

Ensino de Física Moderna no Ensino Médio: uma proposta didática para o estudo da evolução do modelo atômico

Teaching modern physics in high school: a didactic proposal for the study of the evolution of the atomic model

Enseñanza de la física moderna en la escuela secundaria: una propuesta didáctica para el estudio de la evolución del modelo atómico

Ana Suellen Gomes da Silva (anasuellenff7@gmail.com)
Universidade Federal do Paraná – UFPR, Brasil.

Hercília Alves Pereira de Carvalho (hercilia@ufpr.br)
Universidade Federal do Paraná – UFPR, Brasil.

Gisele Strieder Philippsen (gistrieder@ufpr.br)
Universidade Federal do Paraná – UFPR, Brasil.

Resumo: Este trabalho apresenta uma proposta de ensino sobre o tema Evolução do Modelo Atômico. A proposta surgiu devido às dificuldades em se trabalhar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, dentre as quais cita-se a falta de materiais didáticos adequados, o pouco tempo para explorar o conteúdo nas aulas regulares e a fragilidade quanto à formação matemática dos estudantes. Diante desta conjuntura, propõe-se uma sequência didática embasada na teoria da Aprendizagem Significativa, com o total de oito aulas. A sequência percorre a linha do tempo relacionada às primeiras concepções acerca da constituição da matéria e à evolução do modelo atômico, utilizando recursos computacionais (simuladores, animações e vídeos), a construção de estruturas representativas dos modelos atômicos e também um experimento (teste de chama). Recursos didáticos como estes, com grande potencial significativo para o entendimento de conceitos mais abstratos, são de grande valia no estudo dos conceitos relativos à evolução do modelo atômico.

Palavras-chave: ensino de física moderna e contemporânea; modelo atômico; aprendizagem significativa; ensino médio.

Abstract: This paper presents a teaching proposal of the Atomic Model Evolution. The proposal arose from the difficulties in detailing Modern and Contemporary Physics in High School, among which are the lack of adequate teaching materials, the short time to explore this issue in regular classes, and the insufficient mathematical background of students. Considering this conjuncture, a didactic sequence based on the theory of Meaningful Learning was proposed, performing eight classes. The didactic sequence runs through the timeline related to the evolution of the atomic model, using computational resources (simulators, animations, and videos), the construction of representative structures of atomic models, and also an experiment (flame test). Didactic resources like these, with great significant potential for understanding abstract concepts, are of great value in the study of concepts related to the evolution of the atomic model.

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

Keywords: teaching of modern and contemporary physics; atomic model; meaningful learning; high school.

Resumen: Este trabajo presenta una propuesta didáctica sobre el tema Evolución del Modelo Atómico. La propuesta surgió debido a las dificultades para trabajar con Física Moderna y Contemporánea en la Enseñanza Media, entre las que mencionamos la falta de materiales didácticos adecuados, el poco tiempo para explorar este tema en las clases regulares y la fragilidad en cuanto a la formación matemática de los estudiantes. Ante esta situación, se propone una secuencia didáctica basada en la teoría del Aprendizaje Significativo, con un total de ocho clases. La secuencia recorre la línea de tiempo relacionada con las primeras concepciones sobre la constitución de la materia y la evolución del modelo atómico, utilizando recursos computacionales (simuladores, animaciones y videos), la construcción de estructuras representativas de modelos atómicos y también un experimento (prueba de llama). Recursos didácticos como estos, con un gran potencial significativo para la comprensión de conceptos más abstractos, son de gran valor en el estudio de conceptos relacionados con la evolución del modelo atómico.

Palabras-clave: enseñanza de la física moderna y contemporánea; modelo atómico; aprendizaje significativo; escuela secundaria.

INTRODUÇÃO

A inserção de temas relativos à Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio é de grande relevância. Na Conferência Internacional sobre Ensino de Física realizada em 1969, Eric Rogers, em sua fala na palestra de abertura, indicou a necessidade do ensino de conceitos contemporâneos da Física para a formação científica da população em geral (MEDEIROS, 2007). Levantou o seguinte questionamento: “A questão é: nós vamos ficar tão para trás – por meio século ou mesmo por um século, no ano 2000?” (MEDEIROS, 2007, p.42).

No Brasil os Parâmetros Curriculares Nacionais de Física (PCNs) estabelecem os seguintes tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio: matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática (BRASIL, 2002). Este documento aponta ainda a relevância em se trabalhar esses conceitos:

Introduzir esses assuntos no ensino médio significa promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática (BRASIL, 2002, p.28).

Apesar da relevância do ensino de conceitos da FMC no Ensino Médio e das diretrizes

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

estabelecidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, o ensino destes conceitos é deveras negligenciado nesta etapa de formação dos estudantes. Segundo Siqueira (2012), a dificuldade em se ensinar FMC no Ensino Médio deve-se a fatores como a dificuldade apresentada pelos alunos em relação ao formalismo matemático, a falta de materiais didáticos específicos adequados ao conteúdo e a formação fragilizada dos professores nesta área.

Diante desta conjuntura, este trabalho tem como objetivo apresentar uma sequência didática para o ensino de conceitos relacionados à evolução do modelo atômico, voltada a estudantes do terceiro ano do Ensino Médio. A sequência foi edificada tendo como referencial teórico a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e utiliza, como objetos didáticos, recursos computacionais e a construção de estruturas representativas dos modelos atômicos. Os objetivos específicos visam apresentar as principais contribuições que promoveram o desenvolvimento do modelo atômico, em uma linha do tempo, contemplando as primeiras ideias acerca do átomo, o modelo atômico de Dalton, a descoberta do elétron realizada por J. J. Thomson que o conduziu à proposição do modelo atômico de Thomson, a descoberta do núcleo atômico realizada por Rutherford que o conduziu ao modelo atômico de Rutherford, o modelo atômico de Bohr e as contribuições propostas por de Broglie, Schroedinger e Born para a concepção do modelo atômico contemporâneo.

Por meio desta abordagem, espera-se valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre a unidade básica constituinte da matéria, o átomo, contribuindo assim para o entendimento da realidade do mundo físico por parte dos alunos. Como efeito, espera-se contribuir também para a formação crítica dos estudantes, favorecendo a consolidação de uma sociedade justa e inclusiva.

REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DA ABORDAGEM DIDÁTICA

Teoria da Aprendizagem Significativa

Este trabalho considera a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Paul Ausubel, como referencial teórico no contexto do processo ensino-aprendizagem. A aprendizagem se torna significativa quando a nova informação adquire significado para o indivíduo devido à ancoragem com o conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, o qual recebe o nome de subsunçor (MOREIRA, 2012). Segundo Moreira,

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1918-2008) chamava de subsunçor ou ideia-âncora (MOREIRA, 2012, p.30).

À medida que o aprendiz vai adquirindo novos conhecimentos, é possível que os subsunçores pré-existentes em sua estrutura cognitiva sejam modificados, ampliando seus significados, o que acaba por desencadear um processo dinâmico (MOREIRA, 2012; BORSEKOWSKY *et al.*, 2021).

Para promover a Aprendizagem Significativa, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apontam a relevância dos organizadores prévios, materiais relevantes e introdutórios que são apresentados antes mesmo do próprio material de aprendizagem e servem como ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa aprender (AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN, 1980; MOREIRA, 2008). Dias *et al.* (2004) indicam que a História da Física pode atuar como organizador prévio pelo fato de que a mesma relata os problemas que conduziram à formulação de uma teoria, fornecendo assim subsídios para o estabelecimento de relações entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio já estabelecido na estrutura cognitiva do estudante. Esta proposição foi considerada neste trabalho, uma vez que fatos históricos relativos a descobertas que foram modificando o entendimento acerca do átomo são abordados, em ordem cronológica, oportunizando o entendimento da evolução do modelo atômico de forma significativa.

Moreira (2012) aponta duas condições como sendo essenciais para a Aprendizagem Significativa. A primeira refere-se ao fato de que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, os objetos didáticos a serem utilizados, a exemplo de recursos computacionais, experimentos e livros, devem apresentar significado lógico relacionável às ideias-âncora estabelecidas no cognitivo dos estudantes. A segunda condição remete à predisposição do aluno em aprender: “o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não arbitrária e não-literal, a seus conhecimentos prévios” (MOREIRA, 2012, p.36). Com base nestes apontamentos, objetos didáticos potencialmente significativos – a exemplo de simuladores computacionais e estruturas representativas dos modelos atômicos – foram conjugados com a linha do tempo da evolução do modelo atômico nesta proposta didática, buscando oportunizar a Aprendizagem Significativa sobre os modelos atômicos.

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

Recursos Computacionais no Ensino de Ciências

A consideração do uso de computadores no ensino de Ciências, como um importante recurso educacional, não é recente. Em uma revisão da literatura realizada em 2004, Araujo e Veit (2004) apontam a relevância de tecnologias computacionais no Ensino de Física, indicando que o uso das mesmas deve ser amparado por um referencial teórico sobre a aprendizagem. Pastorio e Sauerwein (2017), em uma revisão mais recente, identificaram aplicações de tecnologias computacionais no ensino de diversos conteúdos na área da Física, principalmente na cinemática.

Apesar do amplo espectro de aplicações no ensino, o uso de recursos computacionais ainda permanece escasso dentro das salas de aula (CHRISTIAN; ESQUEMBRE; BARBATO, 2011). Para alterar esse cenário, “É inegável que a escola precisa acompanhar a evolução tecnológica e tirar o máximo de proveito dos benefícios que esta é capaz de proporcionar” (BRASIL, 2002, p.88).

O uso dos simuladores computacionais objetiva facilitar o entendimento dos conceitos abordados, motivar os alunos ao estudo dos mesmos e tornar as aulas mais interessantes, possibilidade esta de extrema relevância em um cenário em que os alunos mostram-se desmotivados (EGUEZ; VELOSO, 2021). Esta desmotivação pode ser decorrente da forma tradicional na qual as aulas de Física são ministradas, em que os alunos se deparam com várias equações, utilizadas na resolução de diversos problemas muitas vezes descontextualizados do cotidiano (CASTOLDI; POLINARSKI, 2009). Nesta perspectiva, o uso de recursos computacionais tem o propósito de tornar as aulas mais dinâmicas e os alunos mais ativos e participativos em seu processo de aprendizagem.

O ensino de Física Contemporânea no Ensino Médio pode constituir um desafio ainda maior, por tratar de conceitos mais abstratos, intangíveis aos sentidos do aluno devido a sua natureza microscópica. Sendo assim, é de extrema importância o uso de recursos computacionais – como as animações e simulações – no ensino de FMC, uma vez que estas ferramentas permitem explorar a representação de estruturas microscópicas e fenômenos físicos associados às mesmas (PIETROCOLA; BROCKINGTON, 2003).

Segundo os autores Christian, Esquembre e Barbato (2011), alunos de todos os níveis do ensino podem ser beneficiados pelo uso de simulações computacionais interativas no momento da aula. Os autores ressaltam ainda que quando os alunos estudam conteúdos da

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

Física utilizando apenas imagens estáticas, podem ser levados a estruturar conceitos incorretos no seu cognitivo; em contrapartida, as simulações permitem a visualização de aspectos dinâmicos do sistema Físico sob estudo. Como apontam Araujo e Veit (2004, p. 9), “as simulações computacionais com objetivos pedagógicos dão suporte a atividades exploratórias caracterizadas pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos”.

Atualmente diversos simuladores computacionais podem ser encontrados de forma gratuita em sites de acesso livre (TRUNDLE & BELL, 2010). Como exemplo, cita-se o repositório PhET (Physics Education Technology), o qual deriva de um projeto sediado na Universidade do Colorado e disponibiliza simuladores de diversas áreas da ciência, com acesso livre (<https://phet.colorado.edu/pt_BR/>). Considerando o potencial dos recursos computacionais na área de ensino, simuladores computacionais disponíveis no repositório PhET são utilizados na sequência didática proposta neste trabalho.

ESTRUTURA DA ABORDAGEM DIDÁTICA

A abordagem didática proposta neste trabalho tem por finalidade promover a Aprendizagem Significativa sobre o tema evolução do modelo atômico, tendo como público alvo alunos do terceiro ano do Ensino Médio. No Quadro 1 são citadas as atividades elaboradas para um período de oito aulas, tempo este que pode ser adaptado pelo professor(a) aplicador(a) da proposta; na sequência do texto, detalha-se cada uma destas atividades.

Quadro 1 - Descrição sucinta das aulas/atividades da sequência didática.

Aulas	Atividades
Aula 1	Conversa inicial
	Verificação dos conhecimentos prévios
Aula 2	Começando a história (1)
	Vídeo (trecho do episódio 6 da série <i>Cosmos: A Spacetime Odyssey</i>)
	Registro em texto
Aula 3	Continuando a história (2)
	Animação - ‘descoberta do elétron’
	Continuando a história (3)
	Simulação (1) – ‘átomo bolo de passas’
	Simulação (2) – ‘espalhamento de Rutherford’

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

Aula 4	Construção de maquetes representativas dos modelos atômicos
Aula 5	Continuando a história (4)
	Simulação (3) – ‘sistema solar clássico’
	Atividade no simulador (4) – ‘Bohr’
Aula 6	Experimento ‘teste de chama’
	Continuando a história (5)
Aula 7	Simulação (5) – ‘de Broglie’
	Exercício proposto
	Simulação (6) - ‘Schrödinger’
Aula 8	Questionário final

Fonte: elaborado pelas autoras.

Primeira Aula

As atividades da primeira aula englobam uma conversa inicial e a verificação dos conhecimentos prévios. A conversa inicial é marcada por uma breve apresentação da estrutura da sequência didática e de algumas questões para a reflexão do tema a ser trabalhado. Dentre essas questões, cita-se como exemplos: “Você já parou para pensar do que as estrelas, o céu, a grama, as flores, as árvores, os animais e os móveis da sua casa são constituídos?”; “Agora olhe para a sua mão. Do que é feita a sua mão? O que compõe todas as partes do seu corpo? Já parou alguma vez para pensar nisso?”; “Do que é composta a matéria?”. Já para a verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes propõe-se a aplicação de um questionário inicial; o questionário inicial pode ser elaborado pelo professor ou fornecido pelos autores via solicitação por e-mail.

Segunda Aula

Na segunda aula as atividades estão voltadas para as primeiras ideias acerca da constituição da matéria, a qual conta com uma exposição dialogada com slides, exibição de um trecho do documentário *Cosmos: A Spacetime Odyssey* e registro em texto.

Começando a história (1): neste momento o professor apresentará uma linha do tempo com as primeiras concepções acerca da matéria, começando com a concepção monista dos filósofos Tales de Mileto, Anaximandro e Anaxímenes. Tales de Mileto acreditava que tudo seria derivado de apenas um elemento primordial: a água (SIMÕES, 2017); Anaximandro, por

Recebido em: 03/03/2022

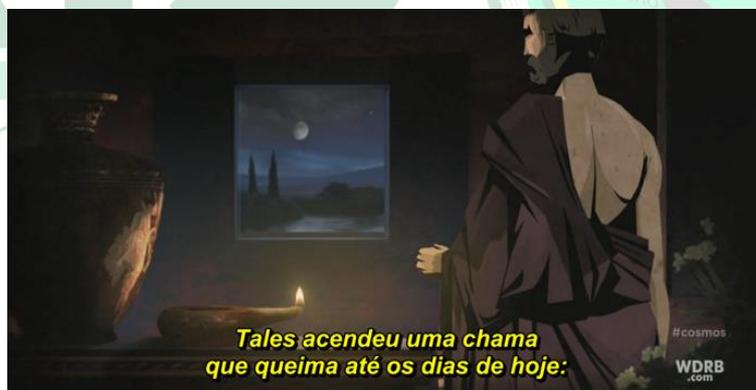
Aceito em: 28/07/2022

sua vez, pensava que o *ápeiron* seria o princípio de todas as coisas materiais, elemento esse “quantitativa e qualitativamente indeterminado” (GONDIM; RODRIGUES, 2011, p.32); Anaxímenes acreditava que o ar seria a substância primordial da matéria, uma vez que esse elemento seria responsável por originar todos os seres e suas diferenças (GONDIM; RODRIGUES, 2011; SIMÕES, 2017).

Na sequência apresenta-se a proposição de Empédocles, a qual reuniu as ideias de filósofos precursores dando origem à teoria dos quatro elementos constituintes da matéria: fogo, ar, terra e água (PEREIRA; SILVA, 2017). Aristóteles propôs ainda a existência de um quinto elemento – denominado éter – o qual seria perfeito, incorruptível e constituiria todos os corpos encontrados na esfera supralunar (PEREIRA; SILVA, 2017).

Dando sequência à linha do tempo, apresenta-se o início da era atomista. A proposta efetuada por Leucipo e desenvolvida por seu aluno Demócrito afirmava que a matéria seria constituída por partículas extremamente pequenas e que não poderiam ser divididas e nem destruídas: estas partículas foram denominadas átomo (ABDALLA, 2016).

Documentário: exibição de um pequeno trecho (16min 40s até 20min 46s) da série Cosmos: A Spacetime Odyssey, episódio 6 (intitulado “Aprofundamento”) (Figura 1).



Fonte: (COSMOS:... 2014).

Figura 1 - Tela do documentário “Aprofundamento” sobre as primeiras ideias acerca do átomo.

Registro em texto: no término da aula, será solicitada aos alunos a elaboração de um texto sucinto sobre as ideias discutidas, de forma a construir um registro destes conceitos. As dúvidas que possam surgir nesse momento serão discutidas no coletivo.

Terceira Aula

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

Continuando a história (2): na terceira aula a sequência didática terá continuidade por meio da exposição dialogada – apoiada em imagens apresentadas em slides – em torno do modelo de Dalton, segundo o qual o átomo seria uma esfera maciça e impenetrável. Dalton propôs os seguintes postulados: 1) cada elemento é composto de partes extremamente pequenas chamadas de átomos; 2) átomos de uma espécie química possuem massa e propriedades específicas; 3) em cada reação os átomos não são criados e nem destruídos; 4) os compostos químicos seriam formados pela união de átomos de diferentes elementos (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005; ATKINS; JONES, 2012). Dalton formulou sua teoria entre 1803 e 1807 e é considerado o pai da teoria atômica moderna.

Na sequência aborda-se a descoberta do elétron, realizada por Joseph John Thomson em 1897. Esta descoberta o conduziu à proposição de um novo modelo atômico em que o átomo teria elétrons, de carga negativa, distribuídos no interior de uma contínua distribuição esférica de carga positiva (EISBERG; RESNICK, 1979; LOPES; MARTINS, 2009; PARENTE; SANTOS; TORT, 2013). Embora o modelo proposto por Thomson tenha sido amplamente difundido em livros didáticos como o modelo “pudim de passas”, Lopes e Martins (2009) apontam que esta analogia não corresponde à proposição de Thomson por considerar os elétrons estáticos, enquanto na proposição original os elétrons descreveriam órbitas coplanares na esfera carregada positivamente.

Animação ‘descoberta do elétron’: utilizando-se uma animação sobre o experimento realizado por Thomson (disponível em: http://glencoe.com/sec/science/physics/ppp_09/animation/Chapter%2026/Thomsons%20Experiment%20with%20Electrons.swf), aborda-se a descoberta do elétron. Considerando o fato de que o áudio dessa animação está disponível em inglês, o professor pode optar por desabilitar o áudio e explicar os elementos presentes na animação, bem como as conclusões do experimento. Este objeto didático será utilizado, em conjunto com ilustrações a serem apresentadas em slides, para a discussão sobre a descoberta do elétron e a proposição do modelo atômico de Thomson.

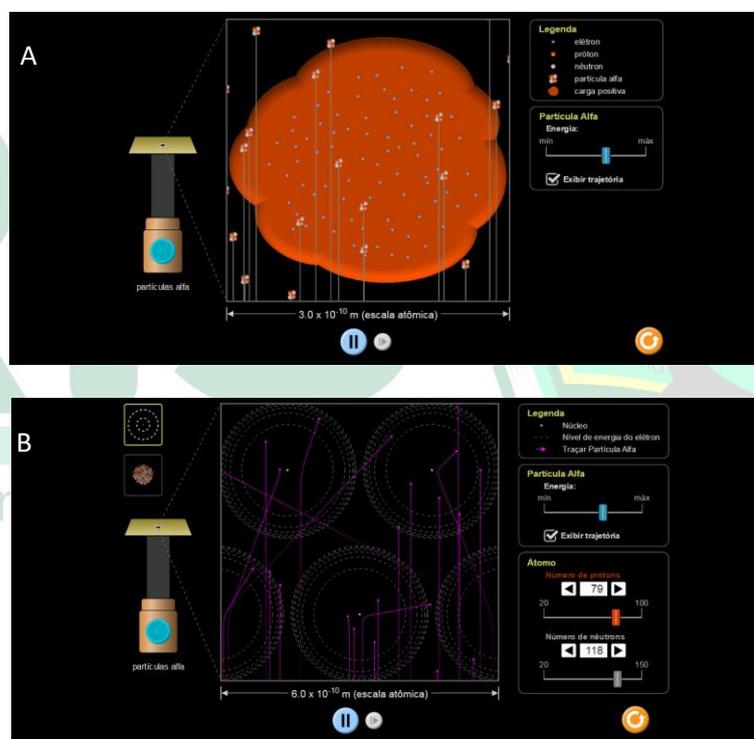
Continuando a história (3): neste momento inicia-se a exploração do experimento realizado por Rutherford utilizando partículas alfa, o qual o conduziu à proposição de um novo modelo atômico. Rutherford propôs que toda a carga positiva do átomo estaria em uma pequena região, no centro desse átomo, denominada núcleo (EISBERG; RESNICK, 1979; PARENTE; SANTOS; TORT, 2013).

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

Simulação (1) “Átomo bolo de passas” (Figura 2 – A): No simulador, ao acionar o feixe de partículas alfa no canto esquerdo da tela, é possível visualizar a representação da trajetória das partículas alfa ao atravessar o átomo. É possível observar o que seria esperado de acordo com o modelo atômico de Thomson, segundo o qual as partículas alfa sofreriam apenas pequenas deflexões ao atravessar o meio.

Simulação (2) ‘espalhamento de Rutherford’ (Figura 2 – B): esta simulação permite ao professor uma discussão em torno dos argumentos que conduziram Rutherford à descoberta do núcleo e à proposição de um novo modelo atômico, análogo ao modelo planetário, em que os elétrons orbitam um núcleo – ínfimo – no qual estaria concentrada a carga positiva do átomo.



Fonte: PHET Interactive Simulations.

Figura 2 – Tela do simulador “Espalhamento de Rutherford”. A) Área da simulação “Átomo Bolo de Passas”. B) Área da simulação “Átomo de Rutherford”.

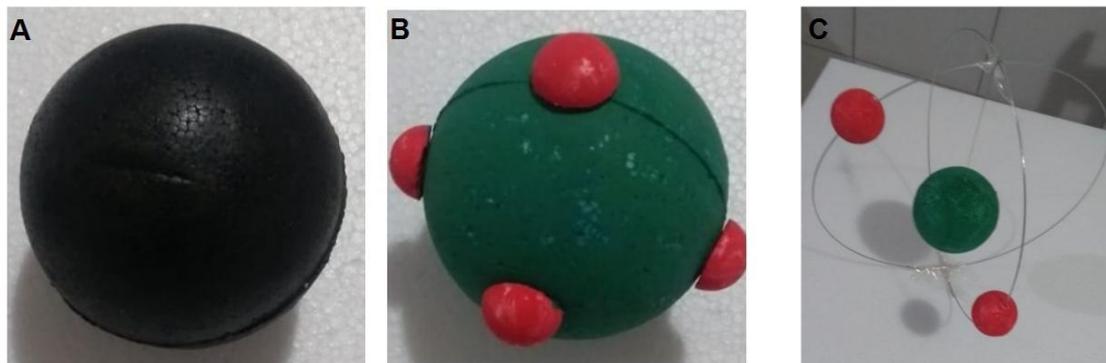
Quarta Aula

A quarta aula é destinada à construção de maquetes representativas dos modelos atômicos, a ser realizada pelos alunos. Esta atividade tem como intuito enfatizar os diferentes aspectos dos modelos atômicos propostos por Dalton, Thomson e Rutherford. A Figura 3

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

exemplifica estas estruturas.



Fonte: as autoras.

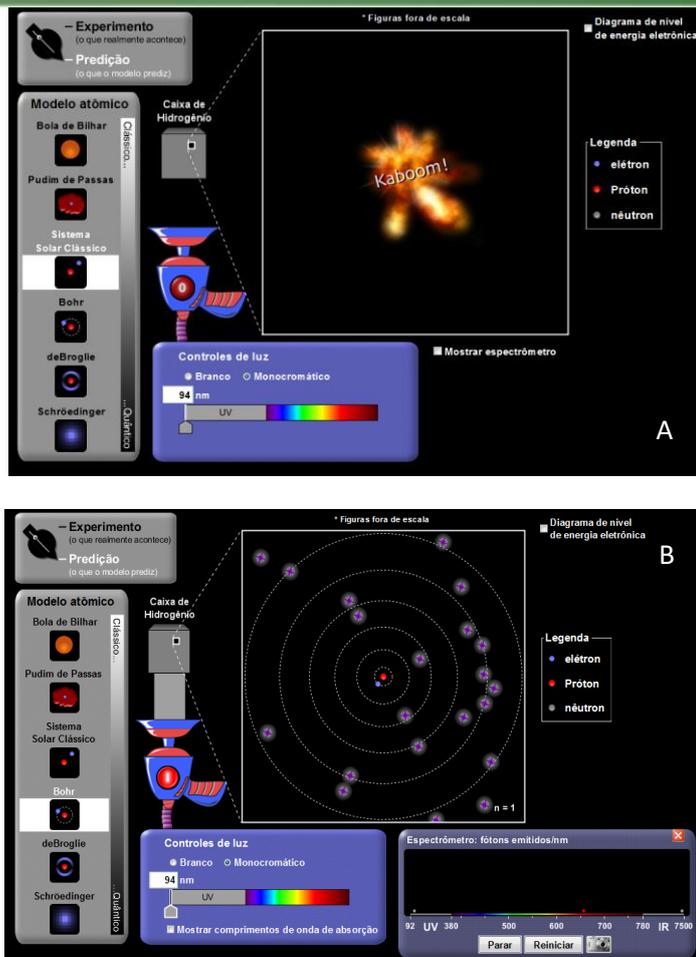
Figura 3 - Maquete representativa do modelo atômico de Dalton (A), Thomson (B) e Rutherford (C).

Quinta Aula

Continuando a história (4): a quinta aula terá início com a discussão da questão relativa à instabilidade das órbitas, existente no modelo proposto por Rutherford, utilizando-se a *simulação (3) 'sistema solar clássico'* (Figura 4 – A). Na sequência, utilizando-se slides, serão apresentadas as ideias de Bohr para a solução desta inconsistência, que acabaram conduzindo a uma nova proposta de modelo atômico em que o elétron poderia descrever apenas órbitas específicas em torno do núcleo e à constatação de estados discretos de energia para o sistema atômico (EISBERG; RESNICK, 1979; PARENTE; SANTOS; TORT, 2013). A quantização do momento angular conduz ao fato de que apenas determinadas órbitas seriam acessíveis ao elétron, ao contrário do que era estabelecido na mecânica clássica (EISBERG; RESNICK, 1979). Conceitos relativos à transição entre dois estados estacionários, mediada pela absorção ou emissão de radiação eletromagnética, também podem ser abordados.

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022



Fonte: PHET Interactive Simulations.

Figura 4 - Tela do simulador “Modelos do Átomo de Hidrogênio”. A) Área da simulação “Sistema solar clássico” indicada para a discussão em torno da instabilidade das órbitas no modelo atômico de Rutherford. B) Área da simulação “Bohr”, indicada para o estudo do modelo atômico de Bohr.

Atividade no Simulador (4): buscando tornar os conceitos relativos ao modelo atômico de Bohr menos abstratos, propõe-se a utilização do simulador “Modelos do Átomo de Hidrogênio”, mais especificamente na simulação “Bohr” (Figura 4 – B). Nesse momento, o aluno contará com um roteiro de atividades (elaborado pelo professor ou fornecido pelos autores via solicitação por e-mail), por meio do qual será orientado a explorar o simulador buscando visualizar a simulação de uma transição eletrônica entre dois estados estacionários. Nesta abordagem será possível aplicar a equação que descreve a energia associada aos estados estacionários, mais especificamente visando o cálculo da energia necessária para uma determinada transição, bem como o comprimento de onda associado à radiação eletromagnética absorvida ou emitida na transição sob estudo. Uma vez realizado o cálculo, os alunos farão a configuração do comprimento de onda dos fótons incidentes na

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

representação do átomo no simulador, podendo observar a representação da ocorrência da transição. Os alunos poderão observar também a simulação de uma transição em que o elétron decai de um nível de maior energia para um nível de menor energia, emitindo um fóton cuja energia corresponde à diferença de energia entre os dois níveis. Ressalta-se ainda que, por meio desta abordagem, o professor poderá trabalhar o conceito de fóton.

Sexta Aula

Experimento: na sexta aula, com o intuito de que os alunos tenham contato com uma evidência experimental da ocorrência de transições eletrônicas, propõe-se a realização de um experimento conhecido como “teste de chama” (ALCÂNTARA, 2008), por meio do qual o aluno poderá visualizar claramente uma consequência do modelo de Bohr.

Continuando a história (5): apresentação das ideias de de Broglie, Schöndinger e Born, que conduziram à concepção atual do átomo. De Broglie propõe a ideia de que a dualidade onda-partícula também é aplicável à matéria, de modo que uma partícula material seria descrita por uma função de onda (EISBERG; RESNICK, 1979; YOUNG; FREEDMAN, 2009; PEREIRA et al., 2017).

Sétima Aula

Simulação (5) ‘de Broglie’: buscando-se a exposição dialogada da proposta de de Broglie, será utilizado o simulador “*Modelos do Átomo de Hidrogênio*”, na área da simulação “*de Broglie*” (Figura 5 – A), a qual retrata a ideia da existência de características ondulatórias associadas ao movimento do elétron. Ainda através do exercício proposto no Quadro 2, é possível discutir com os alunos o motivo pelo qual não se consegue detectar o comportamento ondulatório da matéria para objetos macroscópicos.

Quadro 2 - Exercício proposto para o estudo acerca da propriedade ondulatória da matéria.

Exemplo:

(a) Qual é o comprimento de onda de de Broglie de uma bola de futebol se movendo com uma velocidade $v = 10 \text{ m/s}$?

Suponha $m = 0,5 \text{ kg}$.

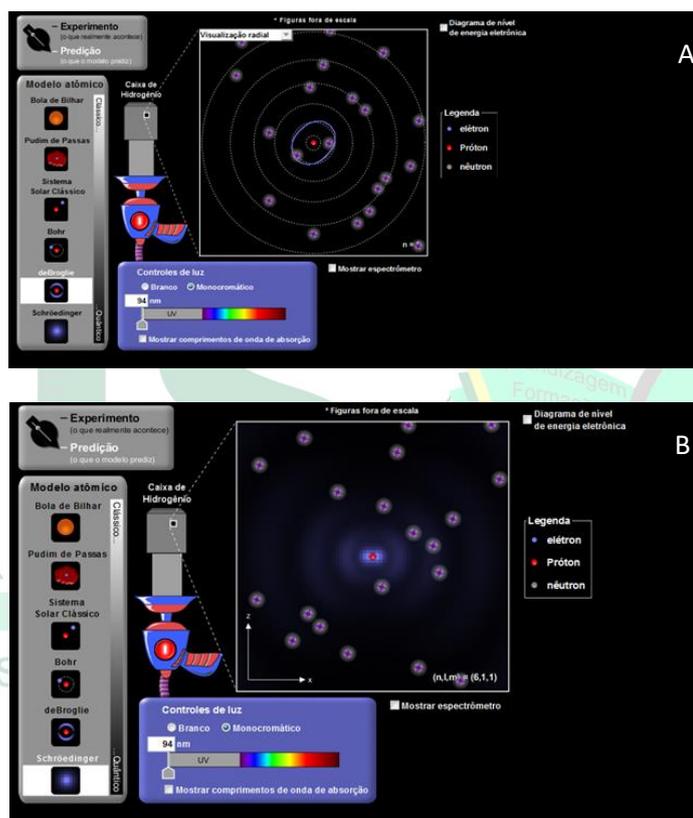
(b) Qual é o comprimento de onda de de Broglie de um elétron cuja energia cinética é 100 eV ?

Fonte: Adaptado de Eisberg e Resnick (1979).

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

Simulação (6) ‘Schrödinger’: a simulação “Schrödinger” (Figura 5 – B) será utilizada para a exposição dialogada do modelo contemporâneo do átomo, o qual abandona o conceito de órbita e passa a considerar o termo orbital para designar regiões do espaço em torno do núcleo com maior probabilidade de se encontrar os elétrons (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005; PEREIRA *et al.*, 2017). Este entendimento deriva das contribuições realizadas por Schrödinger e Born (EISBERG; RESNICK, 1979; PEREIRA *et al.*, 2017).



Fonte: PHET Interactive Simulations.

Figura 5 – Tela do simulador “Modelos do Átomo de Hidrogênio”. A) Área da simulação “de Broglie”, indicada para o estudo do modelo atômico de de Broglie. B) Área da simulação “Schrödinger”, indicada para o estudo do modelo atômico de Schrödinger.

Oitava Aula

Por fim, para a conclusão das atividades da sequência didática, na oitava aula propõe-se a aplicação do questionário final, constituído pelas mesmas questões do questionário inicial e uma questão adicional sobre a apreciação da sequência didática. A partir desta ferramenta,

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

será possível inferir se as atividades realizadas contribuíram para a evolução do conhecimento dos alunos no tocante ao conteúdo abordado nesta proposta didática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos PCNs de Física é possível notar que os conteúdos de FMC já estão previstos, com o objetivo de orientar os professores quanto ao ensino dos mesmos no Ensino Médio. Apesar da importância em se trabalhar os tópicos de FMC no Ensino Médio, nota-se ainda um processo lento e com muitos obstáculos neste campo, a exemplo da falta de materiais específicos para serem utilizados nas aulas. Neste contexto, este trabalho propõe uma sequência didática para o ensino da evolução do modelo atômico, partindo das primeiras concepções acerca da constituição da matéria que se tem conhecimento, até o entendimento contemporâneo acerca do átomo. A proposta foi construída sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, sendo materiais potencialmente significativos – a exemplo de ferramentas computacionais, maquetes e experimento – utilizados com o intuito de promover a Aprendizagem Significativa por parte dos estudantes. Sendo assim, espera-se que esta proposta didática possa contribuir para o ensino, em uma perspectiva menos abstrata e potencialmente significativa, deste importante conteúdo relativo à Física Contemporânea.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Tradução de Eva Nick et al. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980. Tradução de Educational psychology, New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

ALCÂNTARA, L. **Teste da Chama**. 2008.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, 2004.

ATKINS, P; JONES, L. **Princípios de Química**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

BORSEKOWSKY, A.; KESKE, C.; PIRES, F.; KETZER, F.; NONENMACHER, S. Aprendizagem significativa: transformando a sala de aula em laboratório para o ensino de ciências. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 2, 2021.

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

BRASIL. **Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Ensino Médio)**, 2000.

BRASIL. **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+**. Brasília: 2002.

BROWN, T; LEMAY, H. E; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

CASTOLDI, R.; POLINARSKI, C. A. A utilização de recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. **I simpósio Internacional de Ensino e Tecnologia**, 2009.

CHRISTIAN, W.; ESQUEMBRE, F.; BARBATO, L. Open Source Physics. **Science**, v. 334, n. 6059, 2011.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal: um texto para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, 2004.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 1979.

EGUEZ, B. A. P; VELOSO, M. S. S. O. Uso de tecnologias na Física: Possibilidades contemporâneas na transmissão de conhecimentos. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 3, 2021.

GONDIM, E.; RODRIGUES, O. M. Pré-socráticos e a noção de ser: uma panorâmica. **Prâksis**, Novo Hamburgo, v. 2, n. 1, fev. 2011.

LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. de A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o ‘pudim de passas’ nos livros texto. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009.

MEDEIROS, A. Eric Rogers e o ensino de física moderna. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, 2007.

MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2, 2008.

MOREIRA, M. A. Al final, qué es aprendizaje significativo? **Qurrriculum**, n. 25, 2012.

MOREIRA, M. A. **Concept maps and meaningful learning**. Porto Alegre, 2012.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F. dos; TORT, A. C. Os 100 anos do átomo de Bohr. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, 2013.

PASTORIO, D. P.; SAUERWEIN, R. A. Uma revisão de literatura sobre o computador no ensino de Física. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, 2017.

Recebido em: 03/03/2022

Aceito em: 28/07/2022

PEREIRA, C. F. C.; ROCHA, A. B. da; TAMIASSO-MARTINHON, P.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C. Contextualização histórico-filosófica de orbitais atômicos e moleculares. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 16, 2017.

PEREIRA, L. S; SILVA, J. L. P. B. Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 1, 2017.

PIETROCOLA, M.; BROCKINGTON, G. Recursos computacionais disponíveis na internet para o ensino de física moderna e contemporânea. **Atas do IV ENPEC**. Bauru, São Paulo, 2003.

SIMÕES, E. O atomismo metafísico da antiguidade grega. **Griot: Revista de Filosofia do Centro de Formação de Professores da UFRB**, v.15, n. 1, 2017.

SIQUEIRA, M. R. P. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. 2012. 203 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TRUNDLE, K. C.; BELL, R. L. The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-exper-imental study. **Computers & Education**, 2010.

YOUNG; FREEDMAN. **Física IV: ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

