



O ENSINO CONCEITUAL DO MODELO ATÔMICO, ATRAVÉS DO EXPERIMENTO DA ESPECTROSCOPIA ÓPTICA, NO ENSINO MÉDIO.

**RAFAEL CARDOSO CORDEIRO
JOSE RICARDO DE SOUSA**

**MANAUS-AM
2025**



UFAM



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



INSTITUTO FEDERAL Amazonas



Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

C794e Cordeiro, Rafael Cardoso.

O ensino conceitual do modelo atômico, através do experimento da espectroscopia óptica, no ensino médio / Rafael Cardoso Cordeiro, José Ricardo de Sousa. – Manaus, 2025.

66 p. : il. color.

Produto educacional proveniente da dissertação - Espectroscopia óptica: uma estratégia para uma aprendizagem significativa do modelo atômico no ensino médio (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2025.

ISBN 978-65-83758-20-0

1. Física – ensino. 2. Física moderna. 3. Espectroscopia óptica. 4. Modelos atômicos. 5. Aprendizagem significativa. I. Sousa, Jose Ricardo de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.07



UFAM



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

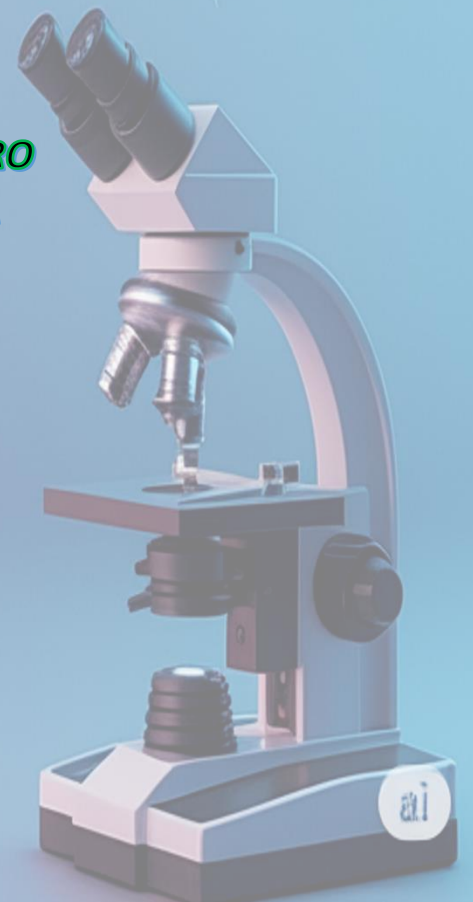
MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



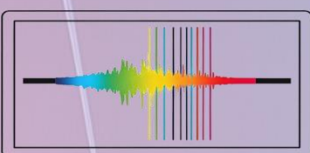
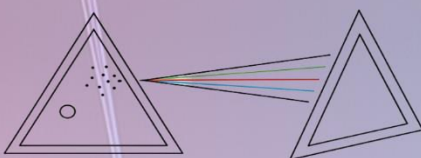
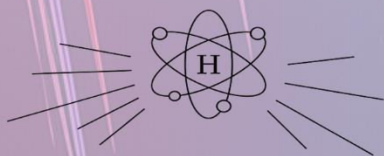
**INSTITUTO
FEDERAL**
Amazonas

***O ENSINO CONCEITUAL DO MODELO ATÔMICO,
ATRAVÉS DO EXPERIMENTO DA ESPECTROSCOPIA
ÓPTICA, NO ENSINO MÉDIO.***

**RAFAEL CARDOSO CORDEIRO
JOSE RICARDO DE SOUSA**



**MANAUS-AM
2025**



AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Júlio Cordeiro e Joana Cordeiro (enlutados), a minha esposa (Edna Santos) e ao meu filho (Enzo Cordeiro) que sempre me deram força e apoio para estudar e assim buscar uma qualificação melhor.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo apoio financeiro, que foi determinante para viabilizar esta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

1	CARTA AOS PROFESSORES DE FÍSICA.....	6
2	APRESENTAÇÃO	8
2.1	IDENTIFICAÇÃO	8
2.2	PUBLICO ALVO	9
2.3	NÚMERO DE AULAS.....	9
2.4	QUADRO SINTÉTICO DAS AULAS.....	10
3	JUSTIFICATIVA	11
4	ALINHAMENTO CURRICULAR.....	14
4.1	COMPETÊNCIA GERAL 1	14
4.2	COMPETÊNCIA GERAL 2.....	15
5	OBJETIVOS DE APRENDIZAGENS	17
5.1	OBJETIVO GERAL	17
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
6	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	18
6.1	OS PRINCIPAIS CONCEITOS DA TEORIA DE AUSUBEL.....	18
6.1.1	A estrutura cognitiva.....	19
6.1.2	Aprendizagem.....	19
6.1.3	Aprendizagem Significativa	19
6.1.4	Aprendizagem por descoberta e por recepção	21
6.2	METODOLOGIA DE ENSINO	23
7	DETALHAMENTO DAS AULAS.....	25
7.1	AULA 01: PRÉ-TESTE DIAGNÓSTICO.....	26
7.2	AULA 02: DA ESPECTROSCOPIA AO MODELO ATÔMICO.....	36
7.3	AULA 03: A INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA E OS MODELOS ATÔMICOS DE DALTON E THOMSON	42
7.4	AULA 04: O EXPERIMENTO DA ESPECTROSCOPIA ÓPTICA E OS MODELOS ATÔMICOS	53
7.5	AULA 05: DIAGNÓSTICO DE APRENDIZAGEM PÓS-INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	57
7.5.1	Análise dos distratores de cada item.....	60
8	PROJEÇÕES E DESAFIOS FUTUROS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	65
9	REFERÊNCIA.....	66



1 CARTA AOS PROFESSORES DE FÍSICA

Caro professor de Física,

O objetivo principal desse material é apresentar o produto educacional “O Ensino conceitual do Modelo Atômico no Ensino Médio, através do Experimento da Espectroscopia Óptica “. O autor reconhece a necessidade de explorar alternativas para o ensino de Ciências, especialmente a Física, com o objetivo de tornar as aulas mais envolventes e dinâmicas. Essa abordagem visa despertar o interesse dos alunos pela disciplina e contribuir para a motivação e compreensão dos conhecimentos científicos, especialmente no que diz respeito à introdução dos conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio.

Assim, a inclusão de recursos didáticos, como atividades experimentais, é essencial para facilitar a visualização de fenômenos do cotidiano e a utilização das tecnologias disponíveis. Essa abordagem visa estabelecer uma conexão entre os conhecimentos científicos e os saberes pré-existentes na estrutura cognitiva dos alunos, conhecidos como subsunçores, conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Nessa perspectiva, experimento de espectroscopia é fundamental para a compreensão do modelo atômico, pois permite que os alunos visualizem e analisem os espectros de emissão e absorção de diferentes elementos. Ao observar como os átomos interagem com a luz, os estudantes podem entender conceitos-chave, como a quantização de energia e as transições eletrônicas entre níveis de energia. Essa experiência prática não apenas torna os princípios teóricos mais tangíveis, mas também ilustra a natureza discreta da estrutura atômica, reforçando a ideia de que os elétrons ocupam níveis de energia específicos. Além disso, a espectroscopia conecta a teoria à prática, mostrando como os conceitos de Física Moderna são aplicados em tecnologias contemporâneas, como lasers e espectrômetros, o que enriquece a formação dos alunos e desperta seu interesse pela ciência.

Levando em conta a situação problema apresentada, foi elaborada uma proposta de trabalho direcionada aos alunos da terceira série do ensino médio regular, focando na visualização do espectro atômico de diferentes lâmpadas e materiais. O conjunto experimental inclui dois experimentos: Um utilizando lâmpadas de LED e filamento e outro com sais que foram aquecidos com maçarico. Além disso, foi construído um espectrômetro de baixo custo seguindo os padrões indicado pelo aplicativo, “*Theremino_Spectrometer*”, que ajuda na visualização das linhas dos espectros atômicos.

É importante lembrar, que devido a implementação do Novo Ensino Médio (NEM) no Estado do Amazonas, as aulas de física foram reduzidas para uma aula semanal. Então, fazer



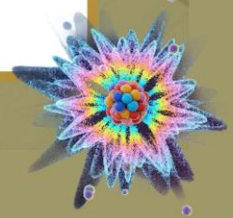
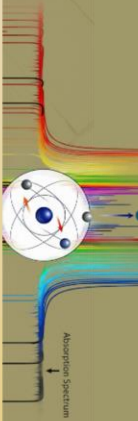
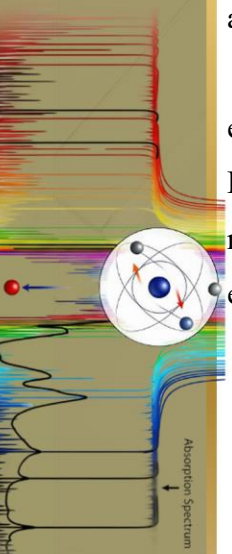


uma Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA) com muitas aulas poderia levar meses para serem concluídas por isso essa sequência terá apenas 5 aulas de 48 minutos.

A metodologia utilizada na elaboração deste produto, que possui o potencial de ser um material significativo, baseia-se principalmente na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Essa abordagem considera o conhecimento prévio que o aluno possui como um dos fatores mais cruciais para que a aprendizagem efetivamente aconteça (MOREIRA, 1999).

Para o desenvolvimento das atividades, é oferecido ao professor um suporte teórico, organizado aula por aula, como uma estratégia para facilitar a busca pelos conteúdos. Essa abordagem prática visa facilitar a compreensão dos conceitos de espectroscopia e suas aplicações no estudo da estrutura atômica.

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Espectroscopia Óptica: uma estratégia para compreender o Modelo Atômico no Ensino Médio, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 04 – UFAM / IFAM na cidade de Manaus/Am, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.



2 APRESENTAÇÃO

2.1 IDENTIFICAÇÃO

Esse produto educacional é uma sequência didática (SD), pois é um conjunto organizado e intencional de atividades de ensino-aprendizagem, planejadas com base em princípios da teoria da aprendizagem significativa (Ausubel) e em estratégias que favorecem a assimilação de conceitos sobre a espectroscopia óptica e o modelo atômico. Nesse sentido, Moreira (2011) define sequência didática como:

"Uma série de atividades pedagógicas articuladas, projetadas para facilitar a aprendizagem significativa, partindo dos conceitos mais inclusivos e gerais em direção aos mais específicos, de modo a promover a estruturação hierárquica do conhecimento na estrutura cognitiva do aprendiz." (MOREIRA, 2011, p. 32).

A SD está alinhada aos princípios da aprendizagem significativa de David Ausubel pois enfatiza a estruturação hierárquica do conhecimento, garantindo que os novos conceitos sejam assimilados de forma lógica e integrada à estrutura cognitiva do aluno.

A (SD) proposta neste trabalho foi desenvolvida com base na pesquisa realizada na dissertação intitulada "[ESPECTROSCOPIA ÓPTICA: UMA ESTRATÉGIA PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO MODELO ATÔMICO NO ENSINO MÉDIO.]", com objetivo de investigar a possibilidade de os discentes terem ganho de aprendizagem através do experimento da espectroscopia óptica. O estudo fundamentou-se nos princípios da aprendizagem significativa de Ausubel.

A estrutura proposta organiza-se em cinco momentos pedagógicos inter-relacionados, cada um com função específica no processo de construção do conhecimento.

No primeiro momento, realiza-se um diagnóstico cuidadoso dos subsunçores - os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva dos alunos. Esta etapa inicial é crucial para garantir que novas informações possam se ancorar de forma estável.

O segundo momento introduz os organizadores prévios, elementos-chave na teoria ausubeliana. Estes atuam como pontes cognitivas, facilitando a transição entre o conhecido e o novo .

A exposição dialogada com diferenciação progressiva constitui o terceiro momento. Aqui, o conteúdo é apresentado de forma hierárquica, começando por conceitos mais inclusivos (temperatura; difração, refração e absorção da luz) e gradualmente avançando para especificidades (linhas espectrais, níveis de energias etc.).

O quarto momento dedica-se à reconciliação integrativa, talvez o aspecto mais distintivo da proposta ausubeliana. Através das atividades específicas (experimento da espectroscopia óptica), os alunos são guiados a perceber conexões entre novos conhecimentos (linhas espectrais) e sua base cognitiva pré-existente (difração, refração ou absorção da luz).

Por fim, a avaliação é concebida não como mera mensuração, mas como verificação da qualidade da aprendizagem alcançada. Nesse aspecto, será aplicado questões que exigem articulação de conceitos e atividades para verificar se houve ganho de aprendizagem na estrutura cognitiva dos alunos.

2.2 PÚBLICO ALVO

O presente trabalho é uma SD desenvolvida junto a alunos do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Manaus no Estado do Amazonas, com o objetivo de investigar estratégias para promover a aprendizagem significativa em conteúdos de Física (Espectroscopia óptica e o modelo atômico).

O público-alvo desta (SD) compreende estudantes do 3º ano do Ensino Médio, da Escola Estadual Professora Alice Salerno Gomes de Lima, na faixa etária de 17 a 18 anos. Essa escolha justifica-se devido ao conteúdo programático de Física Moderna está presente nessa série do ensino regular pois está presente no Referencial Curricular Amazonense (RCA) (AMAZONAS, 2019) e na BNCC de 2018 (BRASIL, 2018).

2.3 NÚMERO DE AULAS

A sequência didática proposta neste trabalho estrutura-se em cinco aulas consecutivas, cada uma com duração de 48 minutos, cuidadosamente planejadas para promover uma aprendizagem significativa conforme os pressupostos teóricos de David Ausubel. Esta organização temporal não é aleatória, mas resulta de uma deliberada intenção pedagógica de criar momentos de aprendizagem que respeitem os processos cognitivos de assimilação e acomodação conceitual.

2.4 QUADRO SINTÉTICO DAS AULAS

Quadro 1 - Quadro sintético das aulas

Nº DA AULA	TÍTULO DA AULA	OBJETO DE CONHECIMENTO	COMPETÊNCIA GERAL DA BNCC	COMPETÊNCIA ESPECÍFICA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS
01	Pré-teste Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> Identificação de conceitos âncora relevantes; Diagnosticar Lacunas de Conhecimento. 	<p>Competência 1 "Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva."</p> <p>Competência 2 Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.</p>	<p>CNT 01: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.</p> <p>CNT 03: Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p>
02	Principais conceitos da óptica geométrica e do eletromagnetismo	<ul style="list-style-type: none"> Frequência, comprimento de onda e amplitude; Refração, reflexão, difração e absorção da luz; <ul style="list-style-type: none"> Dualidade Onda-Partícula; Onda eletromagnética. 		
03	Leis de Fraunhofer; Lei de Wien.	<ul style="list-style-type: none"> Espectros de Emissão e Absorção; Temperatura e Radiação. 		
04	O experimento da Espetroscopia Óptica.	<ul style="list-style-type: none"> Interação da Luz com a Matéria; Modelos Atômicos e Moleculares. 		
05	Pós-Teste	<ul style="list-style-type: none"> Conceitos-chave da disciplina; Análise crítica e resolução de problemas; Compreensão e explicação de conceitos. 		

Fonte: Autoria própria (2025).

3 JUSTIFICATIVA

Ao longo de mais de dez anos de docência na educação básica, em especial no Ensino Médio (EM) e agora no Novo Ensino Médio (NEM), percebi uma grande dificuldade dos discentes em compreender o modelo atômico. Muitos perguntam como chegaram nesse modelo (quântico) e porque os modelos anteriores tinham limitações. Nesse sentido, um dos objetivos desta SEA é buscar levar o entendimento teórico por meio do experimento de espectroscopia óptica, pois esse conhecimento foi fundamental para o desenvolvimento da Física Moderna."

Haja vista, que o Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no nível médio é um tema que tem gerado amplos debates. No estudo de Ostermann e Moreira (2000), é realizada uma revisão bibliográfica sobre essa temática, evidenciando a falta de pesquisas voltadas para a aplicação prática em sala de aula no ensino médio. Considerando essa carência de recursos que os professores podem utilizar, o presente trabalho propõe uma alternativa para suprir essa necessidade. Em consonância com a discussão apresentada por Ostermann e Moreira:

Durante a III Conferência Interamericana sobre Educação em Física (BAROJAS, 1988), foi formado um grupo de trabalho com o objetivo de debater o ensino de Física Moderna. Nesse contexto, foram apresentadas diversas justificativas para a inclusão de tópicos contemporâneos no currículo do ensino médio. Entre essas razões, destacam-se:

I. Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
II. Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual as ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
III. É de maior interesse atrair os jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
IV. É mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
V. Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-las. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

O modelo atômico é um dos pilares da Física, essencial para o entendimento de fenômenos que ocorrem em escalas microscópicas, mas sua complexidade muitas vezes torna difícil para os alunos apreenderem suas nuances. A dificuldade no aprendizado do modelo atômico se manifesta de diversas formas: desde a abstração dos conceitos, como a ideia de camadas e subníveis eletrônicos, até a falta de uma visão integradora entre teoria e prática. Essa lacuna no entendimento prejudica o desenvolvimento do raciocínio lógico e científico dos alunos, impactando diretamente sua capacidade de aplicar esses conceitos em situações práticas

ou em outros campos da ciência. Em minha experiência, percebo que muitos estudantes enfrentam dificuldades para visualizar os processos de transição de elétrons, como as emissões de radiação, o que torna o estudo dos modelos atômicos desafiador e até frustrante para muitos.

Sabe-se que, a espectroscopia é uma técnica fundamental na Física moderna que possibilita investigar as propriedades atômicas e moleculares por meio da interação entre a radiação eletromagnética e a matéria. Segundo Zabala (2010), a utilização de atividades experimentais facilita o processo de aprendizagem, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), é essencial que o estudante desenvolva habilidades relacionadas à investigação científica, como o uso de procedimentos experimentais, interpretação e análise de fenômenos físicos, corroborando com o Referencial Curricular Amazonense (RCA, 2021), que enfatiza práticas contextualizadas e experimentais na construção do conhecimento científico.

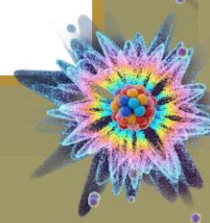
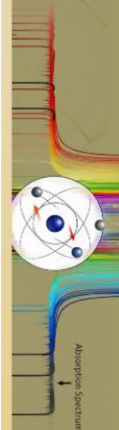
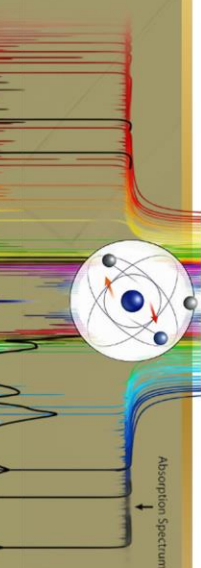
A relação entre espectroscopia e o modelo atômico é especialmente relevante, pois foi pela análise dos espectros atômicos que o modelo atômico de Bohr obteve forte embasamento experimental, contribuindo significativamente para a compreensão dos fenômenos quânticos (TIPLER; MOSCA, 2009). Tipler e Mosca (2009, p. 1129) destacam que "os espectros atômicos são evidências diretas da quantização dos níveis de energia atômica". Através da espectroscopia, os estudantes têm a possibilidade de associar diretamente os espectros observados às transições eletrônicas, aprofundando o entendimento das propriedades únicas dos elementos químicos, alinhando-se às habilidades previstas pela BNCC, como argumentar com base em evidências científicas.

Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante consegue relacionar novos conhecimentos aos já existentes em sua estrutura cognitiva. Essa perspectiva pedagógica é fortalecida pelo RCA (2021), que valoriza o ensino contextualizado e significativo. Dessa maneira, esta sequência didática objetiva desenvolver habilidades como analisar espectros luminosos experimentalmente, interpretar dados empíricos e relacioná-los aos modelos teóricos. Um experimento prático de espectroscopia óptica será realizado, proporcionando aos estudantes a oportunidade de observar e interpretar as linhas espectrais de diferentes compostos químicos, ampliando a relação entre teoria e prática.

Como metodologia, serão empregadas nessa SD estratégias da aprendizagem significativa pois Ausubel e Moreira enfatizam a importância da *aprendizagem ativa* e do *trabalho experimental* como estratégias pedagógicas essenciais para a construção do conhecimento. O experimento de espectroscopia óptica coloca os alunos como protagonistas de sua aprendizagem, ao permiti-los não apenas observar fenômenos, mas também analisar e

refletir sobre os resultados obtidos. Como afirma Moreira (2001), "o trabalho experimental permite que o aluno vivencie a ciência, não apenas como um conhecimento transmitido, mas como um processo investigativo, que ele mesmo conduz".

Deste modo, ao integrar espectroscopia e modelos atômicos à prática educativa proposta pela BNCC e pelo RCA, esta sequência didática contribui para uma formação científica sólida, permitindo aos estudantes compreenderem e aplicarem conhecimentos em física quântica, preparando-os para os desafios científicos contemporâneos.



4 ALINHAMENTO CURRICULAR

Sabe-se, que o ensino no Brasil tem se transformado ao longo dos anos, buscando responder às necessidades educacionais contemporâneas e, ao mesmo tempo, respeitar a diversidade cultural e regional. Nesse cenário, essa SD busca alinhar-se a BNCC de 2018 e o Referencial Curricular Amazonense (RCA) uma vez que apresentam como instrumentos essenciais para a formação dos discentes, especialmente para aqueles que estão no 3º ano do Ensino Médio, etapa crucial na consolidação do conhecimento e preparação para os desafios futuros, seja no mercado de trabalho ou no ensino superior. Haja vista, que ela surge da vivência das dificuldades encontradas em sala de aula sobre o modelo atômico.

É essencial destacar que os objetivos desta SD estão em conformidade com as diretrizes da BNCC, a qual estabelece as competências e habilidades essenciais para a formação dos alunos ao longo da educação básica. As competências gerais da BNCC, são elas:

4.1 COMPETÊNCIA GERAL 1

“Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (BRASIL, 2018)”.

Essa competência propõe que os alunos valorizem e utilizem os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital. Nesse sentido, está de acordo com essa SD pois os discentes terão em suas aulas uma sequência histórica sobre a espectroscopia desde Issac Newton até os modelos atômico aceitável (de Bohr). Nesse aspecto, essa SD visa proporcionar aos estudantes um aprendizado de maneira contínua e colaborativa (através de uma atividade experimental). Em um mundo cada vez mais complexo e interconectado, essa competência se revela fundamental para a formação de cidadãos críticos e ativos, preparados para enfrentar os desafios do século XXI.

É indubitável a parte experimental pois permite aos alunos observarem a decomposição da luz e as linhas espectrais de diferentes elementos, não apenas ensina conceitos de física, mas também os conecta com o histórico das descobertas científicas. Ao realizar esse experimento, os alunos podem entender de maneira prática como as teorias e descobertas históricas, como as de Fraunhofer, Balmer e Bohr, foram fundamentais para a explicação dos fenômenos naturais. Portanto, o experimento da espectroscopia óptica ilustra de maneira prática como os conhecimentos históricos podem ser aplicados para compreender o mundo físico, ao mesmo tempo em que estimula a reflexão crítica sobre as descobertas científicas.

4.2 COMPETÊNCIA GERAL 2

“Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL ,2018)”.

Essa competência de suma importância, pois as atividades experimentais no 3º ano do Ensino Médio são uma excelente oportunidade para exercitar a curiosidade intelectual e aplicar a abordagem científica, conforme proposto no texto. Elas permitem que os alunos investiguem, formulem e testem hipóteses, reflexivamente analisem os resultados e utilizem sua criatividade para resolver problemas reais. Ao integrar conhecimentos essas atividades não apenas preparam os alunos para os desafios acadêmicos e profissionais, mas também os capacitam para se tornarem cidadãos críticos e inovadores, capazes de contribuir para a construção de uma sociedade mais justa,

Portanto, essa SD está em consonância com as competências específicas e habilidades das Ciências da Natureza e dos Temas Contemporâneos Transversais (TCTs), o que não apenas assegura que o ensino siga os parâmetros estabelecidos pela BNCC, mas também proporciona aos alunos a chance de aplicar os conhecimentos de forma prática. Esses aspectos estão detalhados no quadro abaixo.

Quadro 2 - Alinhamento curricular da SD com as competências específicas e habilidades da CNT.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA DE CIÊNCIA DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS (CNT)	HABILIDADES CNT	ALINHAMENTO COM A SD	TCNs
<p>CNT 01:</p> <p>Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.</p>	<p>EM13CNT103:</p> <p>Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.</p>	<p>Ao realizar experimentos de espectroscopia óptica, os alunos podem avaliar como as radiações, como a luz visível, são utilizadas em diversas áreas, como saúde (exames de imagem), indústria (análise de materiais) e na agricultura (monitoramento de plantas).</p>	<p>Ciência e tecnologia; Meio ambiente</p>

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA DE CIÊNCIA DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS (CNT)	HABILIDADES CNT	ALINHAMENTO COM A SD	TCNs
<p>CNT 03:</p> <p>Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p>	<p>EM13CNT301:</p> <p>Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>	<p>Nesse contexto, o experimento oferece uma oportunidade prática para desenvolver as competências científicas exigidas pela habilidade, pois, os alunos são incentivados a prever quais resultados esperar com base no conhecimento prévio sobre a interação de radiações com átomos ou moléculas.</p>	<p>Ciência e tecnologia; Meio ambiente</p>

Fonte: Autoria própria (2025)

5 OBJETIVOS DE APRENDIZAGENS

Os objetivos de ensino dessa SD estão classificados hierarquicamente com os objetivos educacionais, pois se dividem em **criar, introduzir, análise, apresentar e investigar**. Isso permite que os objetivos de ensino evoluam de habilidades cognitivas simples para mais complexas (Bloom, 1956).

"A Taxonomia de Bloom organiza as habilidades cognitivas de uma maneira progressiva, com o objetivo de proporcionar uma base para uma educação mais estruturada e eficaz" (Bloom et al., 1956, p. 42).

5.1 OBJETIVO GERAL

Criar um aparato experimental simples e acessível que introduza conceitos de Física Moderna e Contemporânea relacionado ao modelo atômico, áreas pouco abordadas no Ensino Médio. Assim, busca-se oferecer aos professores uma abordagem prática para desenvolver e aplicar esses conceitos de forma significativa no ensino.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introduzir a natureza corpuscular da luz através da espectroscopia, levando o aluno a compreender a complexa noção de espectros e sua relevância para o modelo atômico de Bohr;
- Analisar por que esses espectros contêm informações sobre as fontes de luz;
- Apresentar os conceitos de emissão, absorção e difração da radiação em uma discussão sobre a composição química dos materiais;
- Desenvolver um Produto Educacional para investigar os espectros contínuos e discretos de emissão espectroscópica de lâmpadas (de LED e de filamento) e de alguns sais aquecidos com maçarico.

6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

É importante ressaltar que a teoria da assimilação de David Paul Ausubel, conhecida como teoria da aprendizagem significativa, pertence ao campo cognitivista e busca elucidar os mecanismos internos relacionados ao aprendizado e à organização do conhecimento na mente humana. Nesse sentido Ausubel, contemporâneo de Piaget, apresenta propostas que compartilham algumas semelhanças com as do biólogo suíço, mas também se distinguem em outros aspectos. Ao contrário de Piaget, cujo principal foco de estudo não era a aprendizagem em sala de aula, Ausubel direciona sua atenção principalmente para essa área, apresentando propostas concretas para o ambiente acadêmico. Assim como Piaget, Ausubel reconhece a importância da aprendizagem por descoberta, mas reforça a relevância da aula expositiva, que se torna o cerne de sua pesquisa.

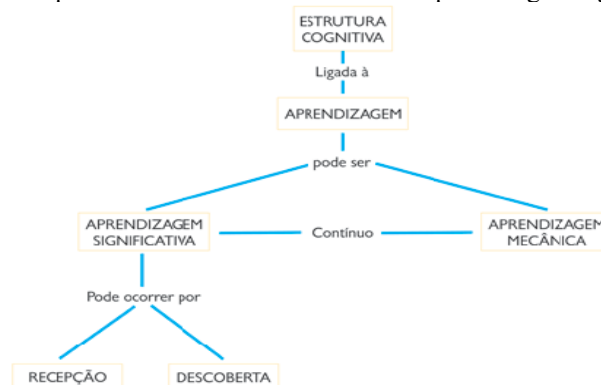
Nesse contexto, o principal legado de Ausubel consiste exatamente em técnicas e reflexões sobre a aula tradicional, destacando a abordagem, a atenção e o esforço ideais que um professor deve adotar nesse cenário, visando proporcionar a melhor experiência de aprendizado para os alunos.

Nas próximas seções, abordaremos alguns dos aspectos mais relevantes da teoria de Ausubel. Para isso, começaremos apresentando o modelo cognitivo e de aprendizagem proposto por ele, seguido de explicações sobre os principais elementos internos e externos da aprendizagem.

6.1 OS PRINCIPAIS CONCEITOS DA TEORIA DE AUSUBEL

Conforme a teoria de Ausubel, os conceitos fundamentais relacionados à aprendizagem se organizam esquematicamente da seguinte maneira (Faria, 1989, p 7):

Figura 1 – Esquema ilustrativo da ocorrência da aprendizagem significativa.



Fonte: Farias (1999)

Ao analisar individualmente cada um desses conceitos, podemos observar:

6.1.1 A estrutura cognitiva

De acordo com Ausubel (citado por Faria, 1989, p. 8), a estrutura cognitiva representa o conjunto completo e organizado de ideias de um determinado indivíduo; ou, no contexto da aprendizagem de determinados temas, refere-se ao conteúdo e organização das suas ideias em uma área específica de conhecimento. Em resumo, a ênfase está na aquisição, armazenamento e organização das ideias na mente do indivíduo.

Segundo Ausubel, a estrutura cognitiva de cada indivíduo é altamente organizada e hierarquizada, de modo que as diversas ideias se conectam conforme as relações estabelecidas entre elas. Nessa estrutura, novos conceitos e ideias são ancorados e reorganizados à medida que o indivíduo os internaliza e aprende progressivamente.

Neste ponto, é relevante destacar a diferença conceitual entre a estrutura cognitiva definida pela teoria da atividade e aquela definida por Ausubel. Enquanto neste contexto há ênfase na aquisição, armazenamento e organização de ideias, na teoria da atividade, esse conceito está mais associado aos processos mentais superiores que influenciam a forma como o indivíduo estrutura suas atividades e estão na base de sua interação com o mundo objetivo.

6.1.2 Aprendizagem

Segundo Ausubel, a aprendizagem envolve a "ampliação" da estrutura cognitiva por meio da incorporação de novas ideias a ela. O tipo de relacionamento entre as ideias já presentes nessa estrutura e as novas que estão sendo internalizadas determina se a aprendizagem será mecânica ou significativa.

6.1.3 Aprendizagem Significativa

A aprendizagem é dita significativa quando uma nova informação adquire significados para o aluno através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, isto é, em conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação. Para (AUSUBEL, 1963, p. 58), a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento. Por exemplo, compreender o conceito de "fóton" será verdadeiramente significativo se houver uma clara relação com o conceito de luz e ondas eletromagnéticas.

Nessa perspectiva, os subsunçores são formados no primeiro contato dos alunos com o assunto, através das exposições verbais do professor. O lúdico (experimento da difração da luz), ao ser utilizado como ferramenta de ensino, proporciona ao discente um saber não arbitrário e não literal e, por ser prazeroso e significativo. Segundo Moreira (1999, p. 62),

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, este processo envolve a interação da nova formação com uma estrutura de conhecimento específica, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se ancora em conceitos ou preposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 1999, p. 62).

Para ser considerada significativa, a aprendizagem não apenas deve evitar relações arbitrárias, mas também precisa ser substancial. Isso significa que, ao aprender um determinado conteúdo dessa forma, o indivíduo será capaz de explicá-lo com suas próprias palavras. Dessa forma, um mesmo conceito pode ser descrito em termos sinônimos e ainda transmitir o mesmo significado (Aragão, 1976, p 21). Por esse motivo, que a "substancialidade" da aprendizagem indica que o aprendiz compreendeu o sentido e o significado do que foi ensinado, permitindo que ele expresse esse significado de várias maneiras.

Segundo Ausubel, o principal objetivo do ensino acadêmico é garantir que todas as ideias sejam aprendidas de maneira significativa. Isso é essencial para que essas novas ideias sejam retidas por um longo período e de forma consistente. Além disso, a aprendizagem significativa capacita o aprendiz a aplicar o novo conceito de maneiras inovadoras, independentemente do contexto inicial em que o conteúdo foi aprendido.

Por outro lado, a aprendizagem mecânica representa o oposto da aprendizagem significativa. Nesse caso, “novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos” (Moreira, 2009, p. 9-10). Ou seja, a nova informação armazena-se de forma arbitrária e literal. Contudo, as novas ideias são simplesmente memorizadas sem estabelecer conexões lógicas e claras com o conhecimento prévio do sujeito. Essas informações são armazenadas de maneira arbitrária, resultando em uma falta de flexibilidade em sua aplicação e durabilidade. Devido à falta de versalidade resultante desse tipo de aprendizado (que não é substancial), o indivíduo não consegue expressar o novo conteúdo de maneira diferente da forma em que foi inicialmente aprendido. Em vez disso, ele apenas memoriza a sequência de palavras que o define, sem compreender o significado ou a essência do novo material. Como resultado, ele não consegue aplicar esse conhecimento em contextos diferentes daquele em que foi originalmente apresentado. Por exemplo, no caso sobre o cachorro ser um

mamífero, a pessoa não conseguirá estabelecer a relação entre o cachorro e o ser humano, ou compreender que os mamíferos mamam.

Portanto, é relevante destacar que, embora Ausubel tenha dado grande ênfase à aprendizagem significativa, ele reconhecia que em determinadas situações do processo de ensino e aprendizagem, a abordagem mecânica era inevitável.

6.1.4 Aprendizagem por descoberta e por recepção

De acordo com a teoria de Ausubel, a aprendizagem pode ocorrer tanto por meio da descoberta quanto da recepção.

— **Descoberta:** o aluno é responsável por aprender de forma autônoma, descobrindo princípios, relações, leis, como ocorre na resolução de problemas.

— **Recepção:** o aluno recebe a informação pronta, como em uma aula expositiva, e sua tarefa é interagir ativamente com esse material, relacionando-o a ideias relevantes já presentes em sua estrutura cognitiva.

Por isso, essa pesquisa utilizará as duas formas de aprendizagem proposta por Ausubel pois os alunos terão que interagir com o experimento da difração da luz e a partir de suas observações e análise relacionar com os assuntos ministrados em sala de aula sobre o Modelo Atômico. Logo, Ausubel destaca que tanto as aprendizagens por recepção quanto por descoberta podem se tornar mecânicas. Isso ocorre quando as relações entre as ideias já presentes na estrutura cognitiva e a nova informação a ser aprendida não são logicamente claras para o aluno.

Na busca para promover a aprendizagem significativa, Ausubel propõe que a programação do conteúdo a ser ensinado obedeça basicamente a dois princípios básicos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Para Moreira a Diferenciação Progressiva (2009, p. 65) é “o princípio segundo o qual as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade”. Este princípio envolve a organização das ideias e conceitos em uma sequência que vai do geral ao específico, conforme defendido por Ausubel. Essa abordagem é fundamentada em dois motivos:

— “É mais fácil para o ser humano compreender os aspectos diferenciados de um todo (mais inclusivo) previamente aprendido, (...) do que formular o todo mais inclusivo a partir das suas partes diferenciadas previamente aprendidas” (Ausubel apud Faria, 1989, p 28). Ou seja, generalizar a partir de conceitos mais específicos é mais difícil do que aprender conceitos particulares a partir de um mais geral.

— Este tipo de hierarquia é a que acontece na mente de cada pessoa: as ideias mais gerais/ inclusivas ocupam o topo da estrutura cognitiva, e têm subordinadas a si ideias progressivamente mais específicas/ menos inclusivas.

Já a reconciliação integrativa é “o princípio programático segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes” (Ausubel apud Faria, 1989, p. 65). Nesse contexto, Ausubel se preocupa com a maneira como as ideias são apresentadas ao aluno e como ele as relacionará em sua estrutura cognitiva.

Portanto é mais comum preparar a apresentação do conteúdo de maneira análoga a essa hierarquização, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Já a reconciliação integrativa explora as relações entre os conceitos, percebendo semelhanças e diferenças entre eles. Acontece quando o estabelecimento das relações entre os conceitos específicos assimilados pelos alunos vai integrando novas informações que permitem a ampliação e evolução desses conceitos em níveis de formulação mais geral (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN,1980). Os dois processos ocorrem simultâneo, mas com intensidades diferentes, mas são imprescindíveis na construção cognitiva para a busca do conhecimento.

6.2 METODOLOGIA DE ENSINO

As aulas a serem detalhadas na seção 7, podem ser entendidas em três momentos: análise de conhecimentos prévios e existência de subsunçores (aula 1), intervenção pedagógica (Aula 2, 3 e 4) e avaliação da aprendizagem (aula 5).

As aulas 1 e 5 são parte fundamentais a qualquer processo de ensino aprendizagem, pois é necessário conhecer as necessidades educacionais do aluno e avaliar a assimilação de conhecimento. Todavia, na metodologia de Ausubel, em especial, é indispensável que o professor identifique o conhecimento prévio para poder promover a aprendizagem significativa.

Portanto antes do início da aplicação desta metodologia que apresentaremos para as aulas 2, 3 e 4, torna-se indispensável que o professor realize tal avaliação.

No processo de desenvolvimento desta sequência didática que é resultado do trabalho de dissertação, percebemos a ausência de conhecimentos prévios e dos subsunçores desenvolvidos ao longo do processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de temperatura e energia térmica, da natureza da Luz, dos fenômenos ondulatórios, dos modelos atômicos e das contribuições da espectroscopia ótica para o desenvolvimento dos modelos atômicos.

A fim de proporcionarmos uma aprendizagem significativa, a metodologia de ensino foi desenvolvida considerando os diferentes tipos de aprendizagem propostas por Ausubel. Portanto, a metodologia de ensino consistirá em 6 etapas, sendo:

1° Aprendizagem mecânica: esta etapa consiste em introduzir, os conhecimentos prévios necessários para a compreensão dos modelos atômicos, por meio de aulas expositivas sobre os temas.

2° Aprendizagem mecânica: Apresentar o modelo atômico e suas características.

3° Aprendizagem por recepção e descoberta: Neste momento pretende-se promover a aprendizagem usando recursos didáticos como experimentos e/ou simuladores para possibilitar que os alunos façam descobertas ou constatem as explicações apresentadas de forma mecânica.

4° Aprendizagem por recepção e descoberta: Consiste em apresentar as limitações do modelo atômico apresentador nas etapas 1 e 2, destacando as suas limitações em relação a capacidade de explicar os fenômenos físicos observados por meio da espectroscopia.

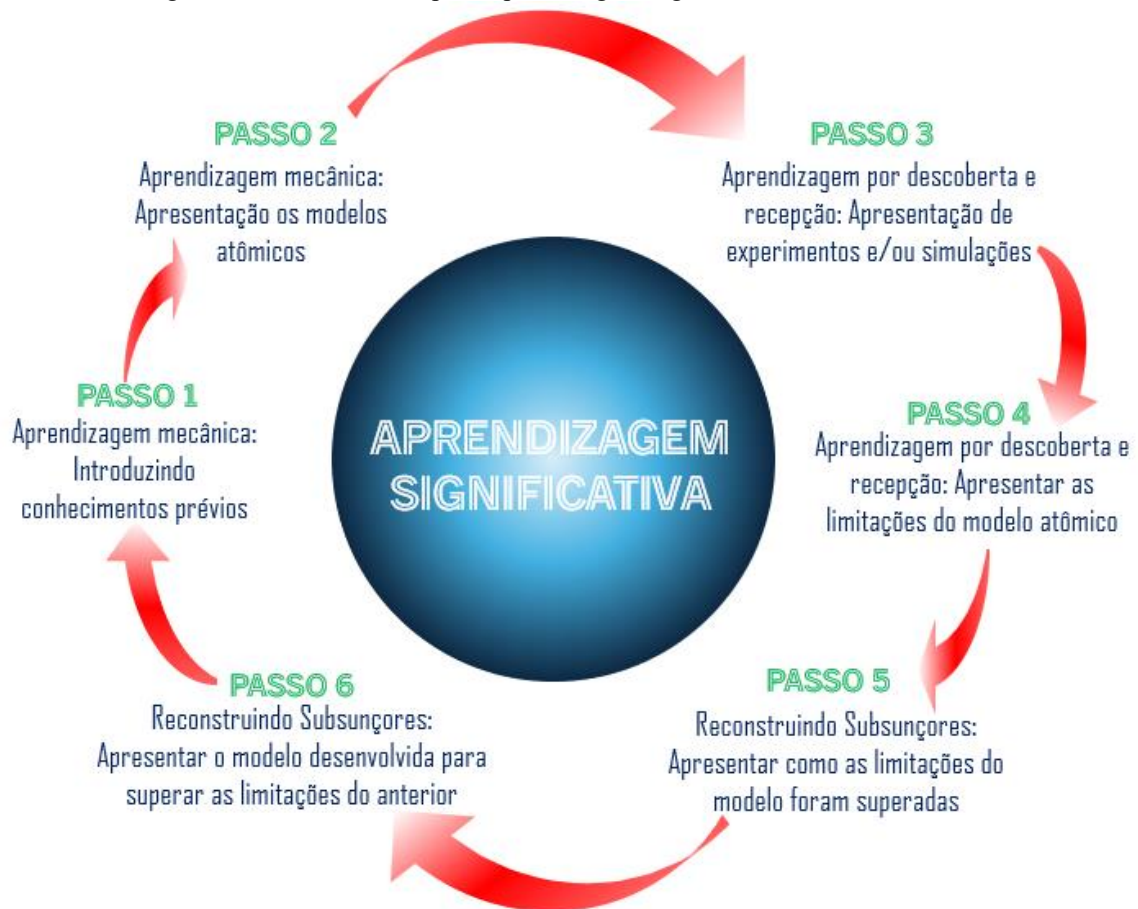
5° Reconstruindo Subsunçores: Apresentar os conceitos desenvolvidas para superar as limitações do antigo modelo atômico.

6° Reconstruindo Subsunçores: Apresentar o novo modelo atômico construído para superar as dificuldades do modelo atômico que o antecedeu.

Esta proposta metodológica de ensino se alicerça, nitidamente, na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, uma vez que, ela busca a partir da criação de um círculo didático que se conecta por meio de um processo cíclico, estabelecer três características da teoria de Ausubel: aprendizagem mecânica, aprendizagem por recepção e descoberta e, foca em fornecer os elementos necessários para a construção dos subsunçores, estruturas cognitivas que possibilitam ao aluno, de forma autônoma, estabelecer relações e estruturar conhecimento.

Para exemplificarmos essa metodologia analisaremos a figura 1.

Figura 2. Círculo Didático para Aprendizagem Significativa do Modelo atômico.



Fonte: Autoria Própria (2025).

7.1 AULA 01: PRÉ-TESTE DIAGNÓSTICO

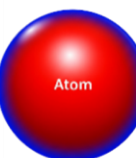
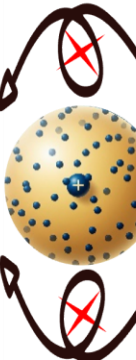
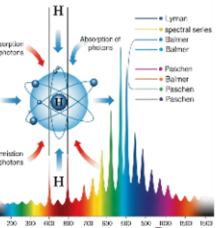
Quadro 3 – Quadro da aula 01

OBJETO DE CONHECIMENTO	HABILIDADES	OBJETIVO DE ENSINO	OBJETIVO DE APRENDIZAGEM	AVALIAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> Identificação de conceitos âncora relevantes; Diagnosticar Lacunas de Conhecimento. 	EM13CNT101	a) Identificar o nível de compreensão e as concepções iniciais dos alunos em relação aos principais conceitos de Óptica e do Eletromagnetismo.	<p>I- Avaliar o conhecimento prévio dos alunos para: Diagnosticar conhecimentos prévios, detectar lacunas no conhecimento, orientar o planejamento de ensino e motivar os alunos (MOREIRA, 2019);</p> <p>II- Mapear a organização cognitiva inicial sobre o tema;</p> <p>III- Estimular a curiosidade científica sobre fenômenos espectrais.</p>	Diagnóstica

Fonte: Autoria própria (2025)

O conhecimento prévio desempenha um papel essencial no processo de aprendizagem, pois facilita a assimilação de novos conteúdos, permitindo ao estudante compreender, relacionar e integrar informações de forma mais eficiente.

Nesse contexto, o pré-teste diagnóstico é composto por 10 questões discursivas. Conforme sugerido por Perrenoud (2000), a avaliação diagnóstica possibilita ao professor ajustar o conteúdo e as metodologias de ensino de acordo com o nível de compreensão dos alunos. Portanto, a seguir será apresentado os itens bem como os seus respectivos subsubções.



7.1.1 DETALHAMENTO DOS ITENS.

ÍTEM 01: Você já observou atentamente uma chama de vela? Por que a parte de baixo da chama é mais azulzinha e a parte de cima mais avermelhada? em qual parte da chama da vela a temperatura é maior/menor na azulzinha ou na avermelhada? Por que você acha isso?



Fonte: Autoria própria (2025).

Resposta com
subsunçores

A temperatura é maior na parte azulada, pois, na combustão completa, o calor liberado é maior. A temperatura é menor na parte avermelhada, onde a combustão é incompleta. Em outras palavras, quanto maior a frequência da radiação maior a energia.

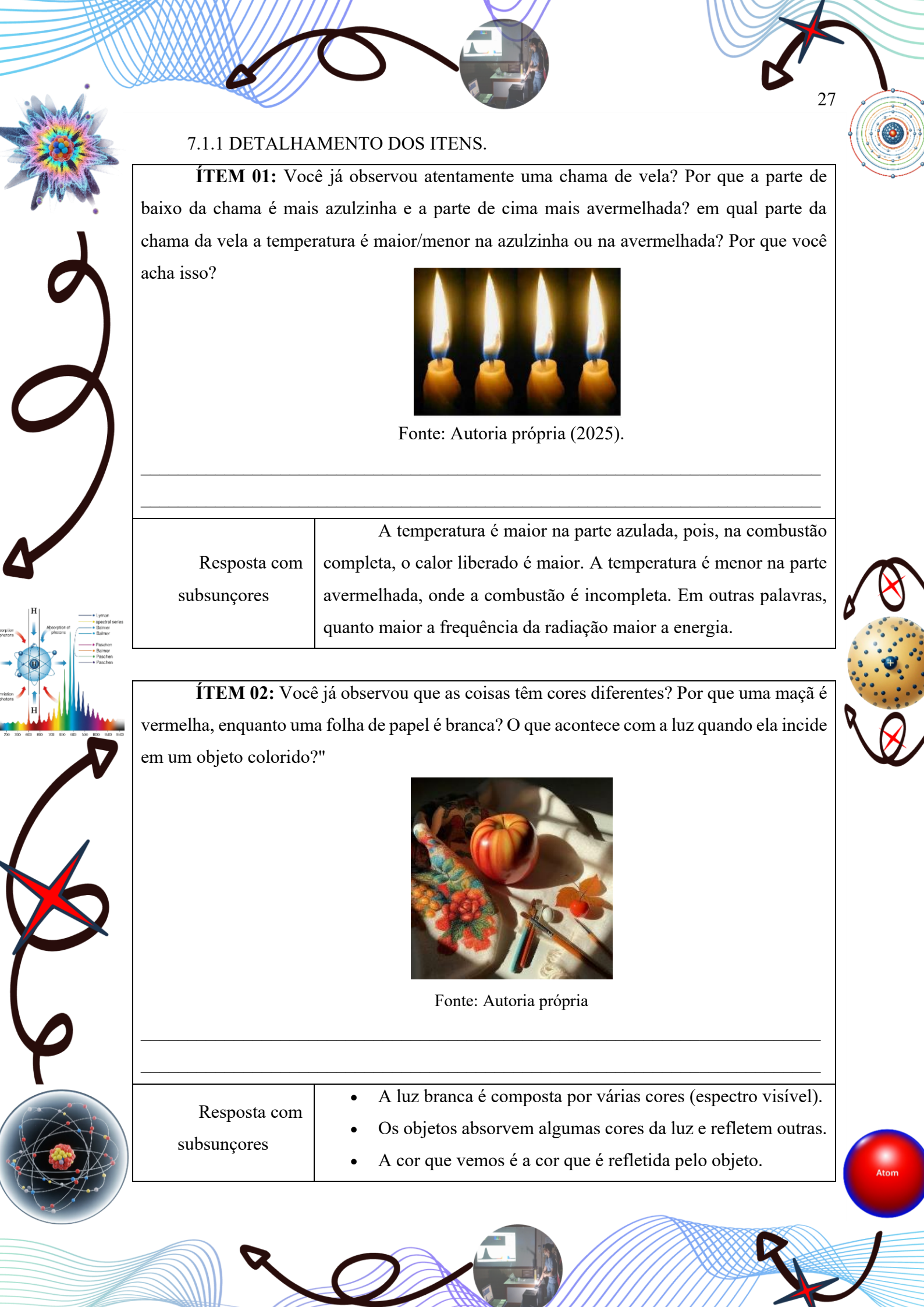
ÍTEM 02: Você já observou que as coisas têm cores diferentes? Por que uma maçã é vermelha, enquanto uma folha de papel é branca? O que acontece com a luz quando ela incide em um objeto colorido?"



Fonte: Autoria própria

Resposta com
subsunçores

- A luz branca é composta por várias cores (espectro visível).
- Os objetos absorvem algumas cores da luz e refletem outras.
- A cor que vemos é a cor que é refletida pelo objeto.



- No caso da maçã vermelha, ela absorve a maioria das cores da luz branca e reflete principalmente vermelha.

ÍTEM 03: Você já percebeu que em um dia quente, as roupas de cores escuras parecem mais quentes do que as claras? Por que será que isso acontece? O que a cor de uma roupa tem a ver com a sensação térmica?



Fonte: Autoria própria

Resposta com subseções

- As cores escuras absorvem mais energia luminosa do que as cores claras.
- A energia luminosa absorvida é convertida em energia térmica.
- Quanto mais calor a roupa absorve, maior será a sensação térmica de quem a está usando.
- Outros fatores, como o tipo de tecido e as condições climáticas, também influenciam a sensação térmica.

ÍTEM 04: Você já observou o céu estrelado em uma noite clara? Percebeu que as estrelas têm cores diferentes? Por que será que algumas estrelas são mais azuladas e outras mais avermelhadas? O que a cor de uma estrela pode nos dizer sobre ela?

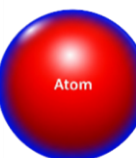
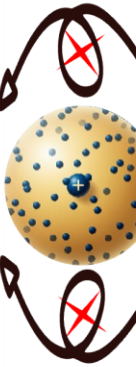
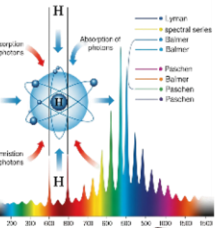


Figura 3 - Ilustração de estrelas de distintas cores.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/fYsYmW76xjT4Txkn6> . Acesso em 13/06/2025.

Resposta com subsunçores

- A cor de uma estrela está relacionada com sua temperatura.
- Estrelas mais quentes emitem luz com maior frequência (cor mais azulada), enquanto estrelas mais frias emitem luz com menor frequência (cor mais avermelhada).
- A cor de uma estrela também pode fornecer informações sobre sua composição química.
- Os astrônomos utilizam a espectroscopia para analisar a luz das estrelas e determinar sua temperatura, composição e outras características.

ÍTEM 05: Imagine que você quebrou um lápis. Você pode continuar quebrando-o em pedaços cada vez menores. Mas, e se você pudesse continuar quebrando esses pedaços infinitamente? Dalton acreditava que existia um limite para essa divisão, uma partícula tão pequena que não poderia ser dividida.

Figura 4 - Ilustração da situação problema.



Fonte: Autoria própria

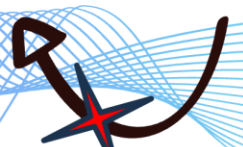
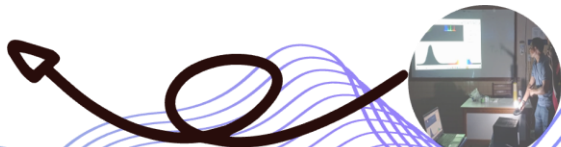
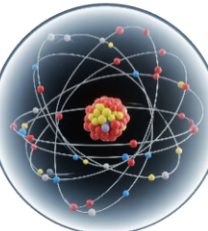
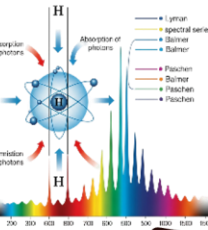
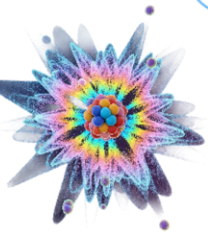
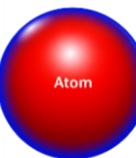
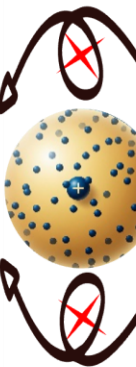
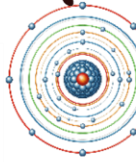
Resposta com
subsuñores

- O modelo de Dalton explicava de forma satisfatória a lei da conservação das massas e a lei das proporções definidas.
- O modelo de Dalton não conseguia explicar fenômenos como a radioatividade, a eletricidade e os espectros atômicos.
- A ideia de que o átomo é indivisível foi posteriormente refutada pela descoberta das partículas subatômicas (prótons, nêutrons e elétrons).

ÍTEM 06: Você já comeu pudim de passas? Imagine que o átomo é como um pudim, mas em vez de passas, ele tem partículas com carga negativa. Como você imagina que essas partículas negativas estão distribuídas dentro do átomo, de acordo com o modelo de Thomson?

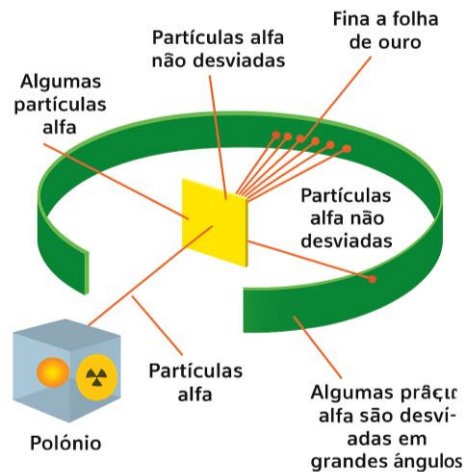
Resposta com
subsuñores

- No modelo de Thomson, o átomo é uma esfera de carga positiva, com os elétrons (cargas negativas) incrustados nela, como passas em um pudim.
- Essa analogia sugere que a carga positiva está distribuída uniformemente por todo o átomo.
- O modelo de Thomson não explica a existência de um núcleo atômico e não consegue explicar os resultados do experimento de Rutherford.



ÍTEM 07: Imagine que você atira bolinhas de gude em uma parede. O que você espera que aconteça? E se você atirasse essas bolinhas em uma peneira? O experimento de Rutherford foi um pouco parecido, mas em escala atômica. Ele "atirou" partículas em uma fina lâmina de ouro. Os resultados foram surpreendentes! Como você acha que esses resultados levaram Rutherford a propor um novo modelo para o átomo?

Figura 5 - Ilustração do experimento de Rutherford.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/VotigzniNAjupc5bA> . Acesso em 13/06/2025

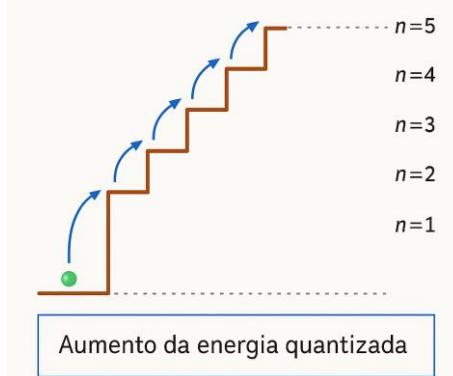
Resposta com
subsuçores

- A maioria das partículas alfa atravessou a lâmina de ouro, indicando que o átomo possui grandes espaços vazios.
- Algumas partículas alfas foram desviadas, sugerindo a existência de uma região central com carga positiva e massa concentrada.
- Poucas partículas alfas foram refletidas, indicando que essa região central é muito pequena em comparação com o tamanho do átomo.
- Com base nesses resultados, Rutherford propôs um modelo atômico com um núcleo pequeno e denso, carregado positivamente, e os elétrons orbitando ao redor do núcleo.

ÍTEM 08: Imagine uma escada. Cada degrau representa um nível de energia diferente. Quando você sobe um degrau, você ganha energia. E quando você desce, você

libera energia. Os elétrons nos átomos são como pessoas subindo e descendo uma escada. Quando um elétron "sobe" para um nível de energia mais alto, ele absorve energia. E quando ele "desce", ele libera essa energia na forma de luz. Como essa ideia explica as diferentes cores que vemos nos fogos de artifício?

Figura 6 – ilustração dos níveis de energia acessíveis.

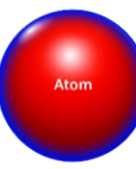


Fonte: <https://images.app.goo.gl/fa4v5gYJLPZraU4y6> . Acesso em 13/06/2025.

Resposta com
subsuñores

- Os elétrons nos átomos ocupam níveis de energia específicos.
- Quando um átomo absorve energia, seus elétrons podem ser excitados para níveis de energia mais altos.
- Ao retornar ao estado fundamental, os elétrons liberam a energia excedente na forma de luz.
- A cor da luz emitida depende da diferença de energia entre os níveis de energia envolvidos na transição eletrônica.

ÍTEM 09: Imagine um prédio com andares bem definidos. O modelo de Bohr é como esse prédio, com os elétrons ocupando andares específicos (níveis de energia). Mas e se os elétrons não fossem tão "organizados" assim? E se eles pudessem estar em diferentes "quartos" dentro de cada andar? O modelo quântico nos ajuda a entender essa complexidade. Como os orbitais atômicos explicam essa ideia de "quartos" dentro do átomo?

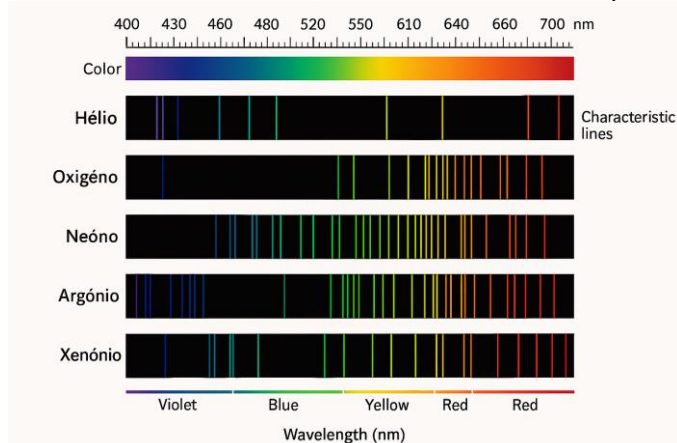


Resposta com
subsunçores

- O modelo de Bohr, embora tenha sido um avanço significativo, apresenta limitações ao descrever átomos com muitos elétrons.
- O modelo quântico, baseado na mecânica ondulatória, oferece uma descrição mais precisa da estrutura atômica, considerando a natureza dual (onda-partícula) dos elétrons.
- Os orbitais atômicos representam regiões do espaço ao redor do núcleo onde há maior probabilidade de encontrar um elétron.
- Os orbitais têm diferentes formas e orientações no espaço, o que explica a complexidade dos espectros atômicos e a formação de ligações químicas.

ÍTEM 10: Imagine que você está em um concerto e quer identificar os diferentes instrumentos musicais que estão sendo tocados. Cada instrumento produz um som único, certo? Da mesma forma, cada elemento químico produz um "som" único quando seus elétrons mudam de nível de energia. Como os espectros atômicos, que são como as "partituras" desses "sons", podem nos ajudar a identificar quais elementos estão presentes em uma amostra?

Figura 7 - espectro de emissão de distintos átomos, enfatizando o fato de cada possuir um espectro distinto.



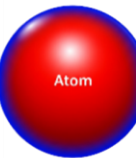
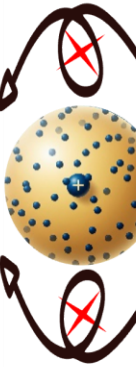
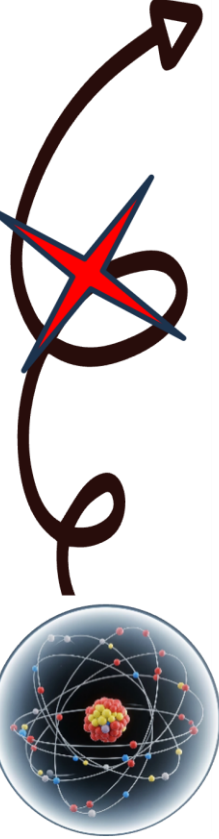
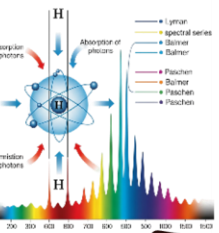
Fonte: <https://images.app.goo.gl/6oNQgdf6KuYYZjyTA> . Acesso em 13/05/2025.

<p>Resposta com subsunçores</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cada elemento químico possui um espectro de emissão único, como uma "impressão digital". • As linhas presentes no espectro correspondem às transições eletrônicas entre os níveis de energia dos átomos. • Comparando o espectro de uma amostra desconhecida com os espectros de referência de elementos conhecidos, é possível identificar quais elementos estão presentes na amostra. • A espectroscopia é uma técnica poderosa utilizada em diversas áreas, como astronomia, química analítica e forense.
---------------------------------	---

Para auxiliar professores e pesquisadores na correção, apresentamos um quadro que categoriza as respostas dos alunos de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

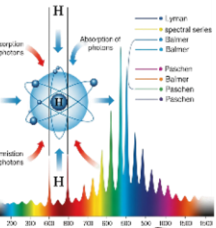
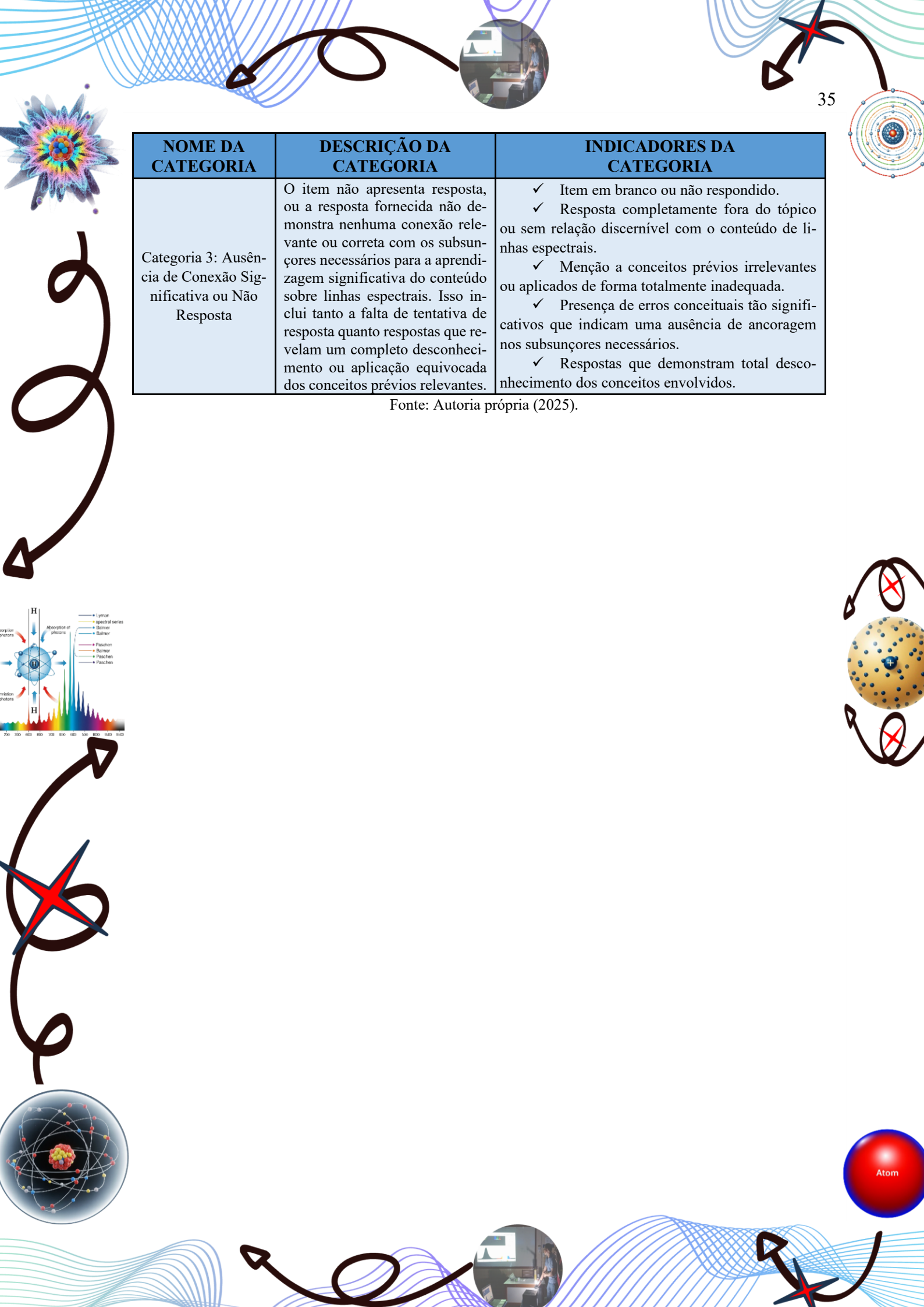
Quadro 4 - Quadro descritivo das categorias de análise.

NOME DA CATEGORIA	DESCRIÇÃO DA CATEGORIA	INDICADORES DA CATEGORIA
<p>Categoria 1: Evidência Robusta de Aprendizagem Significativa</p>	<p>O argumento do discente demonstra uma conexão clara e precisa entre os novos conceitos sobre linhas espectrais e os subsunçores relevantes. Há evidências de assimilação significativa, onde o novo conhecimento é incorporado à estrutura cognitiva de forma não arbitrária e substantiva.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilização correta de conceitos prévios (subsunçores) para explicar fenômenos relacionados às linhas espectrais. ✓ Demonstração de compreensão das relações entre diferentes conceitos (por exemplo, energia, níveis eletrônicos, fótons, comprimentos de onda). ✓ Capacidade de aplicar os conceitos aprendidos em novos contextos ou para resolver problemas relacionados. ✓ Ausência de contradições significativas com os conceitos científicos estabelecidos. ✓ Elaboração de explicações que vão além da mera repetição de informações.
<p>Categoria 2: Evidência Parcial de Aprendizagem Significativa</p>	<p>O argumento do discente apresenta alguma conexão com os subsunçores relevantes, mas essa conexão pode ser superficial, incompleta ou com algumas imprecisões. Pode haver uma compreensão inicial, mas a assimilação significativa ainda não está totalmente consolidada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menção a subsunçores relevantes, mas sem uma elaboração completa ou conexão clara com os novos conceitos. ✓ Presença de algumas ideias corretas, mas misturadas com equívocos ou simplificações excessivas. ✓ Dificuldade em aplicar os conceitos em novos contextos ou para resolver problemas. ✓ Possíveis inconsistências ou contradições parciais com os conceitos científicos estabelecidos. ✓ Respostas que demonstram uma compreensão fragmentada do conteúdo.



NOME DA CATEGORIA	DESCRIÇÃO DA CATEGORIA	INDICADORES DA CATEGORIA
<p>Categoria 3: Ausência de Conexão Significativa ou Não Resposta</p>	<p>O item não apresenta resposta, ou a resposta fornecida não demonstra nenhuma conexão relevante ou correta com os subsunçores necessários para a aprendizagem significativa do conteúdo sobre linhas espectrais. Isso inclui tanto a falta de tentativa de resposta quanto respostas que revelam um completo desconhecimento ou aplicação equivocada dos conceitos prévios relevantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Item em branco ou não respondido. ✓ Resposta completamente fora do tópico ou sem relação discernível com o conteúdo de linhas espectrais. ✓ Menção a conceitos prévios irrelevantes ou aplicados de forma totalmente inadequada. ✓ Presença de erros conceituais tão significativos que indicam uma ausência de ancoragem nos subsunçores necessários. ✓ Respostas que demonstram total desconhecimento dos conceitos envolvidos.

Fonte: Aatoria própria (2025).



7.2 AULA 02: DA ESPECTROSCOPIA AO MODELO ATÔMICO

A proposta das aulas 2 e 3, inicialmente, é criar subsunçores nos alunos de forma mecânica, por meio de aulas expositivas.

De acordo com Ausubel, quando não há conhecimento prévio sobre um conceito, o mais geral deve ser introduzido primeiro. Dessa forma, o objetivo principal dessa Sequência Didática (SD) é realizar um experimento de baixo custo de espectroscopia óptica, que será utilizado para relacionar os conceitos da espectroscopia com o Modelo Atômico, promovendo a aprendizagem significativa.

Quadro 5 – Quadro da aula 02

OBJETO DE CONHECIMENTO	COMPETENCIAS GERAIS E HABILIDADES	OBJETIVO DE ENSINO	OBJETIVO DE APRENDIZAGEM	AVALIAÇÃO
a) Temperatura e energia térmica; b) Natureza das ondas; características das ondas: Refração, reflexão, difração e absorção da luz; c) Dualidade Onda-Partícula da Luz; d) Contexto histórico da espectroscopia óptica; e) As Leis de Kirchhoff.	EM13CNT301	a) Apresentar a evolução histórica do estudo da luz, em especial da Espectroscopia Óptica destacando as principais contribuições de cientistas desde Isaac Newton a Gustav Kirchhoff; b) Fornecer exemplos históricos e experimentais, como o experimento da dupla fenda de Young, para ilustrar como a luz pode se comportar como onda.	I- Reconhecer a importância histórica do estudo da luz (de Newton a Maxwell); II- Autoavaliar dificuldades na compreensão da dualidade onda-partícula; III- Reconhecer que a luz é uma onda eletromagnética e relacionar as cores com determinado comprimento de onda.	Diagnóstica e Somativa

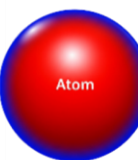
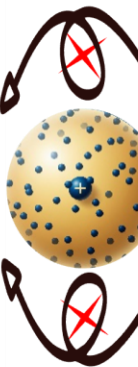
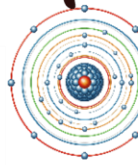
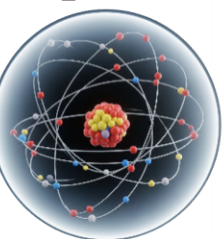
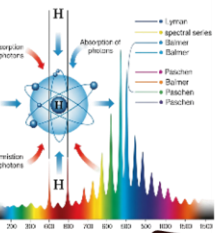
Fonte: A autoria própria (2025).

Os objetos de conhecimentos trabalhados nas aulas 02 e 03 são em especial conceitos de assuntos não identificados como conhecimentos prévios no pré-teste e, portanto, precisam ser trabalhados.

Relacionado aos objetos de conhecimentos temos:

a) TEMPERATURA E ENERGIA TÉRMICA

Como definição para temperatura temos:



"A temperatura é uma medida do nível de agitação molecular de uma substância, sendo uma das propriedades termodinâmicas mais importantes que determinam o comportamento de sistemas físicos" (Resnick; Halliday; Krane, 2002, p. 486).

A energia térmica é a energia relacionada ao movimento das suas partículas microscópicas, como átomos e moléculas.

"A energia térmica de um sistema é a soma das energias cinéticas e potenciais de suas partículas constituintes, e essa energia está diretamente relacionada ao aumento da temperatura do sistema" (Tipler; Mosca, 2007, p. 362).

Fica como sugestão para facilitar a compreensão dos conceitos utilizar o simulador do Phet Colorado (https://phet.colorado.edu/pt_BR/).

b) NATUREZA DAS ONDAS E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

As ondas são fenômenos físicos que envolvem a propagação de uma perturbação ou oscilação que transmite energia de um ponto a outro, sem que haja deslocamento da matéria em si. Elas podem ser mecânicas, quando necessitam de um meio material para se propagar (como o som), ou eletromagnéticas, que podem se propagar no vácuo, como as ondas luminosas.

c) PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS:

a) Amplitude:

"A amplitude de uma onda é uma medida da intensidade da perturbação, com uma maior amplitude significando maior transferência de energia" (Halliday, Resnick, & Walker, 2014, p. 462).

b) Comprimento de Onda (λ):

"O comprimento de onda é uma medida da distância entre pontos em fase em uma onda e está relacionado com a sua frequência e velocidade" (Serway & Jewett, 2018, p. 368).

c) Frequência (f):

A frequência é o número de oscilações ou ciclos que uma onda realiza em um segundo. Medida em hertz (Hz), a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda: quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda (Tipler & Mosca, 2007).

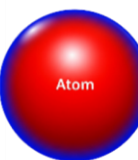
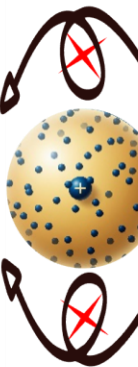
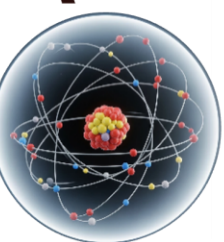
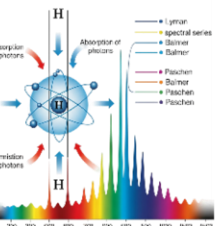
d) Período (T): O período é o tempo necessário para que uma partícula complete uma oscilação e está relacionado com a frequência pela equação" (Halliday, Resnick, & Walker, 2014, p. 460).

e) Velocidade de Propagação (v):

"A velocidade de uma onda em um meio depende das propriedades desse meio e pode ser expressa pela relação" (Serway & Jewett, 2018, p. 370).

$$V = \lambda \cdot F$$

f) Reflexão e Absorção da luz.



“A absorção ocorre quando a luz incide sobre um material e sua energia é convertida em outras formas de energia, como calor. Já a reflexão é a devolução da luz para o meio de origem” (Halliday, Resnick, & Walker, 2014, p. 629).

c) DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA DA LUZ

Nesse momento é importante destacar aos estudantes que ao projetar luz monocromática através de duas fendas muito próximas entre si, Thomas Young observou padrões de franjas claras e escuras em um anteparo, resultado da interferência construtiva e destrutiva das ondas luminosas provenientes de cada fenda. Tal observação só poderia ser explicada se a luz apresentasse comportamento ondulatório. Como destaca Feynman (2006, p. 37), “é um experimento que contém o único mistério da mecânica quântica”, referindo-se à sua versão moderna com partículas, mas que desde a sua formulação clássica já introduzia uma ruptura com o modelo corpuscular clássico.

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2011), “o padrão de interferência de duas fendas é uma prova inequívoca da natureza ondulatória da luz”, sobretudo porque não pode ser explicado apenas por trajetórias retas como ocorreria em um modelo puramente corpuscular.

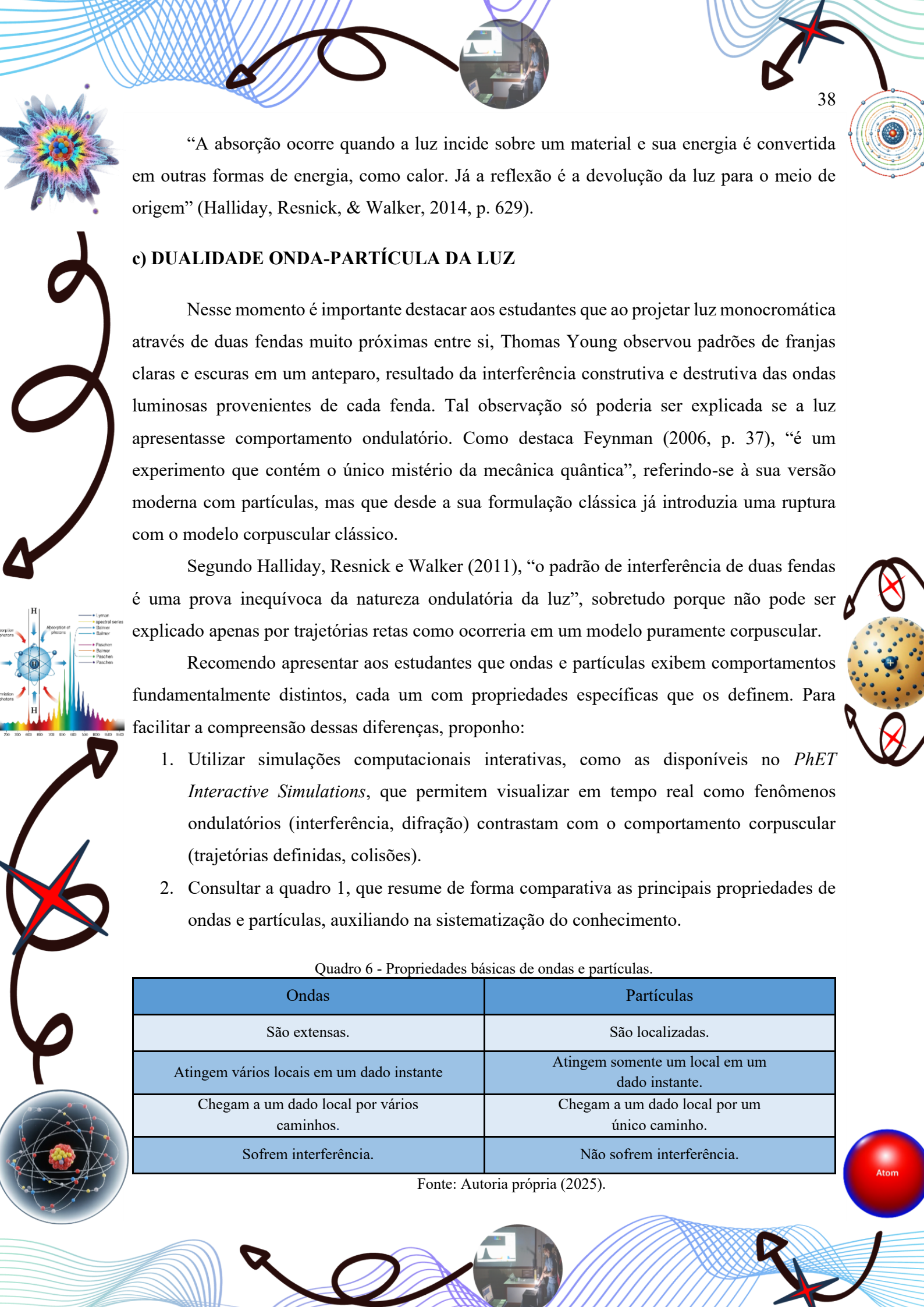
Recomendo apresentar aos estudantes que ondas e partículas exibem comportamentos fundamentalmente distintos, cada um com propriedades específicas que os definem. Para facilitar a compreensão dessas diferenças, proponho:

1. Utilizar simulações computacionais interativas, como as disponíveis no *PhET Interactive Simulations*, que permitem visualizar em tempo real como fenômenos ondulatórios (interferência, difração) contrastam com o comportamento corpuscular (trajetórias definidas, colisões).
2. Consultar a quadro 1, que resume de forma comparativa as principais propriedades de ondas e partículas, auxiliando na sistematização do conhecimento.

Quadro 6 - Propriedades básicas de ondas e partículas.

Ondas	Partículas
São extensas.	São localizadas.
Atingem vários locais em um dado instante	Atingem somente um local em um dado instante.
Chegam a um dado local por vários caminhos.	Chegam a um dado local por um único caminho.
Sofrem interferência.	Não sofrem interferência.

Fonte: Autoria própria (2025).



d) A ESPECTROSCOPIA ÓPTICA

Um breve resumo.

O estudo da espectroscopia teve um papel fundamental no avanço do conhecimento científico, inicialmente aprofundando a compreensão da natureza da luz e do fenômeno das cores, e posteriormente contribuindo para a identificação de elementos químicos (FILGUEIRAS, 1996).

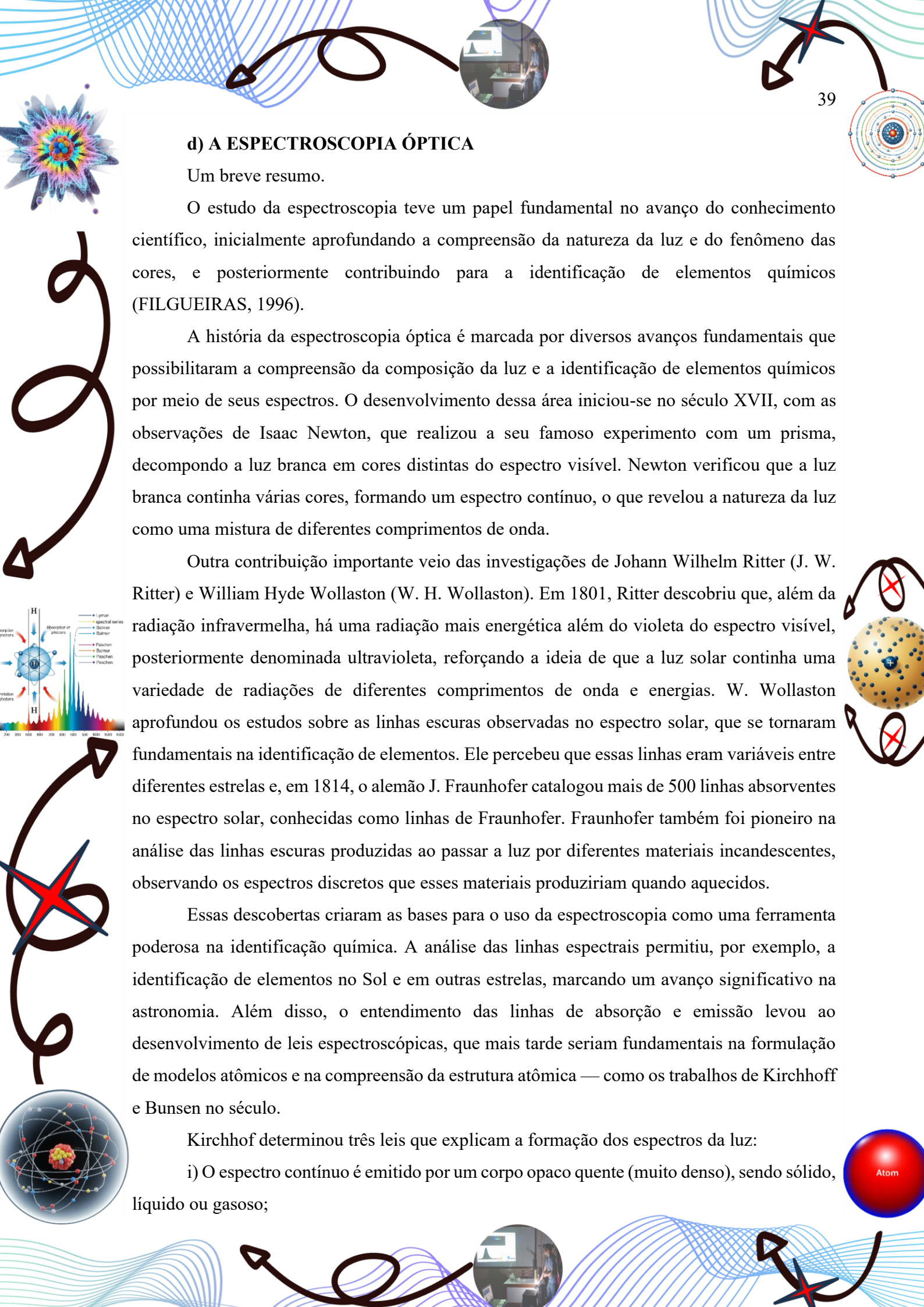
A história da espectroscopia óptica é marcada por diversos avanços fundamentais que possibilitaram a compreensão da composição da luz e a identificação de elementos químicos por meio de seus espectros. O desenvolvimento dessa área iniciou-se no século XVII, com as observações de Isaac Newton, que realizou a seu famoso experimento com um prisma, decompondo a luz branca em cores distintas do espectro visível. Newton verificou que a luz branca continha várias cores, formando um espectro contínuo, o que revelou a natureza da luz como uma mistura de diferentes comprimentos de onda.

Outra contribuição importante veio das investigações de Johann Wilhelm Ritter (J. W. Ritter) e William Hyde Wollaston (W. H. Wollaston). Em 1801, Ritter descobriu que, além da radiação infravermelha, há uma radiação mais energética além do violeta do espectro visível, posteriormente denominada ultravioleta, reforçando a ideia de que a luz solar continha uma variedade de radiações de diferentes comprimentos de onda e energias. W. Wollaston aprofundou os estudos sobre as linhas escuras observadas no espectro solar, que se tornaram fundamentais na identificação de elementos. Ele percebeu que essas linhas eram variáveis entre diferentes estrelas e, em 1814, o alemão J. Fraunhofer catalogou mais de 500 linhas absorventes no espectro solar, conhecidas como linhas de Fraunhofer. Fraunhofer também foi pioneiro na análise das linhas escuras produzidas ao passar a luz por diferentes materiais incandescentes, observando os espectros discretos que esses materiais produziram quando aquecidos.

Essas descobertas criaram as bases para o uso da espectroscopia como uma ferramenta poderosa na identificação química. A análise das linhas espectrais permitiu, por exemplo, a identificação de elementos no Sol e em outras estrelas, marcando um avanço significativo na astronomia. Além disso, o entendimento das linhas de absorção e emissão levou ao desenvolvimento de leis espectroscópicas, que mais tarde seriam fundamentais na formulação de modelos atômicos e na compreensão da estrutura atômica — como os trabalhos de Kirchhoff e Bunsen no século.

Kirchhoff determinou três leis que explicam a formação dos espectros da luz:

i) O espectro contínuo é emitido por um corpo opaco quente (muito denso), sendo sólido, líquido ou gasoso;



- ii) Um gás transparente (pouco denso), produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a cor dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás;
- iii) O espectro de absorção é produzido quando um espectro contínuo passa por um gás a temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (de absorção).

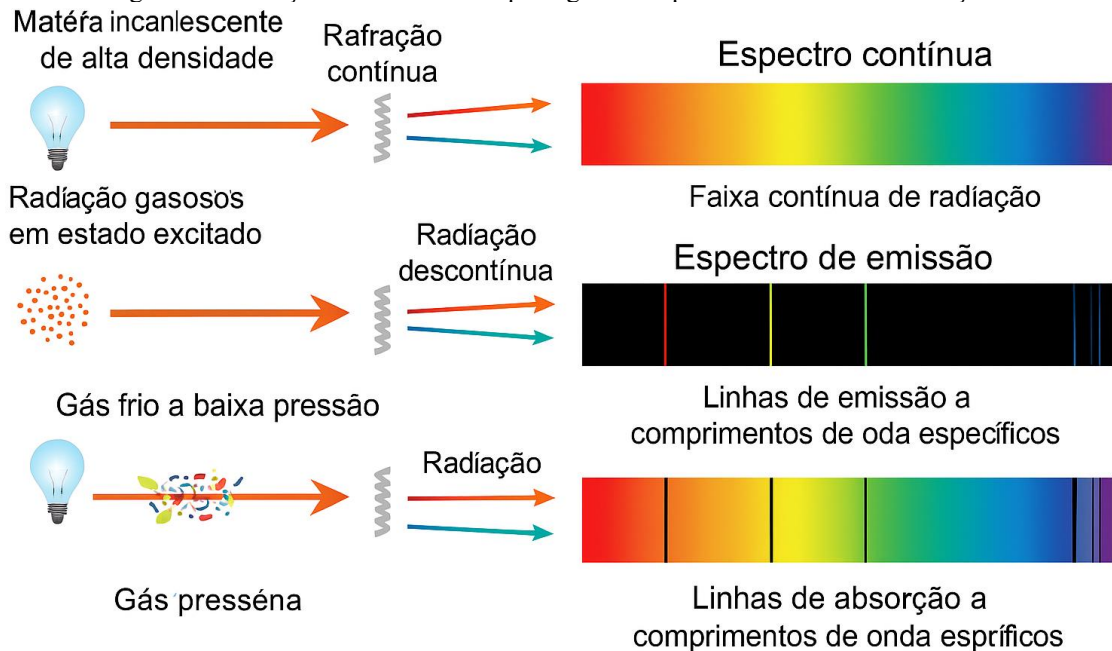
Figura 8 - Figura ilustrativa do Espectroscópio de Bunsen e Kirchhoff.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/UyizeUMBKm8GgmDZ7> . Acesso em 13/06/2025.

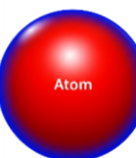
Dessa forma, o espectro de emissão, assim como o número e a posição das suas linhas, está diretamente relacionado aos elementos químicos presentes no gás (Oliveira, 2017). A figura a seguir ilustra o resultado experimental das leis de Kirchhoff.

Figura 9 - Ilustração das leis básicas que regem os espectros de emissão e absorção.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/CHGCisbhEum4WBZP9> . Acesso em 13/06/2025.

Após trabalharmos as leis de Kirchhoff da espectroscopia em sala, especialmente a distinção entre espectros contínuos, de emissão e de absorção, a realização do experimento de



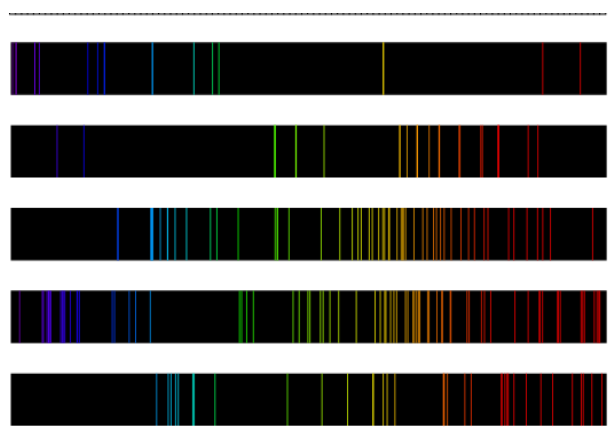
espectroscopia óptica é essencial para consolidar o entendimento dos alunos. Para essa SD, o experimento será aplicado na aula 03 após a implementação dos conceitos básicos necessários. Além disso, ele fortalece a ideia de que os espectros são ‘assinaturas’ únicas dos elementos, o que permite discutir aplicações práticas, como análise de estrelas ou diagnósticos laboratoriais.

Após a conclusão do tópico sobre os espectros da luz, sugerimos que o aluno faça um resumo breve de até 3 minutos, em seguida responda três itens apresentados no pré-teste e o terceiro item é uma provocação para a próxima aula.

São eles:

01- Imagine que vocês estejam em um concerto e queiram identificar os diferentes instrumentos musicais que estão sendo tocados. Cada instrumento produz um som único, certo? Da mesma forma, cada elemento químico produz um "som" único quando seus elétrons mudam de nível de energia. Como os espectros atômicos, que são como as "partituras" desses "sons", podem nos ajudar a identificar quais elementos estão presentes em uma amostra?

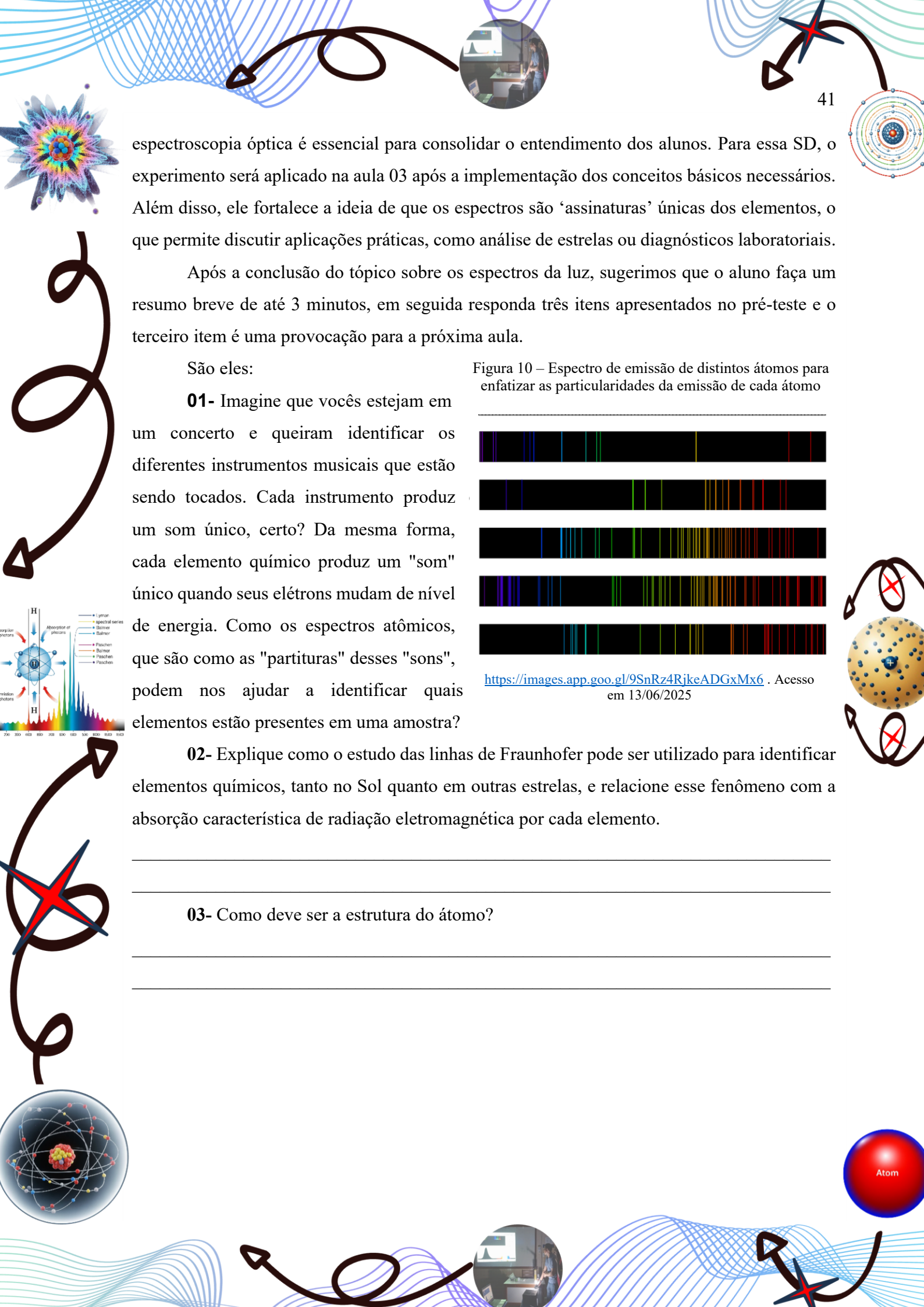
Figura 10 – Espectro de emissão de distintos átomos para enfatizar as particularidades da emissão de cada átomo



<https://images.app.goo.gl/9SnRz4RjkeADGxMx6> . Acesso em 13/06/2025

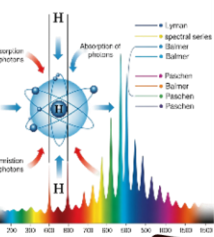
02- Explique como o estudo das linhas de Fraunhofer pode ser utilizado para identificar elementos químicos, tanto no Sol quanto em outras estrelas, e relacione esse fenômeno com a absorção característica de radiação eletromagnética por cada elemento.

03- Como deve ser a estrutura do átomo?



7.3 AULA 03: A INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA E OS MODELOS ATÔMICOS DE DALTON E THOMSON

Quadro 7 - Quadro da aula 03

OBJETO DE CONHECIMENTO	HABILIDADES	OBJETIVO DE ENSINO	OBJETIVO DE APRENDIZAGEM	AValiação
<p>a) A Luz como onda eletromagnética; b) A lei de Wien; c) O experimento da espectroscopia óptica; d) Os modelos atômicos de Dalton e Thomson.</p> 	EM13CNT301	<p>a) Explicar a natureza da luz como uma onda eletromagnética, abordando as propriedades fundamentais das ondas, como frequência, comprimento de onda, e velocidade de propagação.</p> <p>b) Discutir a importância da Lei de Wien na termodinâmica e no estudo dos corpos negros, relacionando-a com o conceito de radiação térmica;</p> <p>c) Apresentar o modelo atômico de Thomson, conhecido como o modelo "pudim de passas", no qual os elétrons são distribuídos em uma esfera de carga positiva.</p>	<p>a) Relacionar a luz com outras formas de radiação eletromagnética no espectro (como micro-ondas, infravermelho, ultravioleta);</p> <p>b) Aplicar a Lei de Wien para interpretar espectros de radiação e fazer estimativas de temperatura de fontes luminosas.</p> <p>c) Reconhecer como as teorias atômicas evoluíram com o tempo e como essas mudanças refinaram a compreensão da estrutura atômica, preparando a base para modelos mais avançados, como o de Bohr e o modelo quântico.</p>	Diagnóstica e Somativa

Fonte: Autoria própria (2025).

Serão abordados conteúdo do eletromagnetismo, com destaque para a Lei de Wien, e a tentativa de explicar o modelo atômico, destacando como essas teorias evoluíram ao longo do tempo para formar a base da compreensão atual sobre a matéria. A sugestão é que se aplique o experimento antes de explicar sobre os modelos atômicos pois um dos objetivos principais dessa SD é utilizar o experimento como um objeto que demonstra na prática as linhas espectrais e busca de um modelo atômico que o explicasse.

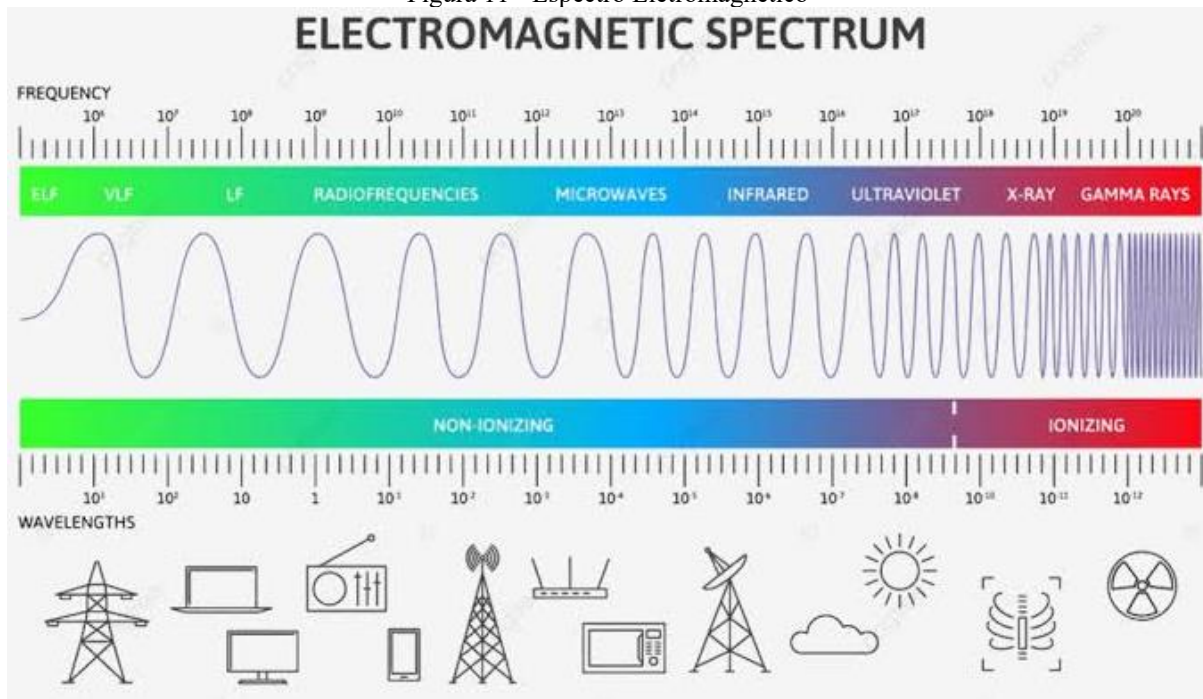
a) A LUZ COMO ONDA ELETROMAGNÉTICA

Nesse tópico a sugestão é adotar a relação entre luz e ondas eletromagnéticas, com uma ênfase especial no contexto histórico que possibilita aos estudantes uma compreensão mais profunda e contextualizada do tema. Esse é um conteúdo fundamental no ensino de física, e

acredito que uma abordagem bem estruturada e com base histórica não apenas facilita a compreensão, mas também desperta o interesse dos alunos.

Nesse sentido é importante reforçar aos estudantes que foi com as descobertas de James Clerk Maxwell no século XIX que a visão da luz como onda se consolidou de forma mais robusta. Pois, em sua Teoria Eletromagnética da Luz (1865), Maxwell propôs que a luz era, na verdade, uma onda eletromagnética, composta por campos elétricos e magnéticos oscilantes que se propagam no espaço. Isso revolucionou a física, pois unificou os campos da eletricidade, magnetismo e óptica, mostrando que a luz não era apenas um fenômeno óptico, mas um tipo de onda que compartilhava as mesmas propriedades das ondas eletromagnéticas em geral. Como Maxwell afirmou: "A luz é apenas uma das formas de radiação, que é parte do vasto espectro eletromagnético" (Maxwell, 1865).

Figura 11 - Espectro Eletromagnético



Fonte: <https://images.app.goo.gl/Nqr8wPZAQQGYXzCG8>. Acessado em 13/06/2025

Para ilustrar melhor utilize gráficos e simulações digitais, no caso sugiro os simuladores do phet colorado (<https://phet.colorado.edu>) para que os alunos visualizem as diferentes frequências e comprimentos de onda que caracterizam essas radiações.

Veja, quando explicamos a radiação eletromagnética apenas com base na teoria ondulatória — como Maxwell descreveu no século XIX — conseguimos interpretar muitos fenômenos, como a propagação da luz, a refração e a difração. No entanto, essa abordagem não é suficiente para explicar por que certos átomos emitem (ou absorvem) radiação apenas em comprimentos de onda específicos, resultando nas famosas linhas espectrais. Assim, os

discentes precisam entender que a limitação reside no fato de que a teoria ondulatória prevê um espectro contínuo, não discreto. Mas as linhas espectrais observadas experimentalmente mostram que a emissão e absorção de energia ocorre em quantidades bem definidas.

Portanto o experimento, bem-sucedido, corrobora para uma boa compreensão da limitação do modelo ondulatório da luz e a busca por um modelo atômico que explicasse as linhas espectrais ou níveis de energia discreta.

b) A LEI DE WIEN.

Para começar, apresente aos alunos a noção básica de radiação térmica. Explique que todos os corpos, independentemente de sua temperatura, emitem radiação eletromagnética. A radiação que um corpo emite depende diretamente de sua temperatura. Por exemplo, uma chama de vela, com temperatura de aproximadamente 1000 K, emite radiação com um pico no infravermelho, enquanto a superfície do Sol, com temperatura de cerca de 5778 K, emite radiação com um pico no visível. Isso é um reflexo da relação entre temperatura e comprimento de onda na radiação emitida, e é justamente o que a Lei de Wien descreve.

A Lei de Wien estabelece que o comprimento de onda no qual ocorre o pico da radiação emitida por um corpo negro (ou seja, o comprimento de onda em que ele emite mais radiação) é inversamente proporcional à temperatura do corpo. A equação que descreve a Lei de Wien é dada por:

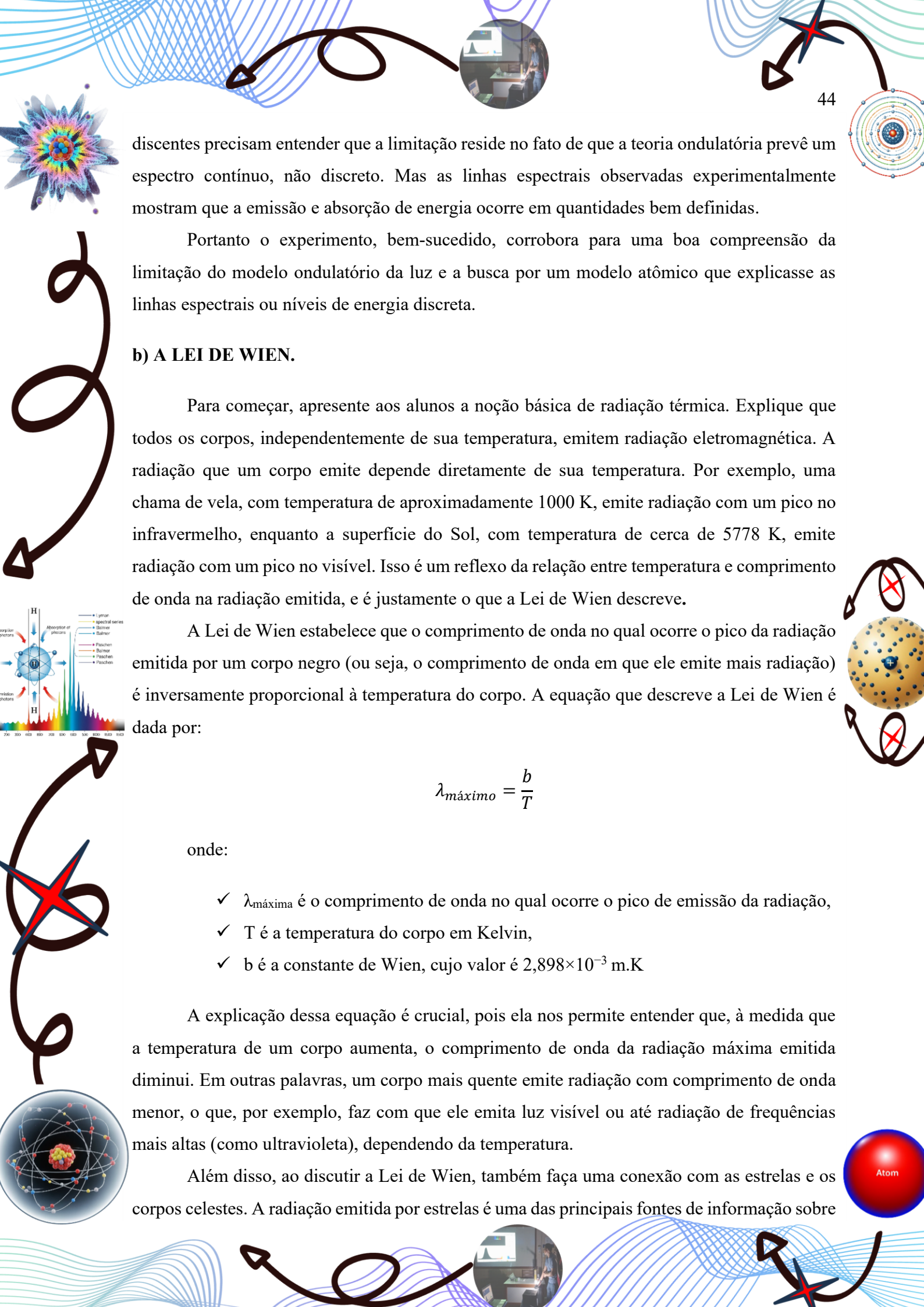
$$\lambda_{\text{máximo}} = \frac{b}{T}$$

onde:

- ✓ $\lambda_{\text{máxima}}$ é o comprimento de onda no qual ocorre o pico de emissão da radiação,
- ✓ T é a temperatura do corpo em Kelvin,
- ✓ b é a constante de Wien, cujo valor é $2,898 \times 10^{-3}$ m.K

A explicação dessa equação é crucial, pois ela nos permite entender que, à medida que a temperatura de um corpo aumenta, o comprimento de onda da radiação máxima emitida diminui. Em outras palavras, um corpo mais quente emite radiação com comprimento de onda menor, o que, por exemplo, faz com que ele emita luz visível ou até radiação de frequências mais altas (como ultravioleta), dependendo da temperatura.

Além disso, ao discutir a Lei de Wien, também faça uma conexão com as estrelas e os corpos celestes. A radiação emitida por estrelas é uma das principais fontes de informação sobre



suas temperaturas. Como mencionado no livro Tipler (2008), a partir da Lei de Wien, podemos calcular a temperatura de uma estrela observando a cor da sua radiação. Estrelas quentes, como as azuis, têm temperaturas superiores a 10.000 K e emitem radiação predominantemente na faixa do ultravioleta e visível. Já estrelas mais frias, como as vermelhas, têm temperaturas mais baixas, abaixo de 4000 K, e emitem radiação no infravermelho.

Por fim, ao concluir a aula, faço uma recapitulação de como a Lei de Wien se aplica tanto a fenômenos naturais quanto a tecnologias modernas, como câmeras infravermelhas, termômetros e dispositivos de medição térmica. Enfatizo que a Lei de Wien não é apenas uma teoria abstrata, mas uma ferramenta poderosa para estudar tudo, desde a radiação de corpos celestes até o funcionamento de dispositivos de consumo diário.

c) O EXPERIMENTO DA ESPECTROSCOPIA ÓPTICA

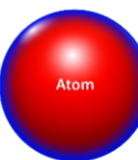
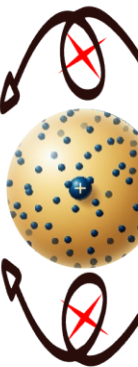
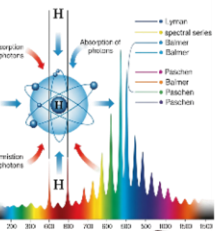
Considerando a organização dos conteúdos a serem abordados, julguei ser pertinente apresentar o experimento nesta aula, pois, com os conceitos básicos já estabelecidos anteriormente, será mais fácil para os discentes compreenderem o espectro da luz emitido por diferentes tipos de materiais. Segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando o novo conhecimento é relacionado com o conhecimento prévio do aluno. No caso, como os conceitos fundamentais já foram trabalhados, os alunos possuem um referencial mais sólido, o que permitirá que construam novos conhecimentos de maneira mais integrada e significativa, ao relacionarem as propriedades da luz com os materiais em estudo.

Nesse sentido, a ideia é que ao realizar o experimento, os alunos possam conectar os conceitos previamente aprendidos com as observações práticas, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura.

Outro fator relevante é que o experimento deve ser construído e testado pelo professor antes de ser apresentado aos estudantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

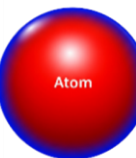
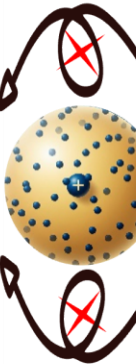
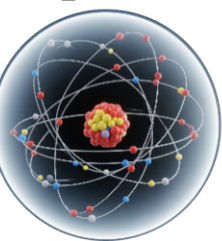
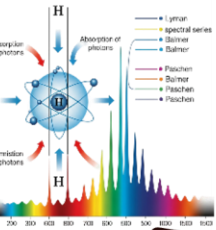
A Figura 1 apresenta o protótipo desenvolvido neste trabalho. As principais componentes do espectrômetro óptico foram montadas em uma caixa de MDF (Medium-Density Fiberboard), que foi revestida com tinta preta. Em um dos lados da caixa foi feita uma fenda e com o auxílio de duas pequenas placas metálicas (lâminas de barbear) foi construída uma fenda de ~ 0.5 mm de abertura. Uma lente convergente, extraída de uma lupa, foi fixada



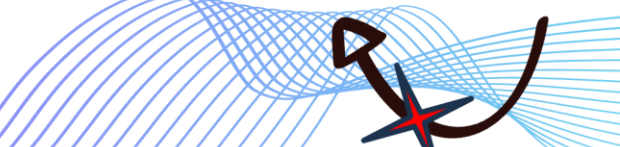
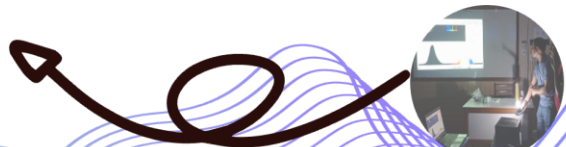
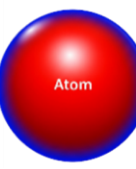
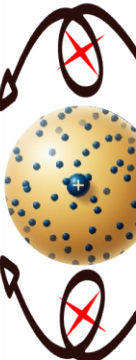
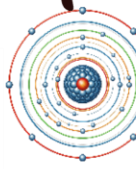
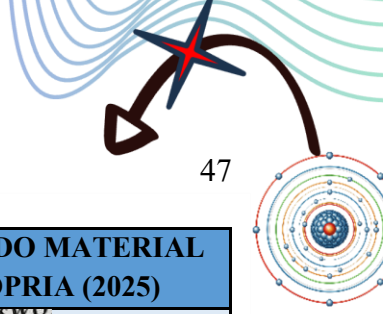
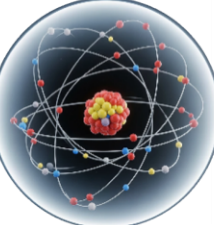
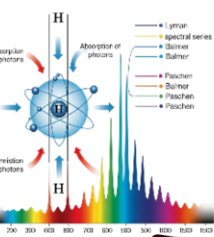
dentro da caixa de forma que seu foco ($f \approx 12 \text{ cm}$) estivesse sobre a fenda de entrada. Para a obtenção dos espectros foi utilizada uma grade de difração comercial de 1000 fendas/mm e uma webcam (Logitech HD 720p), as quais são mostradas no quadro 9.


Quadro 8 - Materiais utilizados

QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	IMAGENS ILUSTRATIVA DO MATERIAL FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2025)
1	Caixa de MDF	
1	Webcam	
1	Rede de difração	
1	Lente de borda fina	
1	Bocal	
1	Maçarico	



QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	IMAGENS ILUSTRATIVA DO MATERIAL FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2025)
1	Lâmina de barbear que funcionou como fendas.	
1	Sal de cozinha (NaCl)	
1	sal de cobre (II) - cloreto de cobre (CuCl ₂)	
1	Nitrato de bário - Ba(NO ₃) ₂	
1	Lâmpada de Led	
1	Medidor de temperatura	
1	Vareta metálica	



QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	IMAGENS ILUSTRATIVA DO MATERIAL FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2025)
1	Computador	

Fonte: Autoria própria (2025).

CONSTRUÇÃO DO ESPECTRÔMETRO

Para montar seu próprio espectrômetro, você precisará:

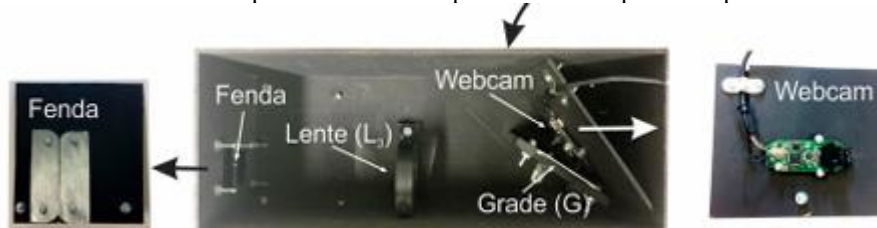
- ✓ Uma webcam USB (preferencialmente com boa sensibilidade e resolução);
- ✓ Uma grade de difração (por exemplo, 1000 linhas/mm);
- ✓ Uma fenda ajustável para entrada de luz;
- ✓ Uma caixa opaca para montagem dos componentes.

Figura 12 – experimento de espectroscopia ótica de baixo custo



Fonte: Autoria própria (2025).

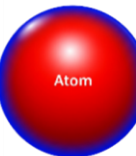
Figura 13 – visão interna do posicionamento experimento de espectroscopia ótica de baixo custo



Fonte: Autoria própria (2025).

É importante ressaltar o uso do software **Theremino Spectrometer** para fazer a análise espectral. O manual completo do software, com instruções detalhadas de uso e calibração, está disponível em PDF (theremino.com/wp-content/uploads/files/Theremino_Spectrometer_Help_ENG.pdf).

O **Theremino Spectrometer** é um software gratuito e de código aberto desenvolvido para análise espectral da luz, sendo ideal para aplicações educacionais e projetos de baixo custo. Ele possibilita a visualização em tempo real do espectro luminoso capturado por uma webcam

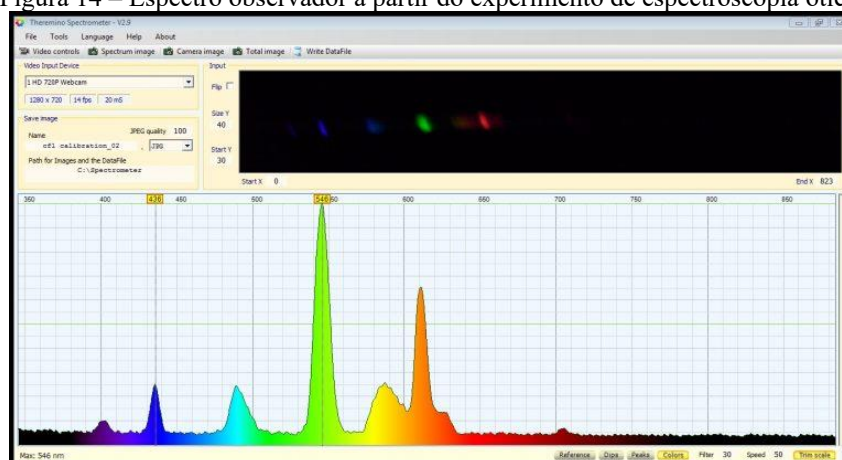


modificada, além de facilitar a identificação de picos espectrais e a calibração com fontes de luz conhecidas.

🔧 COMO FUNCIONA

O sistema utiliza uma webcam comum, modificada com um elemento difrativo (como uma grade de difração de 1000 linhas/mm) e um fenda ajustável, montados em uma estrutura opaca. A luz entra pela fenda, é dispersa pela grade e capturada pela câmera, permitindo que o software exiba o espectro correspondente, como pode ser visualizado na **figura 37**.

Figura 14 – Espectro observado a partir do experimento de espectroscopia ótica.



Fonte: Autoria própria (2025).

🛠️ INSTALAÇÃO E USO DO SOFTWARE THEREMINO SPECTROMETER

#1 Download do software

- ❖ Acesse o site oficial: <https://www.theremino.com/en/downloads/automation#spectrometer>;

- ❖ Baixe o pacote do *Theremino Spectrometer* (formato .ZIP).

#2 Extração dos arquivos

- ❖ Extraia o conteúdo do ZIP para uma pasta dedicada (não exige instalação tradicional).

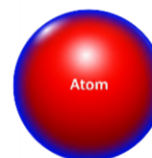
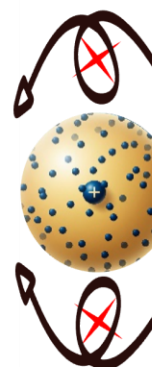
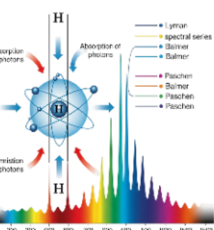
#3 Execução do programa

- ❖ Dentro da pasta extraída, execute o arquivo *Theremino_Spectrometer.exe*;
- ❖ Não é necessário instalar — o programa roda direto do executável.

#4 Conexão da webcam

- ❖ Conecte uma webcam USB que será usada como sensor;
- ❖ O software reconhecerá automaticamente a câmera.

#5 Calibração



- ❖ Abra o software e vá ao menu de **calibração**;
- ❖ Use uma fonte de luz conhecida (ex: lâmpada fluorescente, laser verde ou LED RGB);
- ❖ Ajuste os picos espectrais de acordo com os comprimentos de onda esperados (em nm).

#6 Análise espectral

- ❖ Com o sistema calibrado, o software mostrará em tempo real o gráfico espectral da luz incidente;
- ❖ Você poderá analisar fontes diversas (ex: chamas com sais, luz solar, LEDs etc.).

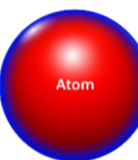
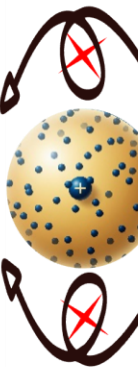
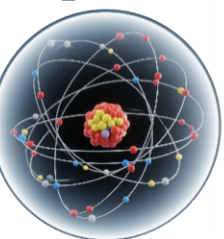
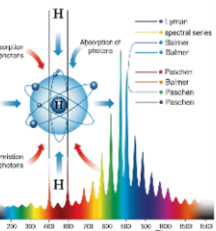
d) OS MODELOS ATÔMICOS DE DALTON E THOMSON

Sabe-se que os físicos do século XIX enfrentavam algumas dificuldades na busca de entender a constituição atômica, considerando as descobertas fundamentais de espectroscopia, eletromagnetismo e as implicações da Lei de Wien. Esse período foi marcado por grandes avanços na física, mas também por muitas questões não resolvidas que desafiaram os cientistas, particularmente em relação à natureza da matéria e à compreensão dos átomos. As descobertas mais avançadas naquela época, como a espectroscopia e o trabalho em eletromagnetismo, trouxeram novos desafios e questões, pois mostravam uma realidade mais complexa e sutil sobre o comportamento da matéria.

É muito importante enfatizar para os estudantes que a espectroscopia de absorção e emissão de luz, ofereceu aos cientistas informações cruciais, mas ao mesmo tempo levantou várias questões. Com os experimentos de espectroscopia realizados por cientistas como Bunsen e Kirchhoff, ficou esclarecido que quando os átomos ou moléculas são aquecidos, eles emitem luz em linhas discretas, e não em um espectro contínuo, como seria esperado por uma onda clássica (Bunsen & Kirchhoff, 1859). Isso indicava que os átomos não se comportavam de forma simples, como as partículas clássicas imaginadas até então.

Sugiro que em sala de aula, ao abordar essas questões com os alunos, é importante destacar como essas descobertas desafiaram o entendimento clássico da matéria e abriram caminho para a revolução quântica. Ao discutir a espectroscopia, por exemplo, podemos questionar por que os átomos emitem luz em linhas discretas, algo que a teoria de ondas de Maxwell não conseguia explicar. O desafio estava em entender como a radiação não era simplesmente uma interação contínua entre as partículas, mas algo mais profundo que envolvia a quantização da energia.

Aqui surgia uma grande dúvida: por que os átomos emitiam ou absorviam luz em linhas específicas e não em um espectro contínuo, como sugeriam as teorias da física clássica, que estavam profundamente influenciadas pela concepção de ondas e pela teoria do eletromagnetismo, que era amplamente aceita na época?



Portanto, para responder essas perguntas era necessário encontrar um modelo para o Átomo.

e) O MODELO ATÔMICO DE DALTON

Ao abordar o conteúdo sobre o modelo atômico de Dalton com seus alunos do ensino médio, começa contextualizando o momento histórico em que a teoria foi proposta, no início do século XIX, e o impacto que ela teve no desenvolvimento da ciência da época. O modelo atômico de Dalton foi um marco importante, sendo a primeira proposta científica a tratar a matéria de forma sistemática como sendo composta por átomos indivisíveis, o que ajudou a solidificar a ideia de que os elementos químicos eram constituídos de partículas fundamentais.

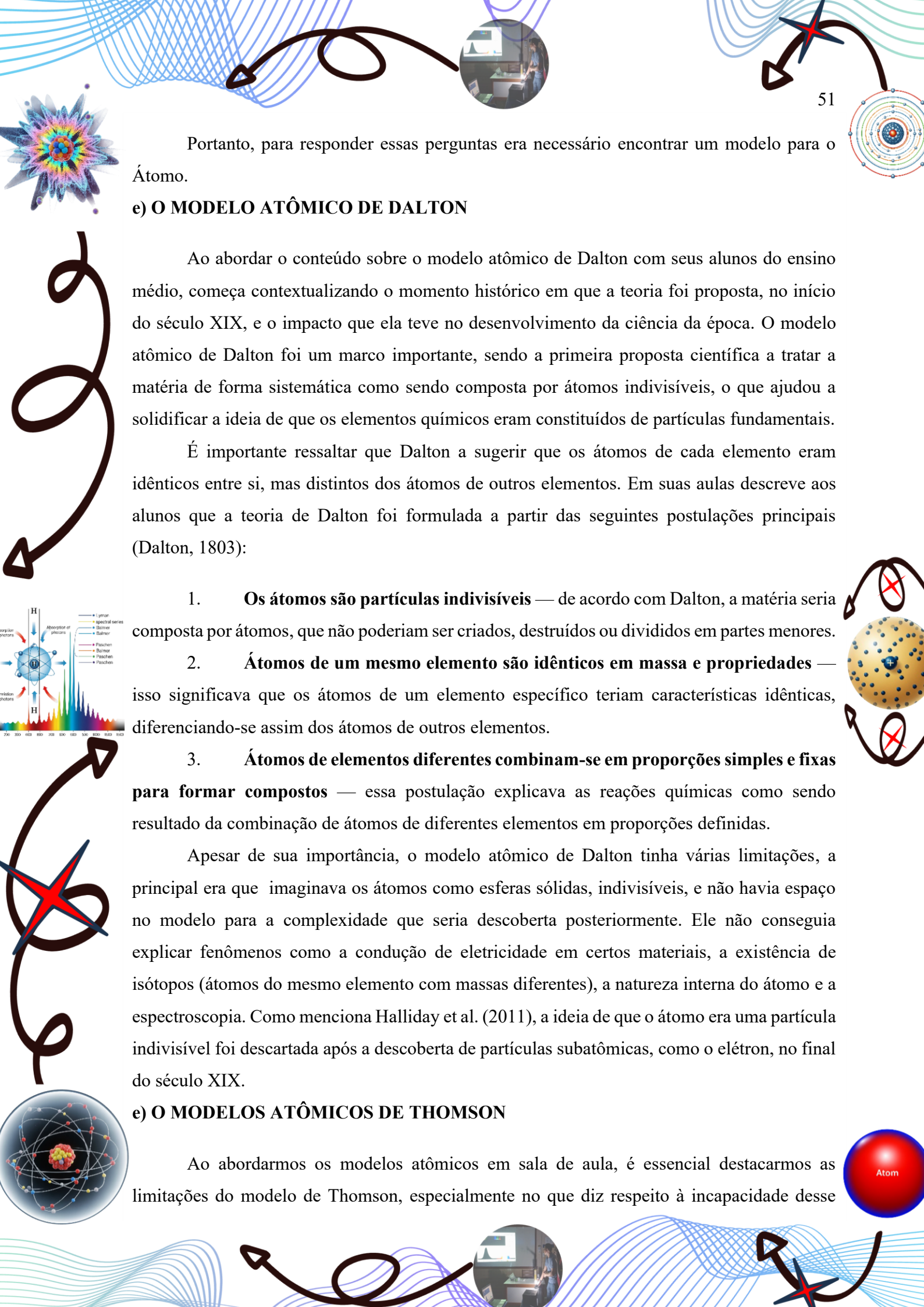
É importante ressaltar que Dalton a sugerir que os átomos de cada elemento eram idênticos entre si, mas distintos dos átomos de outros elementos. Em suas aulas descreve aos alunos que a teoria de Dalton foi formulada a partir das seguintes postulações principais (Dalton, 1803):

1. **Os átomos são partículas indivisíveis** — de acordo com Dalton, a matéria seria composta por átomos, que não poderiam ser criados, destruídos ou divididos em partes menores.
2. **Átomos de um mesmo elemento são idênticos em massa e propriedades** — isso significava que os átomos de um elemento específico teriam características idênticas, diferenciando-se assim dos átomos de outros elementos.
3. **Átomos de elementos diferentes combinam-se em proporções simples e fixas para formar compostos** — essa postulação explicava as reações químicas como sendo resultado da combinação de átomos de diferentes elementos em proporções definidas.

Apesar de sua importância, o modelo atômico de Dalton tinha várias limitações, a principal era que imaginava os átomos como esferas sólidas, indivisíveis, e não havia espaço no modelo para a complexidade que seria descoberta posteriormente. Ele não conseguia explicar fenômenos como a condução de eletricidade em certos materiais, a existência de isótopos (átomos do mesmo elemento com massas diferentes), a natureza interna do átomo e a espectroscopia. Como menciona Halliday et al. (2011), a ideia de que o átomo era uma partícula indivisível foi descartada após a descoberta de partículas subatômicas, como o elétron, no final do século XIX.

e) O MODELOS ATÔMICOS DE THOMSON

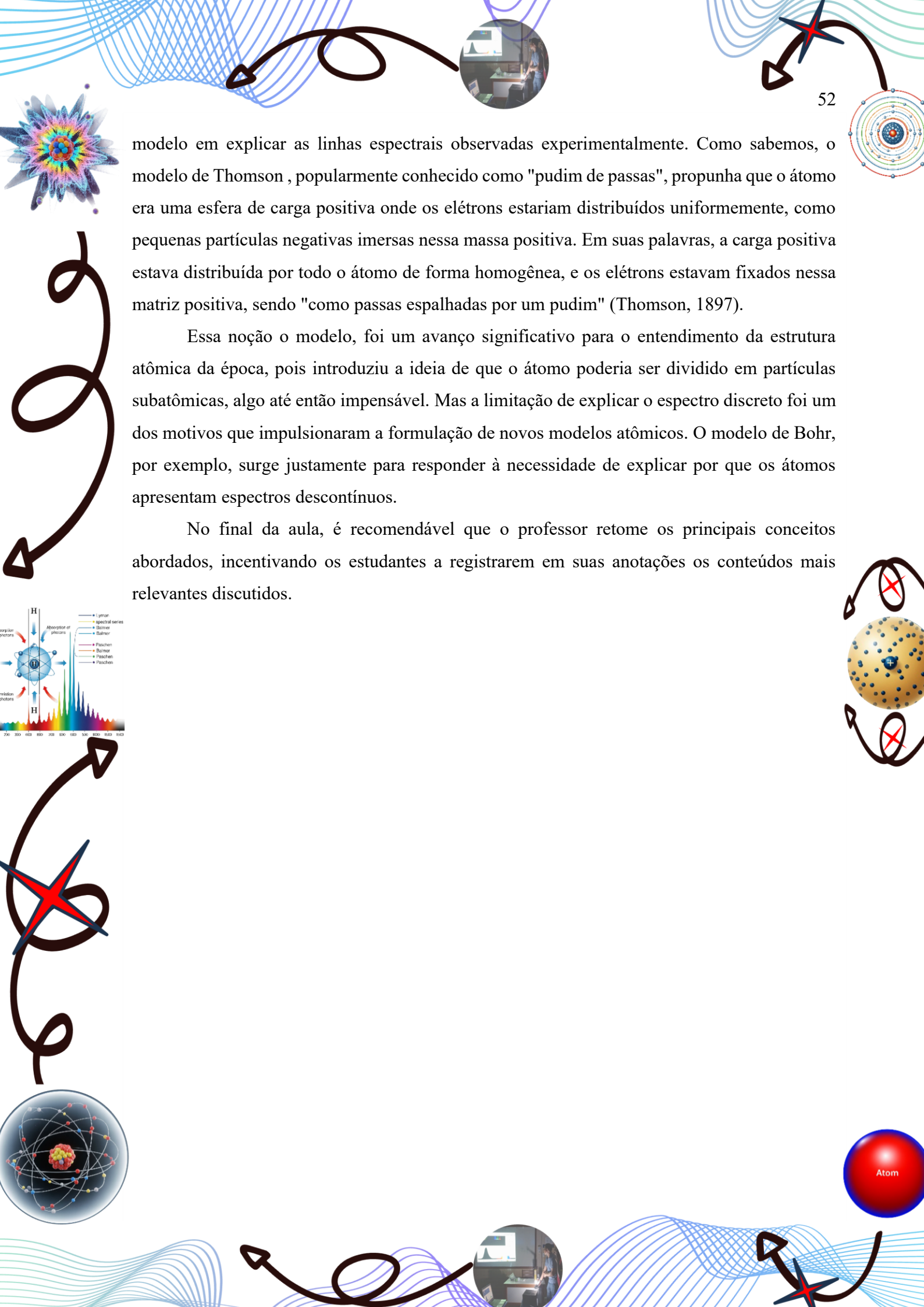
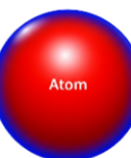
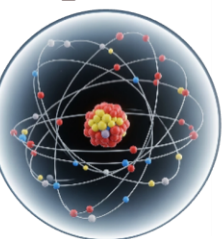
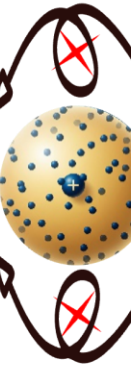
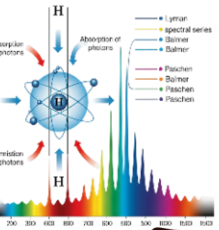
Ao abordarmos os modelos atômicos em sala de aula, é essencial destacarmos as limitações do modelo de Thomson, especialmente no que diz respeito à incapacidade desse



modelo em explicar as linhas espectrais observadas experimentalmente. Como sabemos, o modelo de Thomson, popularmente conhecido como "pudim de passas", propunha que o átomo era uma esfera de carga positiva onde os elétrons estariam distribuídos uniformemente, como pequenas partículas negativas imersas nessa massa positiva. Em suas palavras, a carga positiva estava distribuída por todo o átomo de forma homogênea, e os elétrons estavam fixados nessa matriz positiva, sendo "como passas espalhadas por um pudim" (Thomson, 1897).

Essa noção o modelo, foi um avanço significativo para o entendimento da estrutura atômica da época, pois introduziu a ideia de que o átomo poderia ser dividido em partículas subatômicas, algo até então impensável. Mas a limitação de explicar o espectro discreto foi um dos motivos que impulsionaram a formulação de novos modelos atômicos. O modelo de Bohr, por exemplo, surge justamente para responder à necessidade de explicar por que os átomos apresentam espectros descontínuos.

No final da aula, é recomendável que o professor retome os principais conceitos abordados, incentivando os estudantes a registrarem em suas anotações os conteúdos mais relevantes discutidos.



7.4 AULA 04: O EXPERIMENTO DA ESPECTROSCOPIA ÓPTICA E OS MODELOS ATÔMICOS

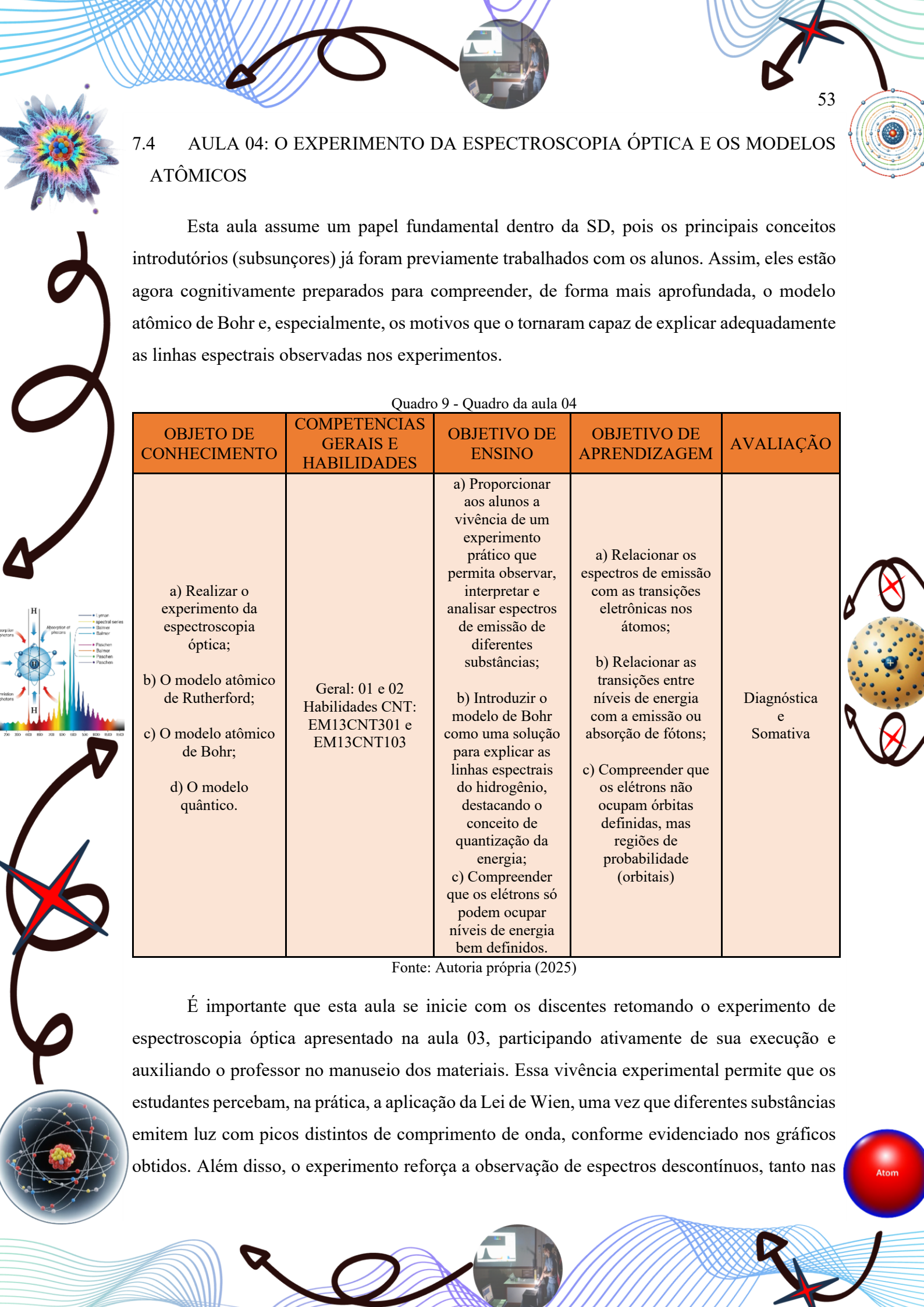
Esta aula assume um papel fundamental dentro da SD, pois os principais conceitos introdutórios (subsunçores) já foram previamente trabalhados com os alunos. Assim, eles estão agora cognitivamente preparados para compreender, de forma mais aprofundada, o modelo atômico de Bohr e, especialmente, os motivos que o tornaram capaz de explicar adequadamente as linhas espectrais observadas nos experimentos.

Quadro 9 - Quadro da aula 04

OBJETO DE CONHECIMENTO	COMPETENCIAS GERAIS E HABILIDADES	OBJETIVO DE ENSINO	OBJETIVO DE APRENDIZAGEM	AVALIAÇÃO
a) Realizar o experimento da espectroscopia óptica; b) O modelo atômico de Rutherford; c) O modelo atômico de Bohr; d) O modelo quântico.	Geral: 01 e 02 Habilidades CNT: EM13CNT301 e EM13CNT103	a) Proporcionar aos alunos a vivência de um experimento prático que permita observar, interpretar e analisar espectros de emissão de diferentes substâncias; b) Introduzir o modelo de Bohr como uma solução para explicar as linhas espectrais do hidrogênio, destacando o conceito de quantização da energia; c) Compreender que os elétrons só podem ocupar níveis de energia bem definidos.	a) Relacionar os espectros de emissão com as transições eletrônicas nos átomos; b) Relacionar as transições entre níveis de energia com a emissão ou absorção de fótons; c) Compreender que os elétrons não ocupam órbitas definidas, mas regiões de probabilidade (orbitais)	Diagnóstica e Somativa

Fonte: Autoria própria (2025)

É importante que esta aula se inicie com os discentes retomando o experimento de espectroscopia óptica apresentado na aula 03, participando ativamente de sua execução e auxiliando o professor no manuseio dos materiais. Essa vivência experimental permite que os estudantes percebam, na prática, a aplicação da Lei de Wien, uma vez que diferentes substâncias emitem luz com picos distintos de comprimento de onda, conforme evidenciado nos gráficos obtidos. Além disso, o experimento reforça a observação de espectros descontínuos, tanto nas



emissões de lâmpadas a gás quanto na queima de sais específicos em maçarico. Como exemplo, pode-se destacar o Nitrato de Bário ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$), que emite luz verde quando aquecido.

Os objetos de conhecimentos para essa são:

O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD

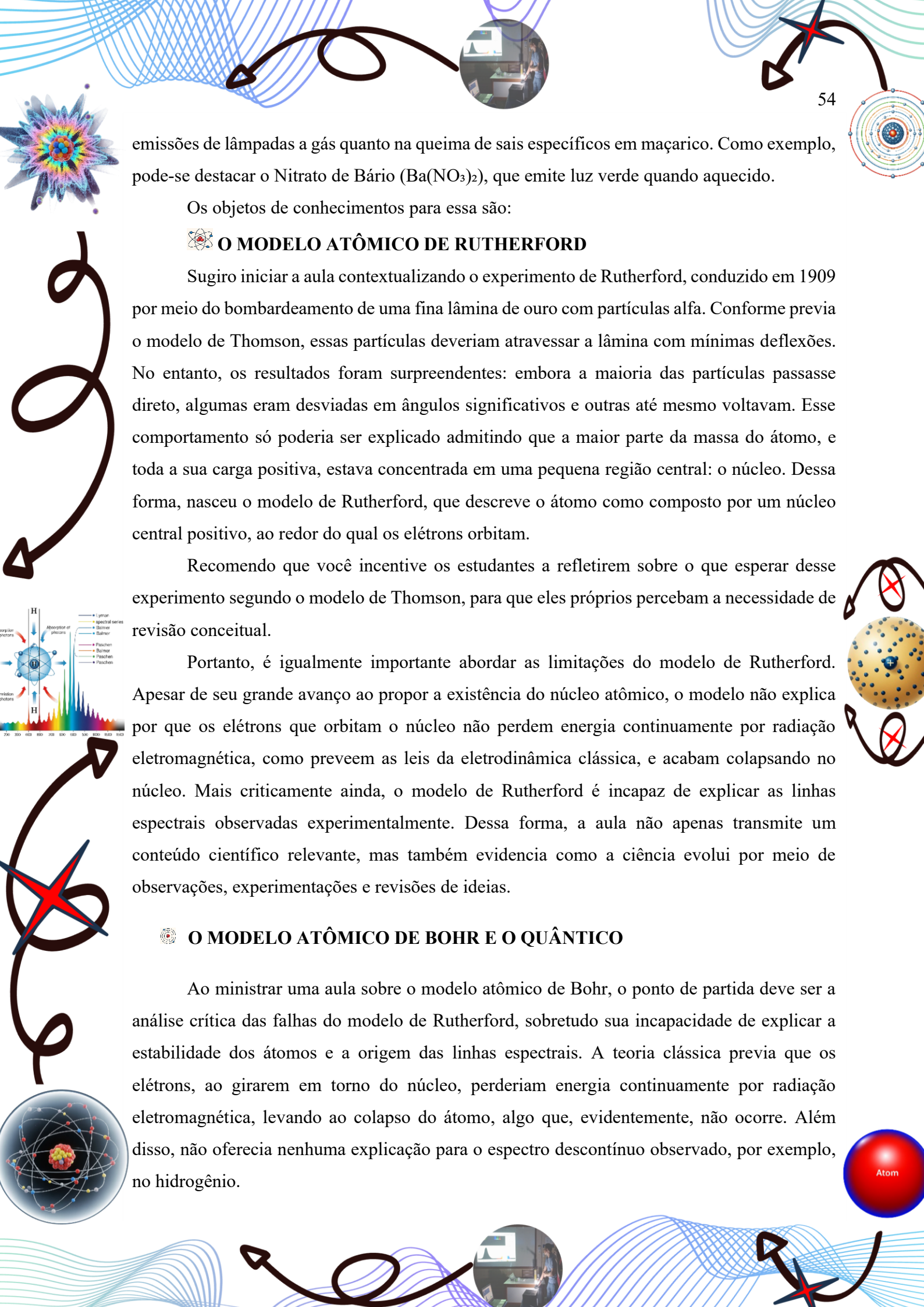
Sugiro iniciar a aula contextualizando o experimento de Rutherford, conduzido em 1909 por meio do bombardeamento de uma fina lâmina de ouro com partículas alfa. Conforme previa o modelo de Thomson, essas partículas deveriam atravessar a lâmina com mínimas deflexões. No entanto, os resultados foram surpreendentes: embora a maioria das partículas passasse direto, algumas eram desviadas em ângulos significativos e outras até mesmo voltavam. Esse comportamento só poderia ser explicado admitindo que a maior parte da massa do átomo, e toda a sua carga positiva, estava concentrada em uma pequena região central: o núcleo. Dessa forma, nasceu o modelo de Rutherford, que descreve o átomo como composto por um núcleo central positivo, ao redor do qual os elétrons orbitam.

Recomendo que você incentive os estudantes a refletirem sobre o que esperar desse experimento segundo o modelo de Thomson, para que eles próprios percebam a necessidade de revisão conceitual.

Portanto, é igualmente importante abordar as limitações do modelo de Rutherford. Apesar de seu grande avanço ao propor a existência do núcleo atômico, o modelo não explica por que os elétrons que orbitam o núcleo não perdem energia continuamente por radiação eletromagnética, como preveem as leis da eletrodinâmica clássica, e acabam colapsando no núcleo. Mais criticamente ainda, o modelo de Rutherford é incapaz de explicar as linhas espectrais observadas experimentalmente. Dessa forma, a aula não apenas transmite um conteúdo científico relevante, mas também evidencia como a ciência evolui por meio de observações, experimentações e revisões de ideias.

O MODELO ATÔMICO DE BOHR E O QUÂNTICO

Ao ministrar uma aula sobre o modelo atômico de Bohr, o ponto de partida deve ser a análise crítica das falhas do modelo de Rutherford, sobretudo sua incapacidade de explicar a estabilidade dos átomos e a origem das linhas espectrais. A teoria clássica previa que os elétrons, ao girarem em torno do núcleo, perderiam energia continuamente por radiação eletromagnética, levando ao colapso do átomo, algo que, evidentemente, não ocorre. Além disso, não oferecia nenhuma explicação para o espectro descontínuo observado, por exemplo, no hidrogênio.



É nesse cenário que Niels Bohr, em 1913, propõe um modelo revolucionário ao introduzir postulados de quantização da energia. Ele sugere que os elétrons ocupam órbitas estacionárias ao redor do núcleo e só podem transitar entre essas órbitas ao absorver ou emitir um fóton de energia, cuja frequência está relacionada à diferença de energia entre os níveis. Nesse sentido, esse modelo conseguiu explicar com precisão as linhas espectrais do hidrogênio, associando-as a transições eletrônicas entre níveis quantizados.

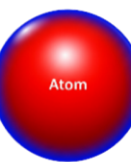
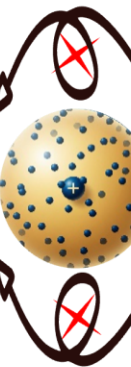
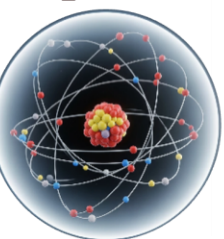
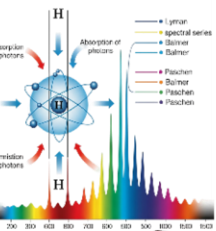
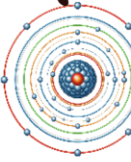
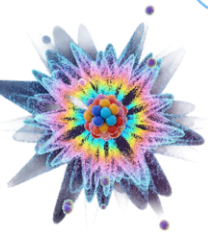
Para tornar essa aula mais efetiva, recomendo que o experimento da espectroscopia óptica seja retomado como recurso prático. A observação de espectros de emissão de diferentes elementos reforça a ideia de que cada átomo possui uma "assinatura luminosa" única, o que pode ser explorado para demonstrar, visualmente, o funcionamento do modelo de Bohr. Ao fazer isso, os alunos relacionam teoria e prática, reconstruindo significados a partir de observações concretas.

Contudo, faz-se igualmente importante apresentar as **limitações do modelo de Bohr**. Apesar de seu sucesso na explicação do espectro do átomo de hidrogênio, o modelo não se mostrou eficaz para descrever **átomos polieletrônicos**. Além disso, a teoria não conseguiu prever a **intensidade das linhas espectrais** ou a **divisão fina** observada em espectros de alta resolução.

Concluindo, a aula sobre o modelo de Bohr deve ser estruturada como uma etapa de transição entre o modelo clássico e o modelo quântico do átomo. Ao reconhecer tanto seus méritos quanto suas limitações, o aluno é conduzido a perceber a ciência como um processo dinâmico de construção e refinamento de ideias.

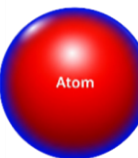
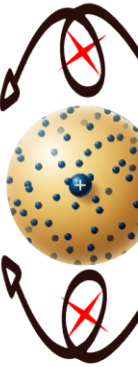
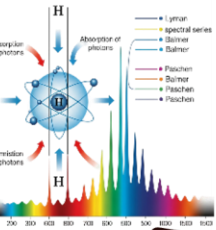
No entanto, a transição para o modelo quântico deve ser apresentada aos alunos como uma resposta não apenas às limitações do modelo de Bohr, mas também como consequência direta dos avanços teóricos promovidos por Schrödinger, Heisenberg, Pauli e outros. Diferente do modelo de Bohr, que ainda concebia os elétrons como partículas em órbitas circulares definidas, o modelo quântico descreve o comportamento dos elétrons em termos de funções de onda, que indicam probabilidades de localização ao redor do núcleo, e não posições determinadas.

Nesse sentido, é essencial destacar a substituição da noção de órbita por orbitais atômicos, regiões do espaço onde a probabilidade de encontrar o elétron é máxima. Esse modelo quântico surge como uma necessidade para expandir a explicação da estrutura eletrônica da matéria. Embora consiga prever com maior precisão os níveis de energia e suas transições, especialmente para o hidrogênio e alguns íons hidrogenoides, ele ainda não fornece previsões exatas para todos os espectros atômicos complexos.



Portanto, no final da aula, é fundamental que os discentes registrem em seus cadernos os principais conceitos abordados sobre espectroscopia e os modelos atômicos discutidos. Entre os termos essenciais que devem ser anotados, destacam-se:

- ✓ Modelo de Rutherford: experimento da lâmina de ouro, estrutura nuclear e suas limitações;
- ✓ Modelo de Bohr: quantização das órbitas eletrônicas e explicação das linhas espectrais do hidrogênio;
- ✓ Modelo Quântico: conceito de orbitais, números quânticos e a natureza probabilística do comportamento eletrônico;
- ✓ Espectroscopia Óptica: leis de Kirchhoff, Lei de Wien e as observações experimentais realizadas durante a aula prática.



7.5 AULA 05: DIAGNÓSTICO DE APRENDIZAGEM PÓS-INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Quadro 10 - Quadro da aula 05

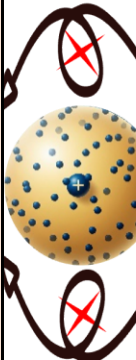
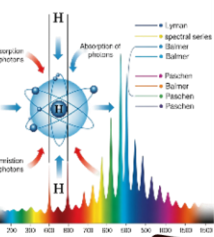
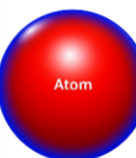
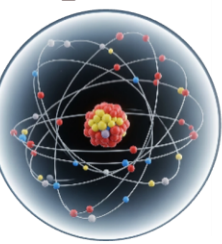
OBJETO DE CONHECIMENTO	HABILIDADES	OBJETIVOS DE ENSINO	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	AValiação
<ul style="list-style-type: none"> • Comparação entre concepções iniciais (pré-teste) e o novo entendimento após o experimento; • Conexão entre a cor observada experimentalmente (em sais aquecidos, por exemplo) e os níveis de energia previstos pela teoria; • Justificativas baseadas na teoria e na observação empírica. 	EM13CNT101; EM13CNT104;	<p>I- Propor atividades que favoreçam a revisão crítica das concepções prévias sobre espectros atômicos e modelos atômicos;</p> <p>II- Relacionar as cores observadas no experimento com os níveis de energia dos elétrons em diferentes elementos, conforme os modelos de Bohr e o modelo quântico;</p> <p>III- Estimular a formulação de explicações conceituais baseadas na integração entre teoria científica e observação experimental.</p>	<p>I- Comparar suas concepções iniciais com os conhecimentos adquiridos após a realização do experimento, identificando mudanças cognitivas;</p> <p>II- Interpretar fenômenos luminosos (cores emitidas por sais aquecidos) à luz dos modelos atômicos, compreendendo a relação entre energia e cor;</p> <p>III- Justificar observações experimentais com base nos modelos atômicos e princípios da espectroscopia óptica, demonstrando compreensão conceitual e argumentação científica.</p>	Diagnóstica e somativa.

Fonte: Autoria própria (2025)

Prezado professor, recomenda-se que, antes da aplicação deste pós-teste, seja realizada uma breve revisão de aproximadamente cinco minutos, retomando os principais conceitos abordados nas aulas anteriores. Essa estratégia visa favorecer a mobilização dos conhecimentos adquiridos, considerando que o objetivo do teste é evidenciar possíveis avanços na aprendizagem dos estudantes.

As 10 questões abordadas neste pós-teste, cuidadosamente elaboradas para refletir os principais conceitos desenvolvidos ao longo da sequência didática, estão listadas a seguir.

01- A Lei de Wien relaciona a cor da luz emitida por um corpo com sua temperatura. Sabendo disso, o que podemos concluir sobre a variação de temperatura entre as partes azulada e avermelhada da chama de uma vela?



- a) A parte azulada tem maior temperatura por emitir luz de menor comprimento de onda.
- b) A parte avermelhada tem maior temperatura porque emite luz de comprimento de onda maior.
- c) A parte azulada e a parte avermelhada têm a mesma temperatura, a cor não é um indicativo de calor.
- d) A cor da chama varia aleatoriamente, não estando relacionada à temperatura.
- e) A parte avermelhada é mais quente porque está mais distante do pavio e recebe mais calor.

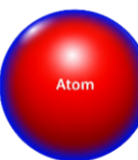
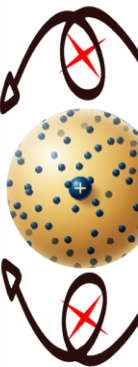
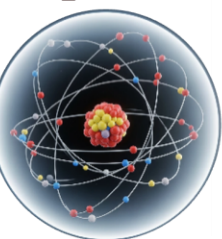
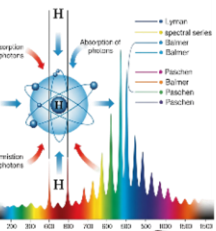
02- Quando a luz atinge uma superfície, parte dela é absorvida e parte é refletida. Qual das alternativas abaixo descreve corretamente o comportamento de superfícies escuras e claras em relação à absorção e reflexão de luz?

- a) Superfícies escuras refletem mais luz do que superfícies claras.
- b) Superfícies claras absorvem mais luz, enquanto as escuras refletem mais.
- c) Superfícies escuras absorvem mais luz e refletem menos, enquanto superfícies claras refletem mais luz e absorvem menos.
- d) A cor da superfície não influencia a absorção ou reflexão de luz.
- e) Tanto superfícies escuras quanto claras absorvem e refletem a mesma quantidade de luz.

03- Ao observar uma galáxia, notamos que suas estrelas podem ter diferentes cores, como azuladas e avermelhadas. O que a cor dessas estrelas pode nos dizer sobre elas?

- a) As estrelas azuladas de uma galáxia são mais frias, enquanto as avermelhadas são mais quentes.
- b) A cor das estrelas indica suas idades, com as azuladas sendo mais jovens e as avermelhadas mais velhas.
- c) A cor das estrelas reflete a distância delas dentro da galáxia, com as azuladas estando mais próximas do centro.
- d) As estrelas avermelhadas têm mais elementos pesados, enquanto as azuladas têm mais hidrogênio.
- e) A cor das estrelas em uma galáxia é determinada pelo movimento da galáxia, com as azuladas se movendo mais rápido.

04- Qual é o papel das linhas espectrais no espectro de emissão de um elemento no contexto do modelo atômico?



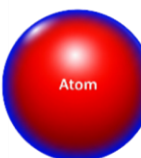
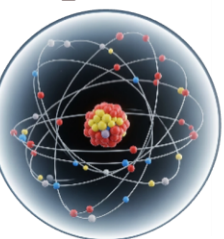
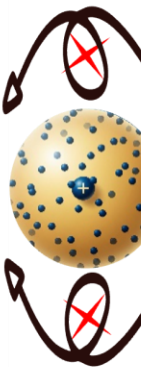
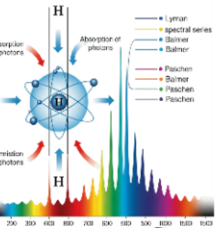
- a) Indicar a temperatura da substância.
- b) Mostrar a presença de elétrons estacionários no átomo.
- c) Representar a energia liberada ou absorvida quando os elétrons mudam de nível energético.**
- d) Confirmar a estabilidade nuclear do elemento.
- e) Indicar a cor real dos átomos do elemento.

05) O modelo atômico de Dalton, proposto no início do século XIX, trouxe importantes contribuições para a ciência. Qual das alternativas a seguir descreve corretamente uma das características do modelo de Dalton?

- a) O átomo é composto por um núcleo pequeno e denso, rodeado por elétrons.
- b) Os átomos de um mesmo elemento são idênticos em massa e propriedades.**
- c) O átomo é divisível e contém partículas negativas chamadas elétrons.
- d) Os átomos são formados por prótons e nêutrons em seu núcleo.
- e) Os átomos de diferentes elementos têm a mesma massa, mas propriedades diferentes.

06- O modelo atômico de Thomson, também conhecido como "modelo do pudim de passas", foi uma evolução do modelo de Dalton. Qual das opções abaixo explica corretamente o modelo de Thomson?

- a) O átomo é uma esfera maciça e indivisível.
- b) O átomo é composto por um núcleo positivo, com elétrons orbitando ao redor.
- c) O átomo é uma esfera positiva com elétrons negativos distribuídos uniformemente em seu interior.**
- d) O átomo contém um núcleo denso e elétrons em órbitas circulares fixas.
- e) O átomo é composto apenas por elétrons, sem presença de carga positiva.



7.5.1 Análise dos distratores de cada item

Esta seção tem como objetivo principal auxiliar professores-pesquisadores na comunicação dos resultados da aplicação deste produto. Para isso, detalharemos como os **distratores** de cada item podem ser analisados para identificar **indícios de aprendizagem** dos estudantes. Nosso foco é proporcionar uma leitura fluida e coerente, oferecendo insights valiosos sobre o que pode ser inferido a partir das escolhas dos alunos.

I. ANÁLISE DOS DISTRATORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 01

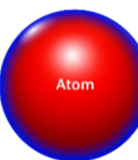
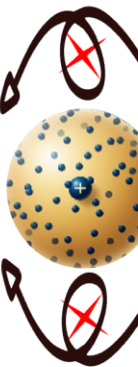
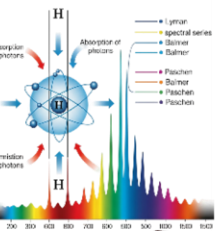
A alternativa b) sugere uma confusão direta com a proporcionalidade da Lei de Wien. Indica que o aluno pode associar a "maior" (temperatura) com o "maior" (comprimento de onda), sem compreender a relação de inversão de proporcionalidade entre eles. Revela uma dificuldade em aplicar o conceito de que "quanto menor o comprimento de onda, maior a temperatura".

A alternativa c) e d), apontam para uma incompreensão fundamental da Lei de Wien, que estabelece justamente a relação entre a cor (comprimento de onda da luz emitida) e a temperatura de um corpo. O aluno pode não ter internalizado que a radiação térmica emitida por um corpo quente depende diretamente de sua temperatura, e que essa radiação se manifesta em cores distintas.

A alternativa e) indica uma tentativa de justificar a temperatura com base em um senso comum ou em fatores externos (distância do pavio e "receber mais calor"), em vez de aplicar um princípio físico (Lei de Wien). Revelando que o aluno não está utilizando o conhecimento científico específico para a análise, mas sim observações empíricas sem o embasamento teórico correto.

II. ANÁLISE DOS DISTRATORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 02

A alternativa a) é um distrator que revela uma inversão completa da relação entre cor e temperatura, conforme a Lei de Wien. Indica que o aluno pode estar associando o vermelho ao "quente" de uma chama (como no dia a dia, onde a parte vermelha da brasa é quente, embora menos que a azul), em vez de compreender que a cor azul indica temperaturas mais elevadas em objetos celestes. A explicação aponta que estrelas azuladas são mais quentes, e avermelhadas são mais frias.



A alternativa c) e e) são distratores que sugerem que o aluno está correlacionando a cor das estrelas com conceitos astrofísicos válidos (distância, movimento), mas de forma incorreta ou em um contexto que não é o principal indicado pela cor. A cor está relacionada primariamente à temperatura e, indiretamente, à idade. O erro de compreensão aqui reside em não priorizar a relação fundamental entre cor e temperatura/idade da estrela.

A alternativa d) desvia o foco da relação direta entre cor, temperatura e idade, que é o ponto principal do item. A incompreensão reside em não identificar a resposta mais direta e fundamental sobre o que a cor de uma estrela indica no contexto dado.

III. ANÁLISE DOS DISTRATORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 03

As alternativas a) e b) são distratores que demonstram uma inversão do conceito fundamental de absorção e reflexão de luz por superfícies de cores diferentes. O aluno pode estar com uma concepção alternativa de que "escuro" está associado a "refletir" ou "claro" a "absorver", contrariando o princípio de que objetos escuros absorvem a maior parte da luz e refletem pouco, enquanto objetos claros refletem a maior parte e absorvem pouco.

Os distratores d) e e) revelam uma falta completa de compreensão sobre a interação entre luz e matéria em termos de cor. Sugerem que o aluno não reconhece o papel da cor na determinação da capacidade de absorção ou reflexão, que é um princípio básico da física da luz e do calor. Indica que o aluno não compreende, por exemplo, por que roupas escuras esquentam mais no sol.

IV. ANÁLISE DOS DISTRATORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 04

O distrator a) indica que o aluno está associando as Leis de Kirchhoff (que se aplicam à espectroscopia) de forma simplista à cor visível e temperatura, em vez de seu uso mais complexo na identificação de substâncias. A compreensão do aluno pode estar limitada à "cor" como percepção visual, e não como um espectro de absorção/emissão para análise química.

A alternativa c) revela uma incompreensão sobre a especificidade das substâncias na absorção de luz. O ponto-chave da espectroscopia é justamente que cada substância absorve luz em comprimentos de onda específicos, permitindo sua identificação. A escolha deste distrator sugere que o aluno não entendeu o princípio da "assinatura" espectral de cada composto.

Os distratores d) e e) indicam uma limitação do conhecimento do aluno sobre a abrangência e aplicação da espectroscopia na medicina. Demonstram que o aluno não compreende que as leis de Kirchhoff são amplamente aplicáveis à interação da luz com qualquer matéria (sólida, líquida ou gasosa) e que a espectroscopia é uma ferramenta valiosa e não invasiva em diagnósticos clínicos.

V. ANÁLISE DOS DISTRATORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 05

As alternativas a), c), d) e e) são distratores que indicam uma confusão entre os diferentes modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr) ou uma compreensão deficiente sobre a evolução histórica da teoria atômica. O modelo de Dalton é o mais antigo e simplista ("bola de bilhar"), onde o átomo é indivisível e não contém partículas subatômicas nem um núcleo. A escolha dessas opções revela que o aluno atribui características de modelos posteriores (Thomson com elétrons, Rutherford com núcleo, modelos com prótons/nêutrons) ao modelo de Dalton. O distrator e) também revela uma incompreensão direta do postulado de Dalton de que átomos de diferentes elementos possuem massas diferentes.

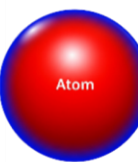
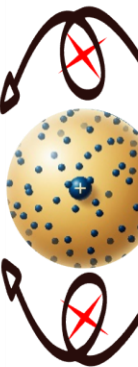
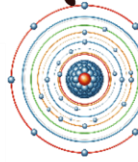
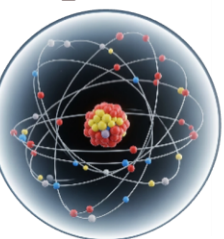
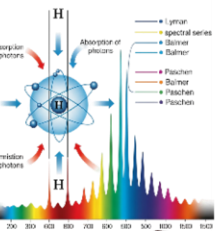
VI. ANÁLISE DOS DISTRATORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 06

O distrator a) mostrando que o aluno pode estar confundindo os modelos ou não compreendeu o avanço que Thomson trouxe com a descoberta do elétron e a divisibilidade do átomo.

As alternativas b) e d) são distratores que apontam para uma confusão com os modelos atômicos posteriores, como o de Rutherford (núcleo) e Bohr (órbitas fixas/níveis de energia). A principal contribuição de Thomson foi a ideia de uma esfera positiva com elétrons incrustados, não um núcleo.

Por fim, o distrator e) indica uma incompreensão da neutralidade elétrica do átomo e da necessidade de uma carga positiva para contrabalançar os elétrons, que foi um ponto-chave no modelo de Thomson ("pudim de passas").

VII. ANÁLISE DOS DISTRATORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 07



O distrator a) representa uma inversão da observação principal do experimento de Rutherford. O fato de a maioria das partículas ter atravessado a folha foi a evidência crucial para o átomo ser majoritariamente vazio. A reflexão de poucas partículas é que indicou o núcleo denso. A escolha desta opção revela uma interpretação errônea dos resultados experimentais.

A alternativa c) apresenta dois erros: a quantidade de desvio (nem todas foram desviadas) e a natureza da carga do núcleo. As partículas alfas são positivas e foram desviadas (ou ricochetearam) por um núcleo também positivo, devido à repulsão de cargas iguais. Indica uma incompreensão sobre as interações de cargas elétricas e a interpretação dos desvios.

O distrator d) sugere um entendimento equivocado da interação das partículas alfa com o núcleo. Elas foram repelidas, não capturadas, o que confirmou a carga positiva do núcleo e sua densidade.

O distrator e) mostra uma confusão total sobre a localização das partículas subatômicas no modelo de Rutherford. Os elétrons orbitam o núcleo, e os prótons estão no núcleo.

VIII. ANÁLISE DOS DISTRADORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 08

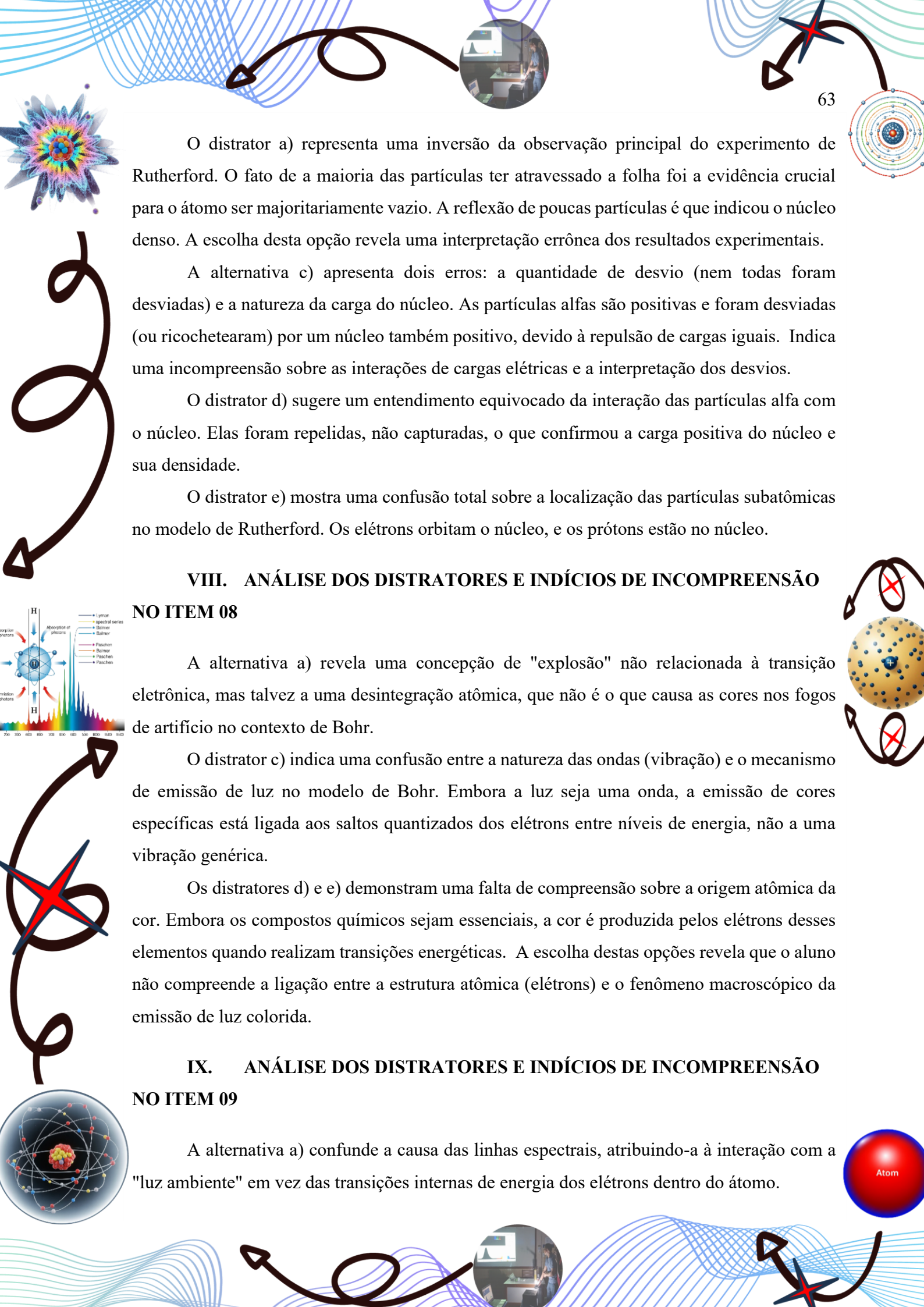
A alternativa a) revela uma concepção de "explosão" não relacionada à transição eletrônica, mas talvez a uma desintegração atômica, que não é o que causa as cores nos fogos de artifício no contexto de Bohr.

O distrator c) indica uma confusão entre a natureza das ondas (vibração) e o mecanismo de emissão de luz no modelo de Bohr. Embora a luz seja uma onda, a emissão de cores específicas está ligada aos saltos quantizados dos elétrons entre níveis de energia, não a uma vibração genérica.

Os distratores d) e e) demonstram uma falta de compreensão sobre a origem atômica da cor. Embora os compostos químicos sejam essenciais, a cor é produzida pelos elétrons desses elementos quando realizam transições energéticas. A escolha destas opções revela que o aluno não compreende a ligação entre a estrutura atômica (elétrons) e o fenômeno macroscópico da emissão de luz colorida.

IX. ANÁLISE DOS DISTRADORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 09

A alternativa a) confunde a causa das linhas espectrais, atribuindo-a à interação com a "luz ambiente" em vez das transições internas de energia dos elétrons dentro do átomo.



Os distrator c) indica que o aluno está correlacionando as linhas espectrais com o movimento atômico (possivelmente pensando em efeito Doppler, mas fora de contexto), e negando o papel central dos elétrons, que é o cerne do modelo quântico.

A alternativa d) é um distrator que revela uma separação incorreta entre estrutura atômica e propriedades químicas. As propriedades químicas decorrem da estrutura atômica e, em particular, da configuração eletrônica, que é o que gera as linhas espectrais.

A alternativa e) evidencia uma incompreensão dos alunos embora colisões possam ocorrer, as linhas espectrais características de um elemento são predominantemente devido às transições eletrônicas dentro de um único átomo, não primariamente a colisões entre elétrons de átomos diferentes.

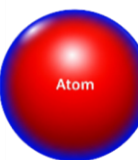
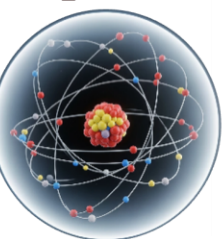
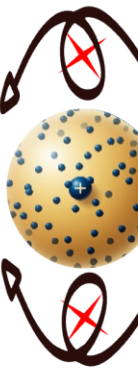
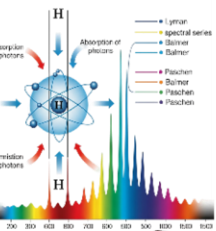
X. ANÁLISE DOS DISTRADORES E INDÍCIOS DE INCOMPREENSÃO NO ITEM 10

O distrator a) evidenciar que embora a temperatura influencie a intensidade das linhas espectrais e a excitação dos elétrons, o papel principal das linhas não é indicar a temperatura, mas sim a identidade do elemento e as energias envolvidas nas transições eletrônicas. O aluno pode estar confundindo com a Lei de Wien, onde a cor/comprimento de onda está ligada à temperatura de um corpo quente.

O distrator b) revela uma incompreensão sobre a dinâmica dos elétrons. As linhas espectrais surgem das mudanças (transições) dos elétrons entre níveis, e não de sua estaticidade.

A alternativa d) deste distrator desvia o foco para o núcleo, quando as linhas espectrais estão relacionadas principalmente às transições eletrônicas, que ocorrem na eletrosfera e não no núcleo. Indica uma confusão entre fenômenos eletrônicos e nucleares.

A alternativa e) evidencia que embora as linhas espectrais resultam em luz de cores específicas, seu papel é muito mais do que "indicar a cor real dos átomos". Elas são "impressões digitais" que revelam as energias quantizadas e permitem a identificação de substâncias e a composição de corpos celestes. O distrator aponta para uma visão muito simplista e menos científica do conceito.



8 PROJEÇÕES E DESAFIOS FUTUROS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática desenvolvida apresenta diversas potencialidades para a melhoria da aprendizagem dos alunos do Ensino Médio, especialmente na compreensão dos conceitos da Física Moderna e Contemporânea. Contudo, também enfrenta algumas limitações inerentes ao contexto educacional e às condições de aplicação.

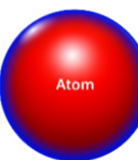
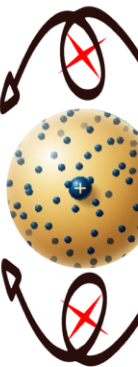
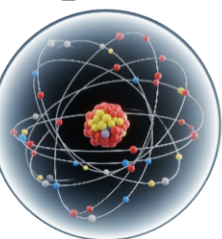
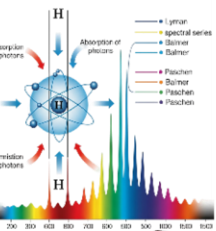
Uma alternativa consiste na ampliação do uso da **espectroscopia óptica** como recurso pedagógico em outras instituições de ensino. Tal abordagem parte da constatação de que a promoção de atividades experimentais, quando práticas e contextualizadas, **facilita a compreensão de temas complexos**, como os modelos atômicos quânticos. Além disso, a SD fundamentada nos princípios da aprendizagem significativa de Ausubel contribui para que os estudantes construam conhecimentos de forma integrada e progressiva, possibilitando uma melhor assimilação de conteúdos científicos contemporâneos. Pesquisas futuras podem aprofundar ainda mais esta abordagem, desenvolvendo novas estratégias para lidar com dificuldades específicas dos alunos e aprimorar a organização hierárquica do conhecimento.

Nesse sentido, a SD também pode ser adaptada para incluir tecnologias e ferramentas digitais, ampliando as possibilidades experimentais e de exploração dos fenômenos físicos, o que pode colaborar para a compreensão dos conceitos.

As limitações para implementação dessa SD estão tanto de ordem estrutural quanto pedagógica. A primeira diz respeito a infraestrutura e recursos materiais das escolas públicas, que podem não dispor dos equipamentos necessários para a realização dos experimentos práticos de espectroscopia óptica, como filtros, espectrômetros ou fontes luminosas adequadas. Isso limita a aplicação plena da SD em ambientes com recursos restritos.

Outra limitação envolve o tempo disponível para a realização das atividades, uma vez que a SD está organizada em cinco aulas de 48 minutos cada. Essa carga horária pode ser insuficiente para alunos que necessitem de maior apoio, reforço dos conceitos básicos ou maior tempo para experimentação e reflexão crítica sobre os resultados observados. Pedagogicamente, embora a abordagem experimental e a ênfase na aprendizagem significativa sejam valiosas, alguns estudantes podem encontrar dificuldades em conectar os conceitos teóricos com as atividades práticas. Isso requer do professor maior preparo para mediar o processo de ensino-aprendizagem e adaptar as estratégias conforme o perfil dos alunos.

Portanto, em cinco aulas acreditamos que a integração entre teoria, prática e contexto histórico torna a aprendizagem significativa e transformadora.



9 REFERÊNCIA

AMAZONAS. Referencial Curricular do Amazonas. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://anec.org.br/wp-content/uploads/2021/05/RCA-Ensino-Medio.pdf>. ARAÚJO, D. L. D. Entre palavras. O que é (e como faz) sequência didática?, [s. l.], v. 3, p. 322–334, 2013.

AUSUBEL, D. P. Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

BLOOM, B. S., et al. (1956). Taxonomia dos objetivos educacionais: A classificação das metas educacionais. Trad. R. M. R. V. Costa, Editora Mestre Jou.

BRASIL, M. D. E. Base Nacional Comum Curricular. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.

OSTERMANN, F; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física moderna e contemporânea no ensino médio". Investigações no Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.5, n.1: p. 22-48, 2000.

SILVA, Everaldo Mateus da. Uma Sequência Didática para o Ensino da Espectroscopia no Ensino Médio por meio da Experimentação. 2020. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

AUSUBEL, David P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília: MEC, 2018.

MORAN, José Manuel. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, José Manuel (org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora. São Paulo: Penso, 2015. p. 1-25.

FEYNMAN, R. P. O caráter da lei física. São Paulo: Ed. Cultrix, 2006.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física – Volume 4: Óptica e Física Moderna. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.