médicas. Essas estratégias ampliam a contextualização do conteúdo e favorecem discussões interdisciplinares envolvendo Química, Física e Biologia.

Considerações

A fluorescência constitui uma das estratégias mais eficientes para ensinar o Modelo Atômico de Bohr no Ensino Médio. Além de tornar visíveis fenômenos relacionados às transições eletrônicas, desperta a curiosidade dos estudantes e favorece a construção de explicações científicas fundamentadas em evidências experimentais. Quando integrada à Sequência de Ensino Investigativa, essa abordagem contribui para o desenvolvimento da alfabetização científica, da argumentação e da compreensão da natureza da Ciência.

CAPÍTULO 5

Luz Ultravioleta: fundamentos científicos, aplicações e potencial didático no ensino do Modelo Atômico de Bohr

A luz faz parte do cotidiano dos estudantes e constitui um excelente recurso para o ensino da Química. Entre as diferentes regiões do espectro eletromagnético, a radiação ultravioleta (UV) destaca-se por possibilitar a observação de fenômenos que normalmente não são perceptíveis a olho nu, como a fluorescência apresentada por diversas substâncias.

No ensino do Modelo Atômico de Bohr, a utilização da luz ultravioleta permite estabelecer uma relação direta entre os fenômenos observados experimentalmente e os conceitos de excitação eletrônica, níveis de energia, absorção e emissão de radiação. Dessa forma, conteúdos frequentemente considerados abstratos tornam-se mais concretos e compreensíveis para os estudantes.

Além do seu potencial didático, a radiação ultravioleta possui inúmeras aplicações na medicina, na indústria, na segurança de documentos, na perícia criminal e na pesquisa científica, favorecendo a contextualização do conteúdo e aproximando a Química do cotidiano.

A radiação ultravioleta (UV) corresponde a uma região do espectro eletromagnético situada entre a luz visível e os raios X. Seus comprimentos de onda variam de aproximadamente 100 a 400 nm. Como a energia da radiação é inversamente proporcional ao comprimento de onda, a radiação ultravioleta apresenta maior energia do que a luz visível, sendo capaz de promover transições eletrônicas em diversas substâncias fluorescentes. Embora não possa ser percebida pelo olho humano, a radiação ultravioleta interage com diferentes materiais, promovendo fenômenos como fluorescência, reações fotoquímicas e processos de desinfecção.

Grande parte da radiação ultravioleta proveniente do Sol é absorvida pela camada de ozônio, impedindo que níveis mais energéticos alcancem a superfície terrestre.

Classificação da radiação ultravioleta

Didaticamente, a radiação ultravioleta é dividida em três faixas principais:

UVA (315–400 nm)

É a radiação de menor energia entre as três faixas e a que chega em maior quantidade à superfície terrestre. É amplamente utilizada em lanternas UV empregadas em experimentos escolares por apresentar menor risco quando utilizada corretamente e por promover fluorescência em diversos materiais.

UVB (280–315 nm)

Possui energia mais elevada e está associada à produção de vitamina D na pele, mas também pode causar queimaduras solares quando a exposição ocorre de forma excessiva.

UVC (100–280 nm)

É a faixa de maior energia. Normalmente é absorvida pela atmosfera terrestre, não atingindo a superfície do planeta. Atualmente, é utilizada em equipamentos destinados à esterilização de ambientes, instrumentos e água, devido ao seu elevado poder germicida.

Para atividades experimentais no Ensino Médio recomenda-se exclusivamente o uso de lanternas de luz UVA de baixa potência, sempre sob supervisão do professor.

Relação entre a luz ultravioleta e o Modelo Atômico de Bohr

Quando uma substância fluorescente é iluminada com luz ultravioleta, seus elétrons absorvem energia proveniente dessa radiação e passam temporariamente para níveis energéticos mais elevados.

Segundo o Modelo Atômico de Bohr, esse processo corresponde à excitação eletrônica.

Ao retornarem ao estado de menor energia, os elétrons liberam parte da energia absorvida sob a forma de luz visível. Esse fenômeno é observado experimentalmente como fluorescência.

Assim, a luz ultravioleta atua apenas como fonte de energia para promover as transições eletrônicas, permitindo que os estudantes visualizem um fenômeno diretamente relacionado aos postulados de Bohr.

Por que algumas substâncias florescem e outras não?

Essa é uma das perguntas mais frequentes dos estudantes durante os experimentos.

A fluorescência depende da estrutura molecular da substância.

Algumas moléculas possuem elétrons capazes de absorver radiação ultravioleta e posteriormente emitir parte dessa energia como luz visível. Outras moléculas dissipam essa energia de maneiras diferentes, principalmente sob a forma de calor, sem produzir emissão luminosa perceptível.

Essa diferença constitui excelente oportunidade para discutir a relação entre estrutura química e propriedades da matéria.

Aplicações da radiação ultravioleta

A contextualização é um importante recurso para favorecer a aprendizagem significativa. Entre as aplicações da radiação ultravioleta podem ser destacadas:

- autenticação de cédulas e documentos oficiais;
- identificação de impressões digitais em investigações forenses;
- análises laboratoriais;
- microscopia por fluorescência;
- diagnóstico médico;
- esterilização de materiais hospitalares;
- tratamento de água;
- controle microbiológico de ambientes;
- identificação de minerais fluorescentes;
- análise de obras de arte;
- marcação de produtos industriais;
- pesquisas em Biologia Molecular.

Esses exemplos demonstram aos estudantes que os conceitos trabalhados em sala possuem ampla aplicação científica e tecnológica.

Antes da realização dos experimentos, recomenda-se apresentar aos estudantes diferentes materiais, como água tônica, água mineral, detergente, papel sulfite, marca-texto e vitamina B2.

Solicite que os grupos formulem hipóteses respondendo à seguinte questão:

Após a realização do experimento, incentive a comparação entre as hipóteses iniciais e os resultados obtidos.

Essa estratégia favorece a argumentação científica e a construção coletiva do conhecimento.

Conexão com os experimentos deste produto educacional

A luz ultravioleta constitui o elemento central de diversos experimentos propostos nesta sequência didática.

Ela será utilizada para investigar:

- fluorescência da água tônica;
- fluorescência da vitamina B2;
- fluorescência de pigmentos presentes em marca-textos;
- fluorescência de detergentes contendo branqueadores ópticos;
- comparação entre materiais fluorescentes e não fluorescentes.

Em todas essas atividades, a radiação ultravioleta fornece a energia necessária para promover a excitação eletrônica, permitindo discutir os postulados do Modelo Atômico de Bohr.

Cuidados de segurança

Embora as lanternas UVA de baixa potência sejam consideradas adequadas para atividades didáticas, alguns cuidados devem ser observados:

- evitar direcionar a luz para os olhos;
- não utilizar equipamentos danificados;
- limitar o tempo de exposição;
- realizar as atividades sob supervisão do professor;
- desligar o equipamento após o uso.

Essas orientações contribuem para a realização segura das atividades experimentais.

Dificuldades frequentes dos estudantes

Durante a aplicação dos experimentos é comum que os estudantes:

- confundam luz ultravioleta com luz violeta;
- acreditem que toda substância iluminada por UV deve florescer;
- considerem que a fluorescência depende apenas da intensidade da luz;
- interpretem o fenômeno como simples reflexão luminosa.

Essas concepções devem ser discutidas durante a sistematização dos resultados.

A composição química do Sol foi determinada muito antes de qualquer missão espacial. Os cientistas identificaram os elementos presentes em sua atmosfera analisando apenas seu espectro de absorção. Atualmente, esse mesmo princípio é utilizado para estudar estrelas localizadas a milhões de anos-luz da Terra.

Os astrônomos utilizam detectores sensíveis à radiação ultravioleta para estudar estrelas jovens, nebulosas e galáxias distantes. Muitas informações sobre a composição química e a temperatura desses corpos celestes são obtidas a partir da análise da radiação que eles emitem.

Considerações

A utilização da luz ultravioleta representa uma estratégia didática de grande potencial para o ensino do Modelo Atômico de Bohr. Além de despertar a curiosidade dos estudantes, possibilita relacionar fenômenos visíveis com conceitos microscópicos que normalmente são abstratos. Quando associada à experimentação investigativa, favorece o desenvolvimento da observação, da argumentação, da elaboração de hipóteses e da alfabetização científica, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

CAPÍTULO 6

Espectros Atômicos: compreendendo a identidade dos elementos químicos

Os espectros atômicos constituem uma das evidências experimentais mais importantes para a consolidação do Modelo Atômico de Bohr. Foi justamente a observação das linhas espectrais emitidas pelo hidrogênio que levou Niels Bohr a propor que os elétrons ocupam níveis discretos de energia, revolucionando a compreensão da estrutura atômica.

No ensino de Química, os espectros atômicos representam uma excelente oportunidade para integrar conceitos de Física, Química e Astronomia, permitindo aos estudantes compreender como os cientistas identificam elementos químicos sem precisar manipulá-los diretamente. Essa abordagem favorece a contextualização do conteúdo e demonstra a importância da investigação científica na construção do conhecimento.

O que são espectros atômicos?

Quando um elemento químico recebe energia, seus elétrons podem ser excitados para níveis energéticos mais elevados. Ao retornarem para níveis de menor energia, ocorre a emissão de radiação eletromagnética com comprimentos de onda específicos.

Essas radiações, quando analisadas por instrumentos adequados, formam um conjunto de linhas coloridas denominado espectro de emissão.

Cada elemento químico apresenta um espectro próprio, funcionando como uma verdadeira "impressão digital" atômica. Essa característica permite identificar elementos presentes em amostras desconhecidas, em estrelas, em planetas e em diversos materiais naturais e industriais.

Tipos de espectros

Para o professor, é importante apresentar aos estudantes que existem diferentes tipos de espectros.

Espectro contínuo

É produzido por materiais incandescentes, como o filamento de uma lâmpada ou o Sol observado sem análise espectral. Nesse caso, todas as cores aparecem de maneira contínua, sem interrupções.

Espectro de emissão

É formado pelas linhas luminosas emitidas por átomos excitados. Cada linha corresponde a uma transição eletrônica específica.

Esse é o tipo de espectro diretamente relacionado ao Modelo Atômico de Bohr.

Espectro de absorção

Quando a luz branca atravessa um gás frio, determinados comprimentos de onda são absorvidos pelos elétrons dos átomos presentes nesse gás.

Como consequência, surgem linhas escuras sobre um fundo colorido.

Os espectros de absorção também permitem identificar elementos químicos presentes em diferentes materiais.

A importância dos espectros para o Modelo Atômico de Bohr

Antes da proposta de Bohr, os cientistas não conseguiam explicar por que o hidrogênio emitia apenas determinadas linhas coloridas.

Se os elétrons pudessem possuir qualquer quantidade de energia, seria esperado um espectro contínuo.

Entretanto, a existência de linhas bem definidas demonstrava que apenas algumas transições eletrônicas eram possíveis.

Essa observação forneceu uma das principais evidências para o conceito de quantização da energia.

Assim, os espectros atômicos representam uma importante confirmação experimental dos postulados propostos por Bohr.

Aplicações dos espectros atômicos

Os espectros são utilizados em diversas áreas da ciência e da tecnologia.

Entre suas principais aplicações destacam-se:

- identificação de elementos químicos em laboratórios;
- análise da composição química das estrelas;
- controle de qualidade industrial;
- monitoramento ambiental;
- análise de alimentos;

- identificação de metais em ligas metálicas;
- estudos geológicos;
- perícia criminal;
- pesquisas farmacêuticas;
- desenvolvimento de novos materiais.

Esses exemplos demonstram aos estudantes que conceitos aparentemente abstratos possuem aplicações concretas e relevantes para a sociedade.

Uma atividade simples consiste em apresentar fotografias de diferentes espectros de emissão e solicitar que os estudantes comparem suas características.

O professor pode propor questões como:

- Todos os espectros são iguais?
- O que diferencia um elemento do outro?
- Por que cada elemento apresenta cores diferentes?

Posteriormente, essas observações podem ser relacionadas ao experimento do teste de chama, permitindo que os estudantes estabeleçam conexões entre os fenômenos observados e os espectros produzidos pelos elementos.

Embora os experimentos desta sequência não utilizem espectrômetros, os estudantes observam evidências diretas dos espectros de emissão durante o teste de chama.

Cada sal metálico produz uma cor característica porque seus elétrons realizam transições entre níveis específicos de energia.

Da mesma forma, a fluorescência observada na água tônica, nos marca-textos e na vitamina B2 também resulta da emissão de radiação após a excitação eletrônica.

Assim, os experimentos propostos permitem introduzir os conceitos de espectroscopia de maneira acessível e contextualizada.

Pesquisas mostram que muitos estudantes:

- acreditam que a cor pertence ao elemento químico;
- confundem espectro com arco-íris;
- pensam que todos os elementos produzem as mesmas cores;
- não relacionam as cores observadas às transições eletrônicas.

Essas dificuldades podem ser minimizadas utilizando experimentação, imagens de espectros reais e discussões orientadas.

A composição química do Sol foi determinada muito antes de qualquer missão espacial. Os cientistas identificaram os elementos presentes em sua atmosfera analisando apenas seu espectro de absorção. Atualmente, esse mesmo princípio é utilizado para estudar estrelas localizadas a milhões de anos-luz da Terra.

- Por que cada elemento químico produz uma cor diferente?
- O que representam as linhas observadas em um espectro?
- Como os cientistas conseguem identificar elementos presentes nas estrelas?
- Qual a relação entre espectros atômicos e o Modelo Atômico de Bohr?
- O teste de chama pode ser considerado uma forma simples de espectroscopia? Justifique.

O estudo dos espectros atômicos contribui para o desenvolvimento de competências relacionadas à investigação científica, interpretação de evidências experimentais, compreensão da natureza da ciência e aplicação do conhecimento químico para explicar fenômenos naturais e tecnológicos.

Além disso, favorece o desenvolvimento da argumentação científica e da capacidade de relacionar diferentes áreas do conhecimento.

Ao abordar os espectros atômicos, procure enfatizar que eles representam uma das evidências experimentais mais importantes da ciência moderna. Sempre que possível, relacione os conceitos discutidos às atividades experimentais propostas neste produto educacional, permitindo que os estudantes compreendam que a Química não se limita a fórmulas e teorias, mas se fundamenta na observação, na experimentação e na interpretação de evidências.

A utilização de imagens, simuladores digitais e fotografias de espectros reais pode enriquecer significativamente as aulas, favorecendo a compreensão de um conteúdo que normalmente é apresentado apenas de forma teórica.

CAPÍTULO 7

O Teste de Chama: uma estratégia investigativa para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

O teste de chama é uma das atividades experimentais mais tradicionais no ensino de Química e continua sendo uma excelente estratégia para introduzir conceitos relacionados ao Modelo Atômico de Bohr. Apesar de sua simplicidade, esse experimento permite aos estudantes observar um fenômeno que evidencia a interação entre energia e matéria, favorecendo a compreensão das transições eletrônicas e da emissão de luz pelos átomos.

Quando desenvolvido em uma perspectiva investigativa, o teste de chama deixa de ser apenas uma demonstração de cores e passa a estimular a observação, a elaboração de hipóteses, a análise de evidências e a construção de explicações científicas, promovendo uma aprendizagem mais significativa.

O estudo das cores emitidas por diferentes substâncias aquecidas teve início no século XIX e contribuiu para o desenvolvimento da espectroscopia. Cientistas como Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff demonstraram que cada elemento químico apresenta um espectro característico de emissão, possibilitando sua identificação.

Esses estudos contribuíram para a descoberta de novos elementos químicos, como o cézio e o rubídio, e forneceram evidências importantes para o desenvolvimento dos modelos atômicos, especialmente o proposto por Niels Bohr.

Assim, o teste de chama representa uma importante conexão entre a história da ciência e os conteúdos abordados no Ensino Médio.

Ao serem aquecidos, os íons metálicos presentes em determinados sais absorvem energia da chama. Essa energia promove a excitação dos elétrons para níveis energéticos mais elevados.

Como esse estado é instável, os elétrons retornam rapidamente a níveis de menor energia, liberando a energia excedente na forma de radiação eletromagnética.

Quando essa radiação está na faixa da luz visível, observamos diferentes cores na chama.

Cada elemento químico apresenta diferenças em sua estrutura eletrônica, fazendo com que as energias liberadas durante essas transições

também sejam diferentes. Por isso, cada elemento produz uma coloração característica.

O teste de chama constitui uma das evidências experimentais que ilustram os postulados do Modelo Atômico de Bohr.

Durante o experimento, é possível discutir com os estudantes que:

- os elétrons ocupam níveis discretos de energia;
- a absorção de energia provoca a excitação eletrônica;
- o retorno ao estado de menor energia resulta na emissão de luz;
- a cor observada depende da diferença de energia entre os níveis eletrônicos.

Essa relação permite que os estudantes compreendam que as cores observadas não são propriedades da chama, mas da estrutura eletrônica dos elementos químicos.

Diversos sais metálicos produzem cores características quando submetidos ao teste de chama. Entre os exemplos mais utilizados em atividades didáticas destacam-se:

Quadro: Cores observadas

Elemento químico	Cor observada
Sódio (Na)	Amarelo intenso
Potássio (K)	Lilás ou violeta
Lítio (Li)	Vermelho carmim
Cálcio (Ca)	Vermelho-alaranjado
Estrôncio (Sr)	Vermelho intenso
Bário (Ba)	Verde-amarelo
Cobre (Cu)	Verde azulado

É importante destacar que a intensidade da cor pode variar conforme a pureza da amostra, a temperatura da chama e a presença de impurezas, especialmente o sódio.

Na perspectiva da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), o experimento deve ser organizado para que os estudantes participem ativamente da construção do conhecimento.

Antes da realização da atividade, o professor pode apresentar a seguinte situação-problema:

"Por que diferentes sais produzem cores distintas quando aquecidos na chama?"

Em seguida, os estudantes podem registrar hipóteses, realizar observações, comparar resultados e discutir possíveis explicações antes da sistematização dos conceitos científicos.

Essa metodologia favorece o desenvolvimento da argumentação, da comunicação científica e da autonomia dos estudantes.

Durante a realização do teste de chama, recomenda-se que o professor evite informar previamente qual elemento corresponde a cada cor observada.

Uma alternativa consiste em identificar as amostras apenas por letras ou números, incentivando os grupos a registrar suas observações e comparar os resultados obtidos.

Após a discussão coletiva, os estudantes podem confrontar suas hipóteses com a identificação correta das substâncias e construir explicações fundamentadas no Modelo Atômico de Bohr.

Essa estratégia estimula a investigação e reduz a simples memorização das cores.

No produto educacional, o teste de chama foi planejado para complementar os experimentos de fluorescência e luz ultravioleta.

Enquanto a fluorescência evidencia a emissão de luz após a absorção de radiação ultravioleta, o teste de chama demonstra que a energia térmica também pode promover transições eletrônicas.

A comparação entre essas duas situações permite aos estudantes compreender que diferentes fontes de energia podem provocar a excitação dos elétrons, reforçando os conceitos de níveis de energia e emissão de fótons.

Entre as dificuldades observadas na literatura e na prática docente destacam-se:

- acreditar que a cor pertence à chama e não ao elemento químico;

- associar a intensidade da cor à quantidade de substância utilizada;
- não compreender que a emissão de luz resulta das transições eletrônicas;
- interpretar o fenômeno apenas como consequência do aquecimento.

O professor pode superar essas dificuldades promovendo discussões orientadas e relacionando as observações experimentais aos modelos científicos.

Apesar dos avanços que possibilitaram o desenvolvimento de diversas técnicas analíticas atualmente mais sofisticadas, o teste de chama ainda é utilizado como procedimento preliminar para identificação de alguns íons metálicos.

Além disso, os princípios envolvidos nesse experimento são aplicados em:

- espectroscopia de emissão;
- análise química de materiais;
- estudos ambientais;
- controle de qualidade industrial;
- pesquisa científica;
- identificação da composição química de estrelas.

Essas aplicações demonstram a relevância desse conhecimento para diferentes áreas da ciência e da tecnologia.

A diversidade de cores observada nos fogos de artifício é produzida pela presença de diferentes sais metálicos, cujos elétrons, ao serem excitados pelo calor, emitem luz com comprimentos de onda característicos. Compostos de estrôncio geram tonalidades vermelhas, sais de bário produzem cores verdes, compostos de cobre originam tons azulados e sais de sódio são responsáveis pela intensa coloração amarela. Esse é um exemplo cotidiano que pode ser explorado para contextualizar o conteúdo e despertar o interesse dos estudantes.

- Todos os sais apresentaram a mesma cor?
- O que determina a cor emitida por cada elemento químico?
- Como o Modelo Atômico de Bohr explica esse fenômeno?
- Por que a energia da chama provoca emissão de luz?
- Qual é a relação entre o teste de chama e os espectros atômicos?
- Em quais situações do cotidiano observamos fenômenos semelhantes?

O teste de chama favorece o desenvolvimento de competências relacionadas à investigação científica, interpretação de fenômenos, argumentação baseada em evidências e utilização de modelos explicativos para compreender transformações da matéria.

Também possibilita integrar conhecimentos de Química, Física e História da Ciência, promovendo uma aprendizagem interdisciplinar.

O teste de chama vai além da simples observação de diferentes cores. Quando desenvolvido por meio de uma abordagem investigativa, transforma-se em uma oportunidade para discutir conceitos fundamentais do Modelo Atômico de Bohr, da espectroscopia e da natureza da ciência. Ao incentivar os estudantes a levantar hipóteses, interpretar resultados e justificar suas conclusões, o professor contribui para o desenvolvimento da alfabetização científica e para uma aprendizagem mais significativa, contextualizada e participativa.

CAPÍTULO 8

A Experimentação Investigativa no Ensino de Química: fundamentos para a prática docente

A experimentação sempre ocupou lugar de destaque no ensino de Química. Entretanto, a simples realização de atividades práticas não garante a aprendizagem dos estudantes. Durante muitos anos, predominou nas escolas um modelo de experimentação conhecido como demonstrativo ou verificativo, no qual os alunos apenas reproduziam procedimentos previamente estabelecidos para confirmar conceitos já apresentados pelo professor.

Nas últimas décadas, pesquisas na área de Ensino de Ciências passaram a defender uma nova perspectiva para o uso das atividades experimentais: a experimentação investigativa. Nessa abordagem, o experimento deixa de ser apenas uma demonstração e passa a constituir uma oportunidade para que os estudantes observem fenômenos, levantem hipóteses, discutam ideias, analisem evidências e construam explicações fundamentadas.

É nessa perspectiva que se fundamenta o presente produto educacional, cuja proposta é utilizar o Modelo Atômico de Bohr como contexto para promover a aprendizagem por investigação.

Uma atividade experimental investigativa é aquela em que os estudantes assumem papel ativo na construção do conhecimento. Em vez de apenas seguir um roteiro para confirmar uma teoria, são convidados a investigar um problema, formular hipóteses, planejar estratégias, interpretar resultados e justificar suas conclusões.

Segundo Carvalho (2013), o objetivo principal da investigação não é encontrar respostas prontas, mas favorecer o desenvolvimento do pensamento científico por meio da resolução de problemas.

Nesse contexto, o erro deixa de ser visto como fracasso e passa a constituir parte do processo de aprendizagem, permitindo aos estudantes revisar hipóteses e aperfeiçoar suas explicações.

Na abordagem investigativa, o professor deixa de ocupar exclusivamente a posição de transmissor do conhecimento para atuar como mediador do processo de aprendizagem.

Sua função consiste em organizar situações que despertem a curiosidade dos estudantes, propor problemas desafiadores, estimular a

argumentação, acompanhar as discussões e auxiliar na sistematização dos conceitos científicos.

Isso não significa diminuir a importância do professor; ao contrário, sua atuação torna-se ainda mais significativa, pois é ele quem conduz o processo investigativo, favorecendo a construção coletiva do conhecimento.

Carvalho (2013) destaca que a mediação docente é essencial para transformar observações em explicações científicas.

Na experimentação investigativa, o estudante participa ativamente da aprendizagem.

Durante as atividades, ele observa fenômenos, levanta hipóteses, discute ideias com seus colegas, registra informações, interpreta evidências e comunica suas conclusões.

Esse processo favorece o desenvolvimento da autonomia, da argumentação científica, da comunicação oral e escrita e da capacidade de tomar decisões fundamentadas em evidências.

Segundo Sassen (2015), essas habilidades constituem elementos essenciais da alfabetização científica.

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI) consiste em um conjunto organizado de atividades planejadas para conduzir os estudantes desde a observação inicial de um fenômeno até a construção de explicações científicas.

De acordo com Carvalho (2013), uma SEI deve apresentar situações-problema que despertem a curiosidade dos estudantes e promovam o desenvolvimento de competências relacionadas à investigação científica.

No presente produto educacional, a sequência foi organizada em ordem crescente de complexidade, permitindo que os estudantes ampliem progressivamente sua compreensão sobre o Modelo Atômico de Bohr.

As atividades incluem observação, experimentação, levantamento de hipóteses, discussão em grupo, sistematização e avaliação, favorecendo uma aprendizagem significativa.

Na investigação científica, hipóteses nem sempre são confirmadas.

Essa característica também deve estar presente nas atividades desenvolvidas em sala de aula.

Quando um resultado inesperado é obtido, o professor pode utilizá-lo para promover novas discussões e incentivar os estudantes a buscar explicações alternativas.

Essa postura contribui para aproximar a prática escolar da forma como o conhecimento científico é produzido.

As atividades experimentais investigativas contribuem para o desenvolvimento de diversas habilidades, entre elas:

- observação sistemática;
- formulação de hipóteses;
- planejamento de procedimentos;
- interpretação de resultados;
- argumentação baseada em evidências;
- comunicação científica;
- trabalho colaborativo;
- resolução de problemas;
- pensamento crítico;
- tomada de decisões.

Essas habilidades extrapolam o ensino de Química e contribuem para a formação integral dos estudantes.

A Base Nacional Comum Curricular destaca que o ensino de Ciências da Natureza deve promover a investigação, a resolução de problemas, a análise de evidências e a argumentação científica.

Nesse sentido, atividades experimentais investigativas constituem importantes estratégias para o desenvolvimento das competências gerais e específicas previstas para o Ensino Médio.

Além da aprendizagem conceitual, favorecem o desenvolvimento da autonomia intelectual, da colaboração e da responsabilidade na construção do conhecimento.

Ao planejar uma atividade investigativa, recomenda-se que o professor:

- inicie a aula com uma situação-problema;
- incentive os estudantes a formular hipóteses;
- permita que discutam suas ideias em grupo;
- estimule o registro das observações;

- conduza uma discussão coletiva sobre os resultados;
- sistematize os conceitos científicos ao final da atividade.

Esse percurso favorece a participação ativa dos estudantes e amplia as oportunidades de aprendizagem.

Todos os experimentos apresentados neste produto foram organizados segundo os princípios da experimentação investigativa.

Em vez de simplesmente executar procedimentos, os estudantes são convidados a responder questões como:

- Por que determinados materiais apresentam fluorescência?
- Todos os elementos emitem a mesma cor no teste de chama?
- Como o Modelo Atômico de Bohr explica esses fenômenos?

Essas perguntas orientam a investigação e estimulam a construção de explicações fundamentadas em evidências.

Embora apresente inúmeras vantagens, a experimentação investigativa também pode enfrentar alguns desafios no contexto escolar.

Entre eles destacam-se:

- tempo reduzido das aulas;
- limitações de infraestrutura;
- escassez de materiais;
- insegurança inicial dos estudantes diante de atividades abertas;
- necessidade de planejamento mais detalhado por parte do professor.

Entretanto, pesquisas mostram que esses desafios podem ser superados com experimentos de baixo custo, organização prévia das atividades e mediação adequada.

- O que diferencia um experimento investigativo de um experimento demonstrativo?
- Como o professor pode estimular a argumentação científica?
- De que forma o erro pode contribuir para a aprendizagem?
- Quais habilidades são desenvolvidas durante uma investigação?
- Como adaptar atividades investigativas para escolas com poucos recursos?

Considerações

A experimentação investigativa configura-se como uma abordagem pedagógica essencial para promover uma aprendizagem mais significativa no ensino de Química, ao aproximar os conceitos científicos da realidade dos estudantes. Ao atuar como mediador, o professor favorece a participação ativa da turma na observação, formulação de hipóteses, realização de experimentos, interpretação de evidências e construção de explicações fundamentadas. Nesse contexto, atividades experimentais relacionadas ao modelo atômico de Bohr, às transições eletrônicas e aos fenômenos de emissão e absorção de energia contribuem para a compreensão de conceitos abstratos, estimulando o desenvolvimento do pensamento científico, da argumentação e da autonomia intelectual. Dessa forma, o laboratório escolar torna-se um espaço de investigação, colaboração e construção do conhecimento, fortalecendo a alfabetização científica e o protagonismo dos estudantes.

REFERÊNCIAS

- ASIMOV, Isaac. **The World of Carbon**. New York: Abelard-Schuman, 1958.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BROWN, T. L. et al. **Química: a ciência central**. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; ALVES, J. P.; **Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica**. Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.8, n.1, p.101-129, 2015.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. 8. ed. Ijuí: Unijuí, 2018.
- OPENAI. Imagem ilustrativa do **Modelo Atômico de Bohr gerada por** inteligência artificial (ChatGPT). 2026. Disponível em: <https://chatgpt.com>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- GRACETTO, Augusto César. *et al.* **Combustão, chamas e testes de chama para cátions: proposta de experimento**, Química Nova na Escola, São Paulo, n. 23, 2006.
- SÃO PAULO. Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. **Material de apoio ao currículo do Estado de São Paulo: caderno do professor**. ("Concepções de linguagem e ensino nos Cadernos do Professor do Estado de ...") São Paulo: SE, 2014.
- MACHADO, P.F.L.; MÓL, G.S. **Experimentando química com segurança**. Revista Química Nova na Escola, v. 27, fev. 2008.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. **A proposta dos três níveis do conhecimento químico no ensino de Química**. Química Nova na Escola, n. 12, 2000.
- OLIVEIRA, D. G. D. B.; GABRIEL, S. S.; MARTINS, G. S. V. M; **A experimentação investigativa: utilizando materiais alternativos como ferramenta de ensino aprendizagem de química**. Revista de Pesquisa Inter componente Curricular, Cajazeiras, n. 2, p. 238-247, set. de 2017.
- REIS, MARTHA. **Química**. Vol.1. 1.ed, São Paulo: editora ática, 2017.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. **Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica**. Pesquisa em Ensino de Ciências, v. 14, n. 2, p. 115-128, 2011.
- SASSERON, L. H. **Fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de ciências: a sala de aula**. São Paulo: USP/Univesp, 2015. p. 116-124. Disponível em: <www.midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_12.pdf>. Acesso em: 19/10/2025.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. esp., p. 49-67, 2015.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA e, M. B. **O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais**. Tópicos Educacionais, v. 23, n. 1, p. 727, 2017.

SOUZA, F. L., AKAHOSHI, L.H., MARCONDES, M. E. R. E CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. Brasília: Centro Paula Souza, 2013.

SUART, R.C.; MARCONDES, M.E.R. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química**. Revista Ciências e Cognição, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.