

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO MODELO ATÔMICO DE BÖHR NO ENSINO MÉDIO

A PROPOSAL FOR TEACHING THE BÖHR ATOMIC MODEL IN HIGH SCHOOL
UNA PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DEL MODELO ATÓMICO DE BÖHR EN LA ESCUELA SECUNDARIA

João Pedro Santana Santos¹
Felipe Alexandre Medeiros de Freitas²

RESUMO: O modelo atômico de Bohr, proposto por Niels Bohr em 1913, descreve o átomo como um núcleo central positivo, composto por prótons e nêutrons, cercado por elétrons que se movem em órbitas discretas ao redor do núcleo. As órbitas são quantizadas, o que significa que os elétrons só podem estar em determinados níveis de energia específicos. Os simuladores permitem visualizar e explorar o modelo de Bohr de forma interativa. Eles geralmente apresentam representações gráficas dos átomos, permitindo ajustar os níveis de energia e observar como os elétrons se movem entre eles. Além disso, podem ser usados para simular a emissão e absorção de energia pelos elétrons, ajudando a compreender os espectros de emissão e absorção. Esses simuladores oferecem uma maneira prática e visualmente atrativa de explorar o modelo atômico de Bohr, permitindo aos estudantes entender melhor os conceitos fundamentais da estrutura atômica. Eles podem ser usados como ferramentas educacionais complementares em aulas de física, auxiliando na compreensão do comportamento dos elétrons e das propriedades dos elementos químicos.

2610

Palavras-chave: Modelo atômico de bohr. Simuladores. Estrutura atômica. Órbitas. Energia Quantizada. transições de energia.

ABSTRACT: The Bohr atomic model, proposed by Niels Bohr in 1913, describes the atom as a central positive nucleus, composed of protons and neutrons, surrounded by electrons that move in discrete orbits around the nucleus. The orbits are quantized, which means that the electrons can only be at certain specific energy levels. The simulators allow you to interactively visualize and explore the Bohr model. They usually feature graphical representations of atoms, allowing you to adjust energy levels and observe how electrons move between them. Furthermore, they can be used to simulate the emission and absorption of energy by electrons, helping to understand the emission and absorption spectra. These simulators offer a practical and visually appealing way to explore Bohr's atomic model, allowing students to better understand the fundamental concepts of atomic structure. They can be used as complementary educational tools in physics classes, helping to understand the behavior of electrons and the properties of chemical elements.

Keywords: Bohr atomic model. Simulators. Atomic structure. Orbits. Quantized energy. Energy transitions.

¹Graduando em licenciatura em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologias Alagoas. IFAL.

²Mestre em Ensino de Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, IFAL.

RESUMEN: El modelo atómico de Bohr, propuesto por Niels Bohr en 1913, describe el átomo como un núcleo central positivo, compuesto por protones y neutrones, rodeado de electrones que se mueven en órbitas discretas alrededor del núcleo. Las órbitas están cuantificadas, lo que significa que los electrones solo pueden estar en ciertos niveles de energía específicos. Los simuladores le permiten visualizar y explorar de forma interactiva el modelo de Bohr. Por lo general, presentan representaciones gráficas de átomos, lo que le permite ajustar los niveles de energía y observar cómo se mueven los electrones entre ellos. Además, se pueden utilizar para simular la emisión y absorción de energía por parte de los electrones, lo que ayuda a comprender los espectros de emisión y absorción. Estos simuladores ofrecen una forma práctica y visualmente atractiva de explorar el modelo atómico de Bohr, lo que permite a los estudiantes comprender mejor los conceptos fundamentales de la estructura atómica. Se pueden utilizar como herramientas educativas complementarias en las clases de física, ayudando a comprender el comportamiento de los electrones y las propiedades de los elementos químicos.

Palabras clave: Modelo atómico de bohr. Simuladores. Estructura atómica. Órbitas. Energía cuantizada. Transiciones energéticas.

INTRODUÇÃO

Modelos são representações simplificadas da realidade que permitem entender e prever o comportamento de um dado fenômeno ou sistema. São ferramentas amplamente utilizadas em diversas áreas, como ciências naturais, engenharia, economia, psicologia e ciências sociais, entre outras. Um modelo pode ser matemático, físico, estatístico ou computacional, dependendo do contexto em que é aplicado. Conforme esclarece Bunge (1974),

O modelo adquiriu então essa função de representação da realidade e independente da sua estrutura ser concreta ou abstrata, tangível ou intangível, visualizável ou inteligível, icônica e simbólica, o que realmente o define como um bom ou mau modelo dependerá da sua estrutura teórica, ou melhor, do modelo teórico que lhe dá suporte.

Fahl (2003) realizou um estudo sobre os modelos de educação presentes no ensino escolar de Ciências e observou que cinco modelos exerceram grande influência nas práticas pedagógicas dos professores. Modelo tradicional, modelo da redescoberta, modelo tecnicista, modelo construtivista e modelo ciência-tecnologia sociedade (CTS). O modelo em pauta se encaixa no de ciência-tecnologia sociedade (CTS), onde os modelos atômicos são representações simplificadas da estrutura interna dos átomos. Esses modelos foram criados ao longo dos séculos por diversos cientistas, como J.J. Thomson, Ernest Rutherford, Niels Böhr, Sommerfeld, entre outros, e têm sido aprimorados continuamente com novas descobertas em física nuclear e quântica.

O modelo atômico de Böhr é o modelo mais “sofisticado” utilizado atualmente no Ensino Médio, este é baseado na quantização de energia e no princípio da incerteza, que

descreve o comportamento dos elétrons em uma nuvem de probabilidade em torno do núcleo, esse modelo foi proposto pelo físico e filósofo dinamarquês Niels Henrik David Böhrr em 1913, para explicar a estrutura do átomo de hidrogênio, hidrogenóides e de outros átomos simples. A teoria de Böhrr apresentou um avanço significativo em relação aos modelos anteriores, que não conseguiam explicar fenômenos observados na física atômica, postulando que os elétrons movem-se em órbitas circulares e cada órbita apresenta uma energia bem definida e constante (nível de energia) para cada elétron de um átomo. Essas camadas eletrônicas ou níveis de energia passam a ser representadas pelas letras K, L, M, N, P e Q, respectivamente, no sentido da camada mais próxima do núcleo para a mais externa. Embora tenha sido um marco importante no desenvolvimento da física atômica e ajudou a estabelecer a ideia de que a natureza da matéria é quantizada, não foi capaz de explicar os átomos mais complexos, mesmo sendo amplamente utilizado na física moderna como uma ferramenta para a compreensão da estrutura atômica.

A abordagem pode enfrentar alguns desafios e problemas, que são justificados pelas características do próprio modelo e pelo contexto do ensino de ciências. Alguns problemas possíveis e justificativas incluem: i) Compreensão avançada: o modelo atômico de Böhrr envolve conceitos avançados de física, matemática e química, que podem ser difíceis de entender para alguns alunos. Ajustes nas atividades e na linguagem utilizada pelos professores podem ser necessários para permitir um melhor entendimento. ii) Falta de conexão com a realidade cotidiana: os alunos podem ter dificuldade de ver a relevância do modelo atômico de Böhrr em suas vidas diárias, podendo questionar a importância de estudá-lo. É importante contextualizar os aspectos cotidianos que envolvem a compreensão do modelo atômico em questão. iii) Limitações do modelo de Böhrr: é um modelo simplificado e pode não abordar completamente a complexidade da estrutura atômica. É importante mostrar aos alunos que a ciência está em constante evolução e que nenhum modelo é perfeitamente exato. iv) Ensino defasado: O modelo de Böhrr foi desenvolvido há quase um século, exigindo que os professores atualizem as informações sobre os estudos mais recentes realizados na área para que os alunos não considerem a ciência como uma disciplina estática e limitada.

É de grande importância mostrar aos alunos uma compreensão geral sobre a estrutura básica do átomo bem como sua histórica evolutiva que se configura na longa história de descobertas, permitindo assim diferenciar e observar os avanços da ciência, e como a ciência

contribui para a compreensão do mundo em que vivemos. Além disso, é fundamental que os alunos aprendam a pensar de forma crítica e analítica, com a capacidade de entender os limites da ciência e os modelos que os cientistas utilizam para explicar a natureza das coisas.

Por meio desta sequência didática, os alunos terão a oportunidade de compreender a história da ciência, compreender de uma forma clara e didática o modelo atômico de Böhr, aprender habilidades práticas, além de desenvolver seu pensamento crítico e capacidade analítica, entre outras competências.

O presente trabalho propõe uma sequência didática para o ensino do modelo atômico de Böhr, com a utilização do software dos PHET e VASCAK como ferramenta facilitadora no processo de ensino e aprendizagem.

2.BASE TEÓRICA

2.1 Ensino por Modelos

O ensino por modelos é uma abordagem de ensino que se baseia no uso de exemplos práticos e realistas para ensinar conceitos abstratos e complexos. Utilizando modelos, representações visuais ou simulações, os alunos são capazes de entender melhor como um determinado processo funciona. Na perspectiva cognitiva da filosofia das Ciências, a Ciência é uma atividade transformadora do mundo, capaz de lhe dar sentido por meio dos modelos (Giere, 1992).

Essa abordagem é especialmente útil em áreas como ciências, matemática e engenharia, onde conceitos e fenômenos complexos são difíceis de serem compreendidos apenas através de explicações verbais ou teóricas.

Numa perspectiva construtivista, uma proposta seria ensinar aos estudantes por explicação e contrastação de modelos (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 1998). Ao aprender por modelos, os alunos podem visualizar e experimentar como as coisas funcionam na vida real, o que pode tornar o aprendizado mais interessante e engajador. Além disso, a utilização de modelos pode ajudar a fortalecer a memória do aluno e permitir que ele desenvolva raciocínios mais sistemáticos e críticos.

Castro (1992) assinala a necessidade de se estabelecer critérios para avaliar tais modelos e identificar o mais adequado. O ensino por modelos é uma abordagem eficaz para ajudar os alunos a compreender conceitos complexos, aumentar a sua motivação para

aprender e melhorar a sua capacidade de aplicar o conhecimento em situações práticas. Apresenta características que foram divididas em 8 pontos: i) Simplicidade: o ensino por modelos é uma abordagem simples e intuitiva, onde o objetivo é ensinar ao aluno através de exemplos práticos e realistas. ii) Visualização: o uso de modelos permite que o aluno visualize e compreenda conceitos abstratos e complexos de uma maneira mais fácil e clara. iii) Compreensão: o ensino por modelos permite que o aluno compreenda melhor como um determinado processo funciona, o que ajuda a construir uma base sólida de conhecimento. iv) Flexibilidade: os modelos podem ser adaptados para atender às necessidades de diferentes alunos e níveis de aprendizado. v) Motivação: o uso de modelos e exemplos práticos pode motivar o aluno a participar ativamente do processo de aprendizagem. vi) Memória: o ensino por modelos ajuda a consolidar a memória do aluno, o que pode aumentar a eficácia do aprendizado. vii) Interdisciplinaridade: o uso de modelos pode conectar diferentes áreas do conhecimento, o que pode levar a uma compreensão mais ampla e integrada do mundo. viii) Aplicabilidade: o ensino por modelos pode ajudar o aluno a entender a relevância prática do conhecimento que está sendo transmitido, o que pode motivar o aluno a aprender mais.

2.2 Uso de Simuladores no ensino de Física

2614

O uso de simuladores no ensino de física é uma estratégia cada vez mais utilizada por professores e educadores de todo o mundo. Esses simuladores podem ser tanto em formato de software ou aplicativos que podem ser utilizados em dispositivos eletrônicos, quanto simulações construídas em realidade virtual.

De acordo com Freire (2001), a informática na educação significa a integração do computador nos processos de ensino e aprendizagem dos conteúdos que fazem parte do currículo de todos os níveis e modalidades de educação.

Os simuladores permitem aos alunos explorarem conceitos e princípios da física, como leis de Newton, mecânica quântica, eletricidade e magnetismo, termodinâmica, entre outros, de forma visual e prática. Eles podem criar cenários e situações impossíveis ou perigosas para serem testadas na vida real, explorando novas opções sem correr riscos.

Dessa forma, o uso de simuladores no ensino de física pode facilitar a compreensão de conceitos abstratos, além de promover a aprendizagem em uma plataforma dinâmica e diversificada. Além disso, o estudante pode realizar simulações quantas vezes forem necessárias, ampliando o conhecimento e aprofundando a compreensão sobre o assunto.

Uma das vantagens mais significativas do uso de simuladores é a possibilidade de experimentação em diversos níveis de dificuldade, desde níveis básicos até avançados. Isso permite que o estudante possa aprender no seu próprio ritmo e que a avaliação do aprendizado seja feita de forma mais abrangente.

Para Machado et al. (2011), a ferramenta computacional é uma das possibilidades de trabalho em sala de aula, ocupando, inclusive, papel de destaque nas orientações expressas nos Parâmetros Curriculares Nacionais.

O uso de simuladores no ensino de física é uma ferramenta eficaz para tornar o aprendizado mais dinâmico e interativo, facilitando a compreensão e promovendo a experimentação em diversos níveis de aprendizado. Algumas das principais características do uso de simuladores no ensino de física são: i) Interatividade: os simuladores oferecem aos alunos uma experiência prática e imersiva, permitindo que eles possam explorar e testar hipóteses em um ambiente de experimentação controlado e interativo. ii) Análise e interpretação de dados: os simuladores permitem que os alunos analisem os dados gerados durante as simulações, podendo comparar com os resultados teóricos e fazer ajustes ou correções caso necessário. iii) Flexibilidade: os simuladores oferecem um ambiente de experimentação flexível e adaptável, permitindo que os alunos possam experimentar com diferentes variáveis e condições sem as limitações apresentadas pelos experimentos presenciais. iv) Acessibilidade: os simuladores de física podem ser acessados online, o que torna a aprendizagem mais acessível para alunos que não têm acesso a centros de ciência ou laboratórios de física. v) Segurança: os simuladores oferecem um ambiente de experimentação seguro e livre de riscos, permitindo que os alunos experimentem conceitos teóricos sem a preocupação com acidentes ou danos. vi) Autonomia: os simuladores permitem que os alunos possam experimentar e aprender de forma autônoma, podendo explorar conceitos e teorias de forma independente.

Simuladores que serão utilizados na proposta em pauta, 1- O PhET oferece simulações de ciência e matemática divertidas, gratuitas, interativas e baseadas em pesquisa. Garante extensivamente que cada simulação apresente eficácia educacional. As simulações são escritas em HTML5 (com algumas simulações ligadas em Java ou Flash), e podem ser executadas online ou baixadas para o seu computador. Todas as simulações são de código aberto. 2- O Vascak, oferece simulações de física, as simulações são escritas em HTML5, são

executadas online, pode criar vídeos e capturas de tela das simulações e utilizá-las, sempre que necessário.

2.3 Modelo Atômico de Böhr e Espectros Atômicos

O modelo atômico de Böhr é um tema importante no campo da química e da física, pois ajudou a explicar a estrutura dos átomos e as interações entre seus elétrons. Além disso, o estudo dos espectros atômicos é fundamental para a compreensão da emissão e absorção de luz pelos átomos.

Existem várias formas de ensinar o modelo atômico de Böhr e os espectros atômicos no ensino médio e superior, incluindo trabalhos teóricos e experimentais. Alguns exemplos de trabalhos nessa área incluem:

i) Modelagem matemática do modelo atômico de Böhr: este trabalho consiste em modelar matematicamente o modelo atômico de Böhr para explicar o espectro de cores da luz emitida pelos átomos. Esse tipo de trabalho envolve cálculos complexos, como a equação de Balmer, que relaciona os comprimentos de onda observados nos espectros de hidrogênio com o número quântico principal.

ii) Experimentos com espectroscopia: este tipo de trabalho envolve o uso de espectroscópios para analisar a luz emitida por diferentes átomos. Os alunos podem realizar experimentos para medir os comprimentos de onda e as frequências das diferentes linhas espectrais e, em seguida, usar essas informações para determinar as energias dos níveis eletrônicos dos átomos.

iii) Animações e simulações computacionais: estão disponíveis muitos softwares e simulações que permitem aos alunos explorar e visualizar os diferentes aspectos do modelo atômico de Böhr e dos espectros atômicos. Estas simulações podem ser usadas por professores e alunos para ilustrar o movimento dos elétrons nas camadas atômicas, a emissão e absorção de energia e as linhas espectrais observadas em diferentes tipos de átomos.

iv) Atividades práticas: os alunos podem realizar atividades práticas para explorar diferentes conceitos relacionados ao modelo de Böhr e aos espectros atômicos. Por exemplo, os alunos poderiam construir modelos de átomos usando materiais como argila ou madeira e, em seguida, usar lâmpadas de luz para iluminar seus modelos e observar as diferentes cores emitidas.

Esses são apenas alguns exemplos de trabalhos que se propõem a ensinar o modelo atômico de Böhr e os espectros atômicos. A variedade de métodos disponíveis significa que os educadores têm muitas opções para escolher a metodologia que melhor se adapte às necessidades e ao perfil de seus alunos.

3.METODOLOGIA

A pesquisa é uma ação produzida por uma pessoa e ou um grupo a fim de investigar ou inteirar-se sobre algo. Para Gil (2008) através da pesquisa é possível descobrir respostas para problemas com a ajuda da aplicação de procedimentos científicos.

Produto Didático

O produto educacional proposto é uma sequência didática de 4 horas aulas, que será elaborada a partir da utilização de simuladores para explicar o átomo de böhr para alunos do ensino médio. Tem como objetivo principal a busca do ensino-aprendizagem tracejado em interpelações fora do comum. Segundo Pais (2002) uma sequência didática é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática.

2617

A sequência didática busca trazer essa abordagem por meio de simuladores por conta que o fenômeno a ser apresentado é impossível ser visualizado a olho nu, pois apresenta detalhes minuciosos e partículas em ordens de grandezas físicas muito pequenas. BARBOSA (2002) afirma que a sequência didática consiste em uma série de atividades que criam um ambiente de modelagem matemática, portanto, segundo o autor as sequências didáticas apresentam um planejamento prévio e necessita que as atividades estejam ligadas para que ao fim consiga chegar no objetivo principal.

De acordo com Giordan et al. (2011) a estrutura de construção da sequência didática deve seguir os seguintes passos: a) apresentação da situação, definição e formulação da tarefa; b) produção inicial, estabelece o primeiro contato entre o aluno e o gênero textual proposto; c) módulos de atividade, atividades preparadas pelo professor de observação e análise; d) produção final, destinado à prática de elaboração textual.

Na primeira etapa do procedimento metodológico será elaborada uma atividade de avaliação prévia. Esta atividade possuirá questões voltadas para assuntos que servirão como base para a construção do conhecimento durante a aplicação do produto educacional,

segunda etapa produto educacional proposto é uma sequência didática de 4 horas aulas, que será elaborada a partir do modelo atômico de Bôhr e suas aplicações com uso de softwares e simuladores. Tem como objetivo principal a busca do ensino-aprendizagem tracejado em interpelações fora do comum.

4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

DISCIPLINA: FÍSICA

TURMA/SÉRIE: ENSINO MÉDIO

TEMA: O ÁTOMO DE BÖHR

OBJETIVO

Objetiva-se principalmente proporcionar aos alunos uma compreensão aprofundada sobre a estrutura básica do átomo e como os elétrons se movem ao redor do núcleo em níveis de energia definidos com a utilização de software facilitando assim no desenvolvimento das aulas mostrando o que só podemos enxergar microscopicamente.

CONTEÚDOS TRABALHADOS

Aplicar atividade de conhecimentos prévios.

i)Apresentar o modelo de Bôhr em sala de aula, explicando seus princípios básicos e como ele difere dos modelos anteriores. ii)Discutir os experimentos e observações que levaram a Bôhr a desenvolver seu modelo, como a lei de Planck, o efeito fotoelétrico e a emissão de radiação eletromagnética. iii)Desenvolver atividades práticas que auxiliam na compreensão do modelo, como montar modelos de átomos usando materiais diversos. iv)Aplicar exercícios e avaliações para verificar o nível de compreensão dos alunos e ajudá-los a fixar o conteúdo.

TEMPO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4 horas aulas

MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Notebook;
- Quadro branco;

- Projetor multimídia (data show);
- Pincel para quadro branco;
- Apagador para quadro branco;
- Windows 10;
- MS Power Point.
- Simulações Vascak
- Simulações PhET

AULA 1

ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Os alunos serão organizados em fileiras e individuais.

INTRODUÇÃO

Inicialmente aplicar atividade de conhecimentos prévios.

Introdução a parte histórica dos modelos atômicos.

DESENVOLVIMENTO

2619

i) Nesta etapa serão apresentados os conceitos de átomo e elétron, bem como os modelos existentes até a criação do modelo de Böhr com o uso do simulador do PhET. O objetivo é gerar um debate sobre as limitações desses modelos e estabelecer a necessidade de um modelo mais preciso. ii) Experiência do tubo de descarga: A próxima etapa envolve a realização de uma experiência prática, na qual os alunos observarão características como a emissão de luz e a formação de espectros, que serão fundamentais para a compreensão do modelo de Böhr através dos simuladores.

CONCLUSÃO

Para finalizar, mostrar nos slides o experimento dos diferentes tipos de sais quando reagem com uma chama, essa chama apresenta colorações diferentes para cada elemento.

AValiação

Participação dos alunos em sala de aula e perguntas realizadas durante toda a aula sobre o tema abordado.

AULA 2

ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Os alunos serão organizados em fileiras e individuais, e no fim em grupos para construção do experimento.

INTRODUÇÃO

iii) Modelo atômico de Böhr: Nesta etapa são explicados os fundamentos do modelo atômico de Böhr, incluindo sua estrutura, como funcionam os níveis de energia e como ocorrem as transições entre eles, utilizando o simulador do Vascak. É importante ressaltar as contribuições de Böhr e como seu modelo resolveu as limitações dos modelos anteriores.

DESENVOLVIMENTO

iv) Nesta etapa, os alunos realizam exercícios práticos com base no modelo de Böhr, resolvendo problemas envolvendo transições de elétrons, absorção e emissão de luz, dentre outros.

CONCLUSÃO

2620

v) Discussão: Na última etapa, os alunos participam de uma discussão coletiva sobre o modelo de Böhr, suas implicações e aplicações. Nesse momento, é importante retomar as reflexões iniciais para avaliar se as lacunas foram preenchidas e se o objetivo de aprendizado foi alcançado.

AVALIAÇÃO

Participação dos alunos em sala de aula e perguntas realizadas durante toda a aula sobre o tema abordado.

FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Construção do modelo atômico de Böhr com a utilização de materiais de baixo custo como método avaliativo.

Ao longo de toda a sequência, é importante utilizar recursos visuais, como ilustrações e gráficos, além de exemplos que facilitem a compreensão dos conceitos. O papel do professor é fundamental para orientar as discussões e esclarecer as dúvidas dos alunos.

REFERÊNCIAS

Átomo de Bohr (vascak.cz)

Bohr, N.; Phil. Mag. 1913

Bohr, N; **Sobre a Constituição de Átomos e Moléculas, Textos Fundamentais da Física Moderna**, 2ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1979. No original inglês, não consta o subtítulo da primeira parte, dado na versão portuguesa aqui citada.

CABRAL, F. & LAGO, A., **Física 3**. Editora Harbra , São Paulo, 2002.

GASPAR, A. **Física 3**. Editora Ática. São Paulo, 2001.

Modelos atômicos (vascak.cz)

Monte um Átomo (colorado.edu)

Pais, A.; **Niels Bohr's Times, in Physics, Philosophy and Polity**, Clarendon Press: Oxford, 1991,

R. Eisberg e R. Resnick, **Física Quântica**, 8a. edição, Editora Campus.

RESULTADOS ESPERADOS

2621

Espera-se como resultados da sequência didática do modelo atômico de Bohr com a utilização de simuladores, a compreensão aprofundada do modelo atômico de Bohr, ao visualizar e interagir com o simulador que representa as órbitas eletrônicas, habilidade em manipular variáveis como energia, raio e número quântico para observar os efeitos nas órbitas e nos níveis de energia dos elétrons, capacidade de prever e explicar as transições eletrônicas que ocorrem dentro do modelo de Bohr, com base nas mudanças de energia, familiaridade com as linhas espectrais do hidrogênio e a capacidade de relacioná-las às transições eletrônicas observadas no simulador, aplicação dos conceitos aprendidos para resolver problemas práticos, como calcular a energia de um elétron em uma órbita específica, compreensão das limitações do modelo de Bohr, ao observar as discrepâncias entre os resultados simulados e os dados experimentais mais precisos. A utilização de simuladores pode proporcionar uma experiência mais imersiva e interativa, permitindo que os alunos explorem conceitos complexos de forma prática e visual. Isso deve fortalecer a compreensão do modelo atômico de Bohr e aumentar a capacidade dos alunos de aplicar esse conhecimento em contextos reais.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Ruy Madsen. **Descobrimo a geometria fractal: para a sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.
- CASTRO, E. A. **El empleo de modelos en la enseñanza de la química**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.10, n.1, p. 73-79, 1992.
- Fahl, D. D. (2003). **Modelos de Educação Escolar em Ciências**. In **Marcas do ensino escolar de Ciências presentes em Museus e Centros de Ciências**. 2003. Dissertação (Mestrado em Educação) -Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FREIRE, F. M. P.; VALENTE, A. J. **Aprendendo para a vida: os computadores na sala de aula**. São Paulo: Cortez, 2001.
- GIERE, R. **La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo**. Mexico: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GIORDAN, Marcelo; GUIMARÃES, Yara AF; MASSI, Luciana. **Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências**. Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 5, 2011.
- MACHADO, R. M. et al. **Exploração e análise de softwares educacionais de domínio público no ensino de matemática**. Disponível em: <http://ensino.univates.br/~chaet/Materiais/softwares_publicos.pdf> . Acesso em: 4 julho. 2023.
- M. Bunge, **Teoria e Realidade** (Editora Perspectiva, São Paulo, 1974).
- PAIS, LUIZ Carlos. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.
- POZO, J. I.; GÓMEZ-CRESPO, M. A. **Aprender y enseñar ciencias**. Madrid: Morata, 1998.