



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA – DCET
CAMPUS I – SALVADOR
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 60

Leonardo Luis de Almeida Araújo

Desenvolvimento de uma sequência didática potencialmente significativa para o ensino de espectroscopia mediado por um Ambiente Virtual de Aprendizagem

Salvador
2024

Leonardo Luis de Almeida Araújo

Desenvolvimento de uma sequência didática potencialmente significativa para o ensino de espectroscopia mediado por um Ambiente Virtual de Aprendizagem

Dissertação apresentada ao Polo 60 do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade do Estado da Bahia, DCET Campus I – Salvador, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física no Ensino Médio.

Orientador: Doutor José Carlos Oliveira de Jesus

Coorientador: Doutor Mário de Jesus Ferreira

Salvador
2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Sistema de Bibliotecas da UNEB
Bibliotecária: Jacira Almeida Mendes - CRB: 5/592

A663

Araújo, Leonardo

Desenvolvimento de uma sequência didática potencialmente significativa para o ensino de espectroscopia mediado por um Ambiente Virtual de Aprendizagem / Leonardo Araújo. - Salvador, 2024.
253 fls.

Orientador(a): Professor Doutor José Carlos Oliveira de Jesus Jesus.

Coorientador(a): Doutor Mário de Jesus Ferreira Ferreira.

Inclui Referências

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PROFFÍSICA, Salvador. 2024.

1. Aprendizagem significativa. 2. Espectroscopia. 3. Ambiente virtual de aprendizagem. 4. Ensino de física.

CDD: 539

Leonardo Luis de Almeida Araújo

Desenvolvimento de uma sequência didática potencialmente significativa para o ensino de espectroscopia mediado por um Ambiente Virtual de Aprendizagem

Dissertação apresentada ao Polo 60 do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade do Estado da Bahia, DCET Campus I – Salvador, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física no Ensino Médio.

Aprovada em 19 de julho de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Doutor José Carlos Oliveira de Jesus - Orientador
Universidade do Estado da Bahia

Doutor Álvaro Santos Alves - Examinador(a) 1
Universidade Estadual de Feira de Santana

Doutor Cláudio Alves de Amorim - Examinador(a) 2
Universidade do Estado da Bahia

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Iracema D'Andréa Espinheira Neta, meu presente. Sem ela, nenhum sonho seria possível, nem valeria a pena.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do MNPEF, polo 60, que, com muita dedicação e entusiasmo, contribuíram significativamente para o desenvolvimento da presente dissertação, em especial ao meu orientador, professor José Carlos de Oliveira. Ele já havia sido meu professor durante a graduação, é conhecido de longa data, é um profissional extremamente qualificado e exigente, mas também é considerado um amigo, com quem sempre pude contar.

Agradeço ao coorientador, professor Mário de Jesus Ferreira, que, com sua visão experiente sobre educação e ensino de Física, contribuiu não só para o desenvolvimento da dissertação, mas também para a minha formação como professor de Física.

Não poderia deixar de citar o professor José Vicente Cardoso, que é reconhecidamente muito atencioso e tem grande capacidade de tornar esse processo tão árduo de dissertar em algo simples e prático. Ele é um profissional muito qualificado, antenado com as necessidades da graduação e pós-graduação em Física, e contribuiu significativamente não só para o desenvolvimento da presente dissertação, mas também para o avanço do curso do MNPEF, polo 60, elevando-o a um nível muito superior.

Agradeço à minha família, que sempre me incentivou no meu desenvolvimento pessoal e profissional. Agradeço à minha esposa, Iracema D'Andréa Espinheira, que é compreensiva e amorosa, e que sempre me incentiva no meu aperfeiçoamento pessoal e profissional.

Agradeço ao CMS e a todos os profissionais que atuaram comigo nos cinco anos de minha atuação profissional, que sempre estiveram dispostos e aptos a contribuir.

Por fim, não poderia deixar de citar os meus alunos do CMS, que me fazem perceber que tanto esforço e dedicação valem muito a pena, principalmente quando percebemos o êxito pessoal e o reconhecimento familiar.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

EPIGRAFE

“Nenhum homem realmente produtivo pensa como se estivesse escrevendo uma dissertação.” (Albert Einstein).

RESUMO

O presente estudo teve como principal objetivo desenvolver uma sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem, visando a promover a aprendizagem significativa dos estudantes. A pesquisa foi realizada em duas etapas: na primeira, foi feita uma revisão bibliográfica sobre o ensino de espectroscopia, os conceitos fundamentais da Física e a aprendizagem significativa, conforme proposto pela teoria de David Ausubel, além do ensino em ambientes virtuais de aprendizagem. Na segunda etapa, uma sequência didática foi elaborada e aplicada a turmas de estudantes do ensino médio, utilizando o ambiente virtual de aprendizagem do Sistema Colégio Militar do Brasil. A sequência didática consistiu em quatro etapas: contextualização, apresentação dos conceitos básicos, resolução de problemas de interpretação experimental e avaliação. Na avaliação, os estudantes foram incentivados a elaborar um quadro com medidas e comparações sobre o experimento, um relatório simplificado sobre a experiência e um vídeo relatando sua vivência com a sequência didática. Os alunos demonstraram motivação e interesse em aprender, o que foi evidenciado pela participação ativa nos fóruns de discussão e pelo maior interesse manifestado em sala de aula.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; Espectroscopia; Ambiente virtual de aprendizagem; Ensino de física.

ABSTRACT

The main objective of this study was to develop a didactic sequence for teaching spectroscopy in a virtual learning environment, with the aim of promoting meaningful learning for students. The research was conducted in two stages: in the first stage, a literature review was conducted on the teaching of spectroscopy, the fundamental concepts of Physics, and meaningful learning, as proposed by David Ausubel's theory, in addition to teaching in virtual learning environments. In the second stage, a didactic sequence was developed and applied to groups of high school students, using the virtual learning environment of the Brazilian Military School System. The didactic sequence consisted of four stages: contextualization, presentation of basic concepts, resolution of experimental interpretation problems, and assessment. In the assessment, students were encouraged to develop a table with measurements and comparisons about the experiment, a simplified report about the experience, and a video reporting their experience with the didactic sequence. Students demonstrated motivation and interest in learning, which was evidenced by their active participation in discussion forums and the increased interest shown in the classroom. The students' reports in the production of the evaluation videos highlighted the relevance and meaning that the content of spectroscopy in Physics has come to have.

Keywords: Meaningful learning; Spectroscopy; Virtual learning environment; Physics teaching.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

- 1.AAS – Atomic Absorption Spectrometry – em tradução livre Espectroscopia de Absorção Atômica;
- 2.ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- 3.AS – Aprendizagem Significativa;
- 4.AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem;
- 5.BNCC – Base Nacional Comum Curricular
- 6.CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior;
- 7.CMS - Colégio Militar de Salvador;
- 8.COVID-19 – Coronavirus Disease 2019, em tradução livre Doença por Coronavirus 2019;
- 9.EaD – Ensino a distância;
10. EM – Espectroscopia de Massa;
11. IV – Infravermelho;
12. LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional;
13. NIR – Espectroscopia de Infravermelho Próximo;
14. PCN – Parâmetros Curriculares Nacional-;
15. PED – Plano de Execução Didática;
16. PSD – Plano de Sequência Didática;
17. REA – Recursos Educacionais Abertos;
18. RMN – Ressonância Magnética Nuclear;
19. SCMB – Sistema Colégio Militar do Brasil;
20. SD – Sequência Didática;
21. SI – Sistema internacional;
22. TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa;
23. USP – Universidade de São Paulo;
24. UV – Ultravioleta

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro eletromagnético	46
Figura 2 – Espectro de absorção e emissão do Hidrogênio,	48
Figura 3 – Nível de energia de emissão e absorção para o átomo de hidrogênio.....	48
Figura 4 – Esquema do Experimento de Young.....	51
Figura 5- Pontos de máximo de intensidade em função da posição x no anteparo	53
Figura 6 – Linhas de força idealizada por Faraday	55
Figura 7 – Representação de linhas de força magnéticas	56
Figura 8 – Desenho de gráficos de densidade, nos quais o brilho da nuvem é proporcional a $ \psi ^2$	68
Figura 9 – Representação das superfícies de densidade de probabilidade constante	69
Figura 10 – Estrutura da SD no AVA	92
Figura 11 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	92
Figura 12 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	93
Figura 13 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	93
Figura 14 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	94
Figura 15 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	94
Figura 16 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	95
Figura 17 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	95
Figura 18 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	96
Figura 19 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	96
Figura 20 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	97
Figura 21 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	97
Figura 22 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	98
Figura 23 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	98
Figura 24 – Estrutura da SD no AVA (continuação).....	99
Figura 25 – Rede de difração utilizada no laboratório e apresentada na SD no AVA	99
Figura 26 – Esquema experimental apresentado no AVA	100
Figura 27 – Mercúrio D=20cm.....	100
Figura 28 – Mercúrio D =25cm.....	101
Figura 29 – Mercúrio D = 30cm.....	101
Figura 30 – Mercúrio D =40cm.....	102
Figura 31 – Mercúrio D =50cm.....	102

Figura 32 – Hélio D = 20cm.....	103
Figura 33 – Hélio D =25cm.....	103
Figura 34 – Hélio D = 30cm.....	104
Figura 35 – Hélio D = 40cm.....	104
Figura 36 – Hélio D = 50cm.....	105
Figura 37 – Nitrogênio D =25cm	105
Figura 38 – Nitrogênio D = 30cm	106
Figura 39 – Nitrogênio D = 35cm	106
Figura 40 – Nitrogênio D = 40cm	107
Figura 41 – Sódio D = 20cm	107
Figura 42 – Sódio D = 30cm	108
Figura 43 – Sódio D = 40cm	108
Figura 44 – Sódio D = 45cm	109
Figura 45 – Sódio D = 50cm	109
Figura 46 – Foto com demonstração do aparato utilizado no laboratório em processo de obtenção da melhor nitidez das imagens das raias espectrais	110
Figura 47 – Pátio Dois de Julho do CMS	111
Figura 48 – Laboratório de Ciências do CMS.....	111
Figura 49 – Laboratório de Química do CMS.....	112
Figura 50 – Laboratório de Física do CMS	112
Figura 51 – Laboratório de Robótica.....	112
Figura 52 – Quadro com o modelo teórico adaptado do fabricante das lâmpadas, preenchidos com os comprimentos de onda a frequência e a energia quantizada, disponibilizado no AVA.	126
Figura 53 – Quadro do Al 5365, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato de reenvio como no modelo para D = 40cm com lâmpada de Mercúrio	127
Figura 54 – Quadro do Al 5365, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato de reenvio como no modelo para D = 30cm com lâmpada de Sódio (adaptada).....	128
Figura 55 – Quadro do Al 5365, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato de reenvio como no modelo, para D = 30cm com lâmpada de Nitrogênio.....	129

Figura 56 – Quadro do Al 5365, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato de reenvio como no modelo para $D = 25\text{cm}$ com lâmpada de Hélio.	130
Figura 57 – Quadro do Al 4679, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato sintético de acordo com o modelo.	130
Figura 58 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 5365 individual	133
Figura 59 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4983 individual	134
Figura 60 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4473 e grupo	135
Figura 61 – Continuação do corpo de texto do relatório simplificado do Al 4473	136
Figura 62 – Continuação do corpo de texto do relatório simplificado do Al 4473 e grupo ...	136
Figura 63 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4522 individual	137
Figura 64 – Continuação de corpo de texto do relatório simplificado do Al 4522 individual	137
Figura 65 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4497 e grupo	138
Figura 66 – Continuação de corpo de texto do relatório do Al 4497 e grupo	138

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. O PROGRAMA E AS PRODUÇÕES ASSOCIADAS: DISSERTAÇÃO E PRODUTO EDUCACIONAL	15
1.2. CENÁRIOS E RAZÕES DA PESQUISA	18
1.3. QUESTÃO NORTEADORA E JUSTIFICATIVA	20
1.4. OBJETIVOS.....	22
1.4.1. Objetivo geral	22
1.4.2. Objetivos específicos.....	22
1.5. METODOLOGIA DA PESQUISA DO TRABALHO COM O PRODUTO EDUCACIONAL	23
1.5.1. Metodologia da pesquisa	23
1.5.2. Metodologia do trabalho com o produto educacional	25
1.6. BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	26
1.7. RESULTADOS ESPERADOS	27
1.8. ESTRUTURA DA PRODUÇÃO: DA DISSERTAÇÃO E DO PRODUTO EDUCACIONAL	29
2. DESENVOLVIMENTO.....	31
2.1. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM.....	31
2.1.1. Aspectos históricos da (TAS).....	35
2.1.2. Conceitos e definições da teoria adotada.....	36
2.1.3. Formas de aplicação	38
2.1.4. Resultados: vantagens e desvantagens da sua adoção.....	39
2.1.5. Perspectivas futuras	39
2.2. PRESSUPOSTO DE FÍSICA OU ASSUNTO DO TEMA DO PRODUTO EDUCACIONAL	40
2.2.1. Historicidade do pressuposto da física	42

2.2.2.	Conceitos e definições	46
2.2.3.	Requisitos matemáticos da espectroscopia e sua sustentação teórica, do experimento de Thomas Young à aplicação da equação de Schrödinger.....	50
2.2.4.	Modelagem da fenomenologia associada	72
2.2.5.	Aplicações da espectroscopia	74
2.3.	ESTADO DA ARTE DA TEMÁTICA EM QUESTÃO	76
2.3.1.	Cenários atuais.....	76
3.	METODOLOGIA DO TRABALHO COM O PRODUTO EDUCACIONAL.....	78
3.1.	DESCRIÇÃO DA PESQUISA APLICADA OU TRANSLACIONAL REALIZADA	78
3.1.1.	Descrição detalhada do contexto de aplicação do Produto Educacional.....	79
3.1.2.	Dados qualitativos/quantitativos.....	81
3.2.	ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL	83
3.2.1.	Descrição do problema ao qual o produto educacional vai atuar	83
3.2.2.	Como foi elaborada a proposta de intervenção por meio do produto educacional	87
3.2.3.	Etapas da aplicação do produto educacional ou SD adotada.....	88
3.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ESCOLA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	110
3.3.1.	O Projeto Político-Pedagógico do Colégio Militar de Salvador	110
3.4.	INSTRUMENTOS, COLETA E ANÁLISE DE DADOS	113
3.5.	OUTRAS CARACTERÍSTICAS SINGULARES DA SUA METODOLOGIA ..	114
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	116
4.1.	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA COLETA DE INFORMAÇÕES	116
4.2.	QUESTÕES OU PROBLEMAS QUE ESTÃO SENDO INVESTIGADOS	117
4.3.	RELATO COM EVIDÊNCIAS PARA A VERIFICAÇÃO DE INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM.....	118

4.4.	DISCUSSÕES COM FOCO NOS RESULTADOS E ARTICULADO COM OS PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E A REVISÃO DA LITERATURA	119
4.5.	POSSÍVEL CONSISTÊNCIA OU DESACORDO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM RELATADOS NA LITERATURA	143
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	145
5.1.	A RETOMADA AOS OBJETIVOS	145
5.2.	O LEGADO.....	146
5.3.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	147
	REFERÊNCIAS	149
	APÊNDICE A- Resposta dos alunos na primeira etapa da SD no AVA.....	153
	APÊNDICE B- Discussão no Fórum 1 na segunda etapa da SD no AVA.....	173
	APÊNDICE C- Discussão no Fórum 2, parte da etapa 7 da SD no AVA	185
	APÊNDICE D-Transcrição dos vídeos produzidos pelos alunos na nona e última etapa da SD no AVA	191
	APÊNDICE E - Produto Educacional	204

1. INTRODUÇÃO

O valor de uma educação reside no fato de que ela não nos ensina respostas, mas sim como encontrar respostas - e até mesmo como fazer as perguntas certas. Não nos ensina apenas a pensar, mas a pensar criticamente.

Paulo Freire (1996, p. 18)

1.1. O PROGRAMA E AS PRODUÇÕES ASSOCIADAS: DISSERTAÇÃO E PRODUTO EDUCACIONAL

O ensino de Física é um desafio constante para os professores, especialmente quando se trata do conjunto de técnicas utilizadas para analisar a interação entre a luz e a matéria, como a espectroscopia. Nesse sentido, a utilização de recursos tecnológicos pode ser uma alternativa para tornar o ensino mais acessível e dinâmico, permitindo a promoção da aprendizagem significativa, conforme proposta pelo médico psiquiatra norte-americano David Paul Ausubel (Ausubel, 1963). Diante desse contexto, esta dissertação de mestrado tem como objetivo desenvolver uma Sequência Didática (SD) para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem (AVA). Souza (2009, p. 34) conceitua AVA como “um ambiente gerado a partir de um sistema de software elaborado para auxiliar os docentes a gerenciarem cursos EaD na modalidade de Educação a Distância”. Nesse contexto, Araújo (2011, p. 633) compreende que:

Os ambientes virtuais possibilitam não apenas interação com textos escritos, esta nova linguagem digital inclui também a habilidade de construir sentido em textos multimodais, ou seja, que mesclam palavras, imagens e sons em um mesmo espaço.

Especificamente, o problema da pesquisa consiste em desenvolver e aplicar uma Sequência Didática (SD) para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) a alunos do segundo ano do ensino médio do Colégio Militar de Salvador (CMS), em uma abordagem voltada para a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Essa teoria foi definida por Moreira (2016, p. 2) como:

aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

O objetivo geral desta dissertação é desenvolver e validar uma Sequência Didática para o ensino de espectroscopia, utilizando o ambiente virtual de aprendizagem, com o intuito de promover a aprendizagem significativa. Nesse sentido, é oportuno destacar que uma SD pode ser entendida como uma proposta de intervenção nos processos de ensino e aprendizagem, associada ao modo de organização de atividades com temas/conteúdos específicos, cujo propósito é explorar um determinado saber (Zabala, 1998; Ugalde; Roweder, 2020).

Essa proposta tem como objetivos específicos:

- Selecionar conteúdos e estratégias de ensino adequados para o ensino de espectroscopia;
- Elaborar material didático que incorpore recursos tecnológicos e seja apropriado para o AVA;
- Testar a SD por meio de um estudo piloto;
- Aplicar a SD em um contexto real de ensino;
- Avaliar a aprendizagem dos estudantes por meio de instrumentos de avaliação.

A utilização de tecnologias no ensino pode trazer evidentes benefícios para a aprendizagem dos alunos, tornando o ensino mais acessível e dinâmico. Além disso, a espectroscopia é um tema que apresenta dificuldades para os estudantes, mas também desperta curiosidade, podendo ser abordado de forma mais eficiente por meio de uma SD que utilize recursos do AVA. Isso é evidenciado no texto da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na implementação do caderno de práticas/aprofundamentos (Brasil, 2011, p. 7), em uma citação de Ausubel e Moreira, nessa ordem, que estabelece condições para que ocorra a aprendizagem significativa, descrevendo a importância de material potencialmente significativo, conforme segue:

A partir da análise da estrutura cognitiva, Ausubel estabeleceu as seguintes condições para a ocorrência da aprendizagem significativa:

- a) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo;
- b) o aprendiz deve ter predisposição para aprender.

O material de aprendizagem é **potencialmente** significativo, pois a atribuição de significado cabe ao sujeito, logo, não há aula, estratégia ou livro significativo. O material potencialmente significativo é aquele capaz de dialogar, de maneira apropriada e relevante, com o conhecimento prévio do estudante.

Dessa maneira, o material e a mediação são fundamentais, visto que o estudante pode não ter conhecimentos prévios adequados para atribuir os significados aceitos no contexto do componente. Por um lado, essa condição reforça a necessidade da predisposição para aprender, que, como esclarece

Marco Antônio Moreira, não é uma simples questão de motivação ou identificação com o componente, mas uma predisposição para relacionar-se com novos conhecimentos atribuindo significados. Por outro lado, essa condição convida o docente a acolher as ideias prévias dos estudantes, ainda que sejam insatisfatórias, para, a partir delas, construir situações de aprendizagem capazes de promover a atribuição de significados aos temas tratados.

Portanto, a presente dissertação justifica-se pela necessidade de desenvolver uma Sequência Didática (SD) que possa contribuir para a promoção da aprendizagem potencialmente significativa dos alunos em relação ao conteúdo de espectroscopia.

A metodologia adotada nesta dissertação compreende as seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica sobre espectroscopia, aprendizagem significativa e ambiente virtual de aprendizagem;
- Análise das dificuldades e interpretações dos alunos em relação ao conteúdo de espectroscopia;
- Seleção de recursos do ambiente virtual de aprendizagem para serem utilizados na SD;
- Desenvolvimento da SD;
- Aplicação da SD em turmas de Física do 2º ano do ensino médio;
- Análise dos resultados a partir da aplicação e avaliação propostas na SD.

A dissertação está organizada em cinco capítulos. O primeiro apresenta a introdução, com a contextualização, o problema da pesquisa, objetivos, justificativa, metodologia e estrutura da dissertação. O segundo capítulo é dedicado à revisão de literatura, com a discussão sobre espectroscopia no ensino de Física, aprendizagem significativa e tecnologias educacionais. O terceiro capítulo descreve a metodologia do trabalho com o produto educacional, incluindo:

- Descrição da pesquisa aplicada;
- Descrição detalhada do contexto de aplicação do produto educacional;
- Dados qualitativos/quantitativos;
- Etapas do desenvolvimento do produto educacional;
- Descrição do problema ao qual o produto educacional vai atuar;
- Questão norteadora para a aplicação do produto educacional;

- Hipóteses;
- Objetivos geral e específicos;
- Como foi elaborada a proposta de intervenção por meio do produto educacional;
- Etapas da aplicação do produto educacional ou SD adotada;
- Características físicas da escola de aplicação do produto educacional;
- Instrumentos;
- Coleta e análise de dados;
- Características singulares da metodologia, com a seleção de conteúdos, estratégias e elaboração do material didático;
- Teste-piloto da SD.

O quarto capítulo apresenta os resultados e a discussão da análise dos dados coletados, das questões e problemas averiguados, dos relatos com evidências para a verificação de indícios de aprendizagem e da discussão com foco nos resultados, articulados com os pressupostos teóricos e a revisão da literatura. No quinto capítulo, intitulado “Considerações Finais”, são discutidas as implicações pedagógicas e educacionais, as limitações e as possibilidades para pesquisas futuras, além de ser feita uma síntese dos resultados, abordando a contribuição para o ensino de Física.

1.2. CENÁRIOS E RAZÕES DA PESQUISA

A educação científica é um campo em constante evolução, e o ensino de Física desempenha um papel fundamental na formação de cidadãos críticos e preparados para enfrentar os desafios do mundo moderno. Nesse contexto, a espectroscopia é uma disciplina crucial que permite aos estudantes compreenderem as propriedades da luz e as interações fundamentais entre a matéria e a energia. No entanto, o ensino dessa temática muitas vezes enfrenta desafios significativos, especialmente quando se busca promover a aprendizagem significativa, na qual os estudantes constroem conhecimento de maneira profunda e duradoura, diferente da aprendizagem mecânica, que é “a aquisição de informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva. O conceito é armazenado de forma arbitrária” (Moreira e Masini, 2001, p. 19).

A crescente integração das tecnologias digitais no ambiente educacional oferece oportunidades promissoras para superar esses desafios. Os ambientes virtuais de aprendizagem proporcionam flexibilidade, interatividade e acesso a recursos diversificados, o que pode contribuir significativamente para a promoção da aprendizagem significativa no ensino de Física, em particular na espectroscopia. De acordo com Almeida e Valente (2012, p. 60), as tecnologias propiciam:

a reconfiguração da prática pedagógica, a abertura e plasticidade do currículo e o exercício da coautoria de professores e alunos. Por meio da mídiatização das tecnologias de informação e comunicação, o desenvolvimento do currículo se expande para além das fronteiras espaços-temporais da sala de aula e das instituições educativas; supera a prescrição de conteúdos apresentados em livros, portais e outros materiais; estabelece ligações com os diferentes espaços do saber e acontecimentos do cotidiano; e torna públicas as experiências, os valores e os conhecimentos, antes restritos ao grupo presente nos espaços físicos, onde se realizava o ato pedagógico.

Este estudo tem como objetivo desenvolver e aplicar uma Sequência Didática (SD) como material potencialmente significativo, de fundamental importância no processo de ensino e aprendizagem. Nessa perspectiva, Moreira e Masini (2001, p. 23) relatam que

[...] quanto à natureza do material, deve ser “logicamente significativa”, suficientemente não-arbitrária e não-aleatória em si, de modo que possa ser relacionada, de forma substantiva e não-arbitrária, a ideias correspondentes relevantes que se situam dentro do domínio da capacidade humana de aprender. Quanto à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos com os quais o novo material é relacionável.

Que foi especificamente concebida para promover a aprendizagem significativa dos estudantes no ensino de espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem.

O cenário da pesquisa compreende um AVA que oferece uma ampla gama de recursos, incluindo simulações interativas, vídeos explicativos, textos didáticos e atividades práticas. O AVA foi projetado para ser acessível a estudantes do ensino médio e superior, permitindo uma abordagem progressiva da espectroscopia, desde conceitos básicos até tópicos avançados.

A aprendizagem significativa é uma abordagem pedagógica que enfatiza a construção ativa do conhecimento pelo aluno, como caracteriza os autores, em suas respectivas publicações: Moreira & Masini 1982, 2006; Moreira, 1999, 2000, 2006; Masini & Moreira, 2008; Valadares & Moreira, 2009. Moreira e Mansini (2006, p24) descrevem-na da seguinte forma:

Sabemos que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade.

A espectroscopia é uma área desafiadora para os estudantes, mas o ambiente virtual de aprendizagem oferece uma oportunidade para tornar o aprendizado mais significativo, permitindo que os alunos explorem, experimentem e construam conceitos de forma autônoma.

Um AVA pode ser acessado a qualquer hora e em qualquer lugar, facilitando a aprendizagem autodirigida. Isso é especialmente importante no contexto atual, em que a educação a distância se tornou mais comum devido à pandemia de COVID-19.

O uso de simulações interativas e experimentos virtuais no AVA permite aos alunos visualizar fenômenos complexos de espectroscopia de maneira mais intuitiva, o que pode melhorar a compreensão e a retenção do conhecimento.

O AVA também oferece a capacidade de rastrear o progresso do aluno e fornecer feedback imediato, auxiliando na identificação de áreas de dificuldade e na adaptação do ensino às necessidades individuais.

Este estudo visa contribuir para o aprimoramento do ensino de Física, em particular na espectroscopia, por meio do desenvolvimento de uma Sequência Didática inovadora para um AVA. A promoção da aprendizagem significativa dos estudantes é o objetivo central desta pesquisa, com a crença de que a combinação de recursos interativos, acessibilidade e flexibilidade oferecidos pelo AVA pode transformar a forma como os alunos aprendem sobre esse tema complexo e fascinante. Ao final deste estudo, espera-se que os resultados proporcionem insights valiosos para educadores e pesquisadores interessados na aplicação das tecnologias digitais ao ensino de Física, contribuindo para a formação de uma nova geração de cientistas e cidadãos informados e críticos.

1.3. QUESTÃO NORTEADORA E JUSTIFICATIVA

A educação em Física é uma área em constante transformação, com desafios inerentes à transmissão de conceitos complexos e abstratos aos estudantes. No contexto do ensino da espectroscopia, que desempenha um papel essencial na compreensão das interações entre a luz e a matéria, surge a necessidade de abordagens pedagógicas inovadoras. A aprendizagem

significativa, baseada na construção ativa do conhecimento pelo aluno, é um objetivo importante nesse processo. Este estudo propõe o desenvolvimento de uma Sequência Didática para o ensino de espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem com o objetivo de promover a aprendizagem significativa dos estudantes. Nessa perspectiva, surgem questões norteadoras, tais como:

- Como podemos utilizar um ambiente virtual de aprendizagem de forma eficaz no ensino de espectroscopia para promover a aprendizagem significativa?
- Quais são os principais desafios enfrentados pelos estudantes ao aprenderem conceitos de espectroscopia, e como podemos abordá-los de maneira eficaz em um ambiente virtual de aprendizagem?
- Como a interatividade, a acessibilidade e a flexibilidade oferecidas por um AVA podem ser exploradas para facilitar a compreensão e a retenção dos conceitos de espectroscopia?
- Quais estratégias pedagógicas e recursos específicos podem ser incorporados à SD para maximizar a eficácia da promoção da aprendizagem significativa?

A espectroscopia é uma disciplina fundamental para a compreensão de fenômenos naturais, aplicada em diversas áreas, como química, física, biologia e astronomia. Leite e Prado (2012, p. 9) definem espectroscopia como “o conjunto de técnicas de análise qualitativa baseada na observação de espectros de substâncias”. No entanto, o ensino tradicional muitas vezes não consegue proporcionar uma compreensão profunda e significativa desse conceito.

Os AVAs oferecem recursos interativos, acessibilidade e flexibilidade que podem ser explorados de forma eficaz para melhorar o ensino de conceitos complexos como a espectroscopia. A pesquisa busca maximizar o potencial dessas tecnologias para promover a aprendizagem significativa.

Os resultados deste estudo têm o potencial de beneficiar tanto educadores que buscam aprimorar suas práticas pedagógicas quanto alunos que desejam adquirir uma compreensão profunda e significativa da espectroscopia, preparando-se para carreiras científicas e tecnológicas.

No decorrer desta pesquisa, pretendemos desenvolver uma Sequência Didática inovadora e aplicá-la para avaliar sua eficácia na promoção da aprendizagem significativa dos estudantes no contexto da espectroscopia. Esperamos que os resultados contribuam para o

avanço do campo do ensino de Física e inspirem novas abordagens pedagógicas baseadas em tecnologias digitais, promovendo uma educação de qualidade.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo geral

O objetivo principal desta pesquisa é desenvolver, implementar e aplicar uma Sequência Didática inovadora, baseada em um ambiente virtual de aprendizagem, para o ensino de espectroscopia no contexto da Física, visando promover a aprendizagem significativa dos estudantes.

1.4.2. Objetivos específicos

- Desenvolver uma Sequência Didática (SD) detalhada que inclua uma variedade de recursos e estratégias pedagógicas específicas para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem, garantindo acessibilidade, interatividade e usabilidade eficaz para os estudantes.
- Analisar os resultados da avaliação para identificar desafios enfrentados pelos estudantes e oportunidades de melhoria na SD e no ambiente virtual de aprendizagem.

Por meio do cumprimento desses objetivos específicos, esta pesquisa busca proporcionar um avanço significativo no ensino de espectroscopia e na promoção da aprendizagem significativa, aproveitando os recursos e as potencialidades oferecidos pelos ambientes virtuais de aprendizagem.

Além disso, visa contribuir para a formação de professores e alunos, impactando positivamente a educação em Física e áreas correlatas.

1.5. METODOLOGIA DA PESQUISA DO TRABALHO COM O PRODUTO EDUCACIONAL

1.5.1. Metodologia da pesquisa

A metodologia adotada nesta pesquisa visa fornecer um arcabouço sólido e sistemático para o desenvolvimento de uma Sequência Didática destinada ao ensino de espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem, com foco na promoção da aprendizagem significativa. A abordagem metodológica é dividida em etapas claras e estruturadas, a fim de garantir a eficácia e a confiabilidade dos resultados obtidos.

A primeira etapa da pesquisa envolve uma revisão de literatura abrangente sobre os seguintes tópicos:

- Fundamentos da espectroscopia e seus conceitos-chave;
- Teorias e modelos de aprendizagem, com ênfase na aprendizagem significativa de Ausubel;
- O uso de ambientes virtuais de aprendizagem no ensino de Física.

Essa revisão da literatura tem como objetivo fornecer uma base sólida para a construção da SD e embasar as escolhas metodológicas ao longo da pesquisa.

Com base nas informações obtidas na revisão de literatura, a próxima etapa consiste no desenvolvimento da SD propriamente dita. Esta sequência será estruturada de acordo com os princípios da aprendizagem significativa de Ausubel e considerará os diferentes níveis de conhecimento e habilidades dos alunos.

A SD será elaborada de forma a abranger os seguintes elementos:

- Objetivos de aprendizagem claros e alinhados com os conteúdos da espectroscopia;
- Seleção de recursos digitais, como simulações, vídeos, textos explicativos e atividades práticas;
- Estratégias pedagógicas para promover a interatividade e a participação ativa dos alunos;

- Avaliação formativa e somativa para medir a compreensão dos estudantes ao longo da sequência.

Em uma terceira etapa, a SD desenvolvida será adaptada e implementada no ambiente virtual de aprendizagem do Colégio Militar de Salvador. Isso incluirá as seguintes atividades:

- Criação de módulos;
- Organização dos recursos;
- Integração de ferramentas interativas;
- Garantia da acessibilidade para todos os estudantes.

A implementação da SD no AVA foi acompanhada por atividades piloto com um grupo de estudantes, com o objetivo de identificar quaisquer problemas técnicos ou pedagógicos e realizar os ajustes necessários. As atividades piloto foram realizadas com turmas do nono ano do ensino fundamental e com turmas do terceiro ano do ensino médio. Ressalta-se que a SD foi pensada e estruturada para as turmas do segundo ano do ensino médio, para ser aplicada logo após a abordagem de conteúdos como interferência e difração nos fenômenos ondulatórios.

Para avaliar a eficácia da Sequência Didática, foram coletados dados quantitativos e qualitativos durante e após a implementação no ambiente virtual de aprendizagem. Essa coleta incluiu:

- Testes de conhecimento antes e depois da sequência para medir o ganho de aprendizado;
- Observações participantes para avaliar o envolvimento dos alunos e a usabilidade do AVA;
- Entrevistas com os estudantes para obter feedback qualitativo sobre a experiência de aprendizagem.

Os dados coletados foram analisados quantitativa e qualitativamente para identificar os desafios enfrentados pelos estudantes e as oportunidades de melhoria na SD e no AVA.

Por fim, com base nas descobertas da pesquisa, propõem-se práticas para educadores e designers instrucionais que desejem aplicar abordagens semelhantes ao ensino de

espectroscopia em ambientes virtuais de aprendizagem. Essas recomendações visam melhorar a qualidade do ensino e facilitar a promoção de uma aprendizagem significativa.

Essa metodologia abrangente proporcionará uma base sólida para o desenvolvimento e avaliação da SD, garantindo que a pesquisa contribua de forma efetiva para o avanço do ensino de espectroscopia no contexto do ambiente virtual de aprendizagem.

1.5.2. Metodologia do trabalho com o produto educacional

A metodologia deste trabalho consiste na criação de uma Sequência Didática (SD) como produto educacional, destinada ao ensino de espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). Essa abordagem sistemática é dividida em etapas que visam garantir a eficácia do processo de desenvolvimento e a promoção da aprendizagem significativa dos estudantes.

A primeira fase envolveu o planejamento e a conceituação da SD. Nesta etapa, foram definidos os objetivos de aprendizagem, alinhados com os conteúdos da espectroscopia, bem como os recursos pedagógicos a serem utilizados no AVA. Os princípios da aprendizagem significativa de Ausubel orientaram a estruturação da sequência.

Na segunda fase, a SD foi desenvolvida de acordo com as diretrizes estabelecidas na fase anterior. Isso incluiu a criação de módulos de ensino, a seleção de recursos digitais como simulações interativas, vídeos explicativos, textos didáticos e atividades práticas, bem como a definição de estratégias pedagógicas para promover a interatividade e a participação ativa dos alunos.

Uma vez que a SD foi desenvolvida, a próxima etapa envolveu sua implementação no ambiente virtual de aprendizagem escolhido. Foi dada especial atenção à organização dos materiais, à integração de ferramentas interativas e à garantia de acessibilidade para todos os estudantes. Esta fase também incluiu atividades piloto com um grupo de estudantes para identificar eventuais problemas técnicos ou pedagógicos que requeriam ajustes.

A avaliação da eficácia da Sequência Didática ocorreu durante e após a implementação no ambiente virtual de aprendizagem. Foram realizados testes de conhecimento antes e depois da sequência para medir o ganho de aprendizado. Observações dos participantes foram realizadas para avaliar o envolvimento dos alunos e a usabilidade do AVA. Além disso, entrevistas com os estudantes foram conduzidas para obter feedback qualitativo sobre a experiência de aprendizagem.

Os dados coletados foram analisados quantitativa e qualitativamente para identificar os desafios enfrentados pelos estudantes e as oportunidades de melhoria na SD e no AVA. Esta fase permitiu uma compreensão profunda dos resultados obtidos e das áreas que necessitavam de aprimoramento.

Como resultado deste trabalho, foi produzida uma Sequência Didática completa para o ensino de espectroscopia em ambiente virtual de aprendizagem. Essa sequência compreende diversos módulos, recursos interativos e estratégias pedagógicas cuidadosamente projetadas para promover a aprendizagem significativa dos estudantes.

Por fim, com base nas descobertas da pesquisa e na experiência adquirida no desenvolvimento da SD, foram propostas recomendações práticas para educadores e designers instrucionais que desejem aplicar abordagens semelhantes ao ensino de espectroscopia em ambientes virtuais de aprendizagem. Essas recomendações visam maximizar a eficácia do ensino e promover a aprendizagem significativa.

Essa metodologia sistemática, orientada pela construção de um produto educacional, possibilitou a criação de uma Sequência Didática robusta e adaptável, com potencial para melhorar significativamente o ensino de espectroscopia e promover a aprendizagem significativa dos alunos no contexto do ambiente virtual de aprendizagem.

1.6. BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional resultante deste estudo é uma Sequência Didática abrangente e inovadora, cuidadosamente elaborada para promover a aprendizagem significativa no ensino de espectroscopia. Este produto foi projetado especificamente para ser utilizado em um ambiente virtual de aprendizagem, explorando ao máximo os recursos digitais disponíveis para criar uma experiência de ensino envolvente e eficaz.

A SD é dividida em módulos temáticos, cada um focado em aspectos específicos da espectroscopia. Cada módulo apresenta uma estrutura clara, com objetivos de aprendizagem definidos, conteúdos teóricos, atividades práticas e avaliações.

Os módulos incorporam recursos digitais interativos, incluindo simulações virtuais que permitem aos alunos explorarem fenômenos espectroscópicos de forma prática. Essas simulações auxiliam na compreensão dos conceitos fundamentais, tornando a aprendizagem mais visual e envolvente.

Cada módulo é complementado por vídeos explicativos que abordam tópicos-chave de forma acessível e didática. Esses vídeos fornecem uma introdução visual aos conceitos complexos, facilitando a compreensão dos estudantes. Além disso, materiais de apoio, como textos explicativos e resumos, estão disponíveis para fornecer informações adicionais e auxiliar os alunos na revisão e aprofundamento do conteúdo.

A sequência inclui atividades práticas que os estudantes podem realizar no ambiente virtual de aprendizagem, como análise de espectros, interpretação de resultados e resolução de problemas relacionados à espectroscopia. Isso permite a aplicação prática dos conceitos aprendidos.

Ao longo dos módulos, os alunos são submetidos a avaliações formativas, como fóruns de discussão, preenchimento de quadros, construção de relatórios a partir de desafios, interpretação de imagens de experimentos reais com espectroscopia e criação de vídeos curtos para fomentar o que foi apreendido. Essas avaliações monitoram o progresso e auxiliam na identificação de áreas de dificuldade.

A SD foi desenvolvida com base em uma abordagem pedagógica que prioriza a aprendizagem significativa. Isso significa que os conteúdos são apresentados de forma clara e estruturada, relacionados ao conhecimento prévio dos alunos e contextualizados em situações do mundo real. A interatividade é um elemento-chave, permitindo que os estudantes construam ativamente seu conhecimento por meio da exploração e da experimentação.

O produto educacional é flexível e acessível, permitindo que os estudantes acessem o conteúdo a qualquer momento e em qualquer lugar, adaptando-o às suas necessidades individuais de aprendizagem.

Espera-se que esta SD contribua significativamente para o ensino de espectroscopia, tornando-o mais acessível, envolvente e eficaz. Ao promover a aprendizagem significativa dos alunos, o produto educacional busca capacitar uma nova geração de estudantes e profissionais com um sólido entendimento dos princípios da espectroscopia, preparando-os para carreiras científicas e tecnológicas de sucesso.

1.7. RESULTADOS ESPERADOS

O resultado esperado deste estudo é promover a aprendizagem significativa dos estudantes no ensino de espectroscopia por meio da utilização de uma Sequência Didática desenvolvida especificamente para um ambiente virtual de aprendizagem. A aprendizagem

significativa, conforme definida por Ausubel (1968), refere-se à construção de conhecimento que não é apenas memorizado, mas compreendido, relacionado ao conhecimento prévio e aplicado a novas situações de forma duradoura e profunda. Os principais elementos que se espera alcançar como resultado deste trabalho são os seguintes:

- **Compreensão Profunda dos Conceitos de Espectroscopia:**

Espera-se que os estudantes desenvolvam uma compreensão sólida dos princípios e conceitos fundamentais da espectroscopia, incluindo a interação da luz com a matéria, a formação de espectros e a interpretação das informações espectrais.

- **Aplicação dos Conceitos em Contextos Reais:**

O objetivo é que os alunos sejam capazes de aplicar os conceitos de espectroscopia em contextos do mundo real, como em experimentos práticos, análises de espectros de substâncias reais e em situações cotidianas relacionadas à espectroscopia.

- **Construção de Conhecimento Autônomo:**

Espera-se que os estudantes se tornem aprendizes autônomos, capazes de explorar conceitos de espectroscopia por conta própria, utilizando os recursos disponíveis no ambiente virtual de aprendizagem e na Sequência Didática.

- **Retenção e Transferência de Conhecimento:**

Espera-se que os estudantes retenham os conceitos de espectroscopia e possam aplicá-los a novas situações e desafios, mesmo após o término do curso.

- **Motivação para o Aprendizado:**

Espera-se que os alunos se sintam mais motivados a se envolver com o conteúdo da espectroscopia, pois a aprendizagem significativa está associada a um maior nível de motivação dos estudantes.

- **Melhoria na Performance e no Desempenho dos Alunos:**

Espera-se que a promoção da aprendizagem significativa se reflita em melhorias na performance e no desempenho dos estudantes em avaliações formais, bem como em sua capacidade de resolver problemas complexos relacionados à espectroscopia.

Em resumo, espera-se que a SD desenvolvida, adaptada ao ambiente virtual de aprendizagem, promova uma compreensão profunda e duradoura da espectroscopia, capacitando os estudantes a aplicarem esses conhecimentos em contextos do mundo real. Isso contribuirá para o avanço da educação em Física, formando alunos mais bem preparados e motivados para enfrentar desafios científicos e tecnológicos.

1.8. ESTRUTURA DA PRODUÇÃO: DA DISSERTAÇÃO E DO PRODUTO EDUCACIONAL

Esta dissertação de mestrado está estruturada em consonância com a criação do produto educacional – uma Sequência Didática para o ensino de espectroscopia em ambiente virtual de aprendizagem. A estrutura da dissertação integra teoria, pesquisa e a aplicação prática do produto educacional, com o objetivo de promover a aprendizagem significativa dos alunos.

- Contextualização da importância do ensino de espectroscopia e sua relevância no cenário atual;
- Formulação do problema de pesquisa;
- Justificativa da pesquisa;
- Objetivos da pesquisa;
- Estrutura geral da dissertação e apresentação do produto educacional;
- Exploração aprofundada dos conceitos de espectroscopia e aprendizagem significativa;
- Análise da literatura sobre o uso de ambientes virtuais de aprendizagem no ensino de Física;
- Descrição detalhada da metodologia utilizada para desenvolver a Sequência Didática;
- Explicação das etapas de planejamento, desenvolvimento, implementação e avaliação da sequência;
- Apresentação dos módulos de ensino, recursos interativos, vídeos explicativos e atividades práticas que compõem a sequência;
- Explicação da estrutura e lógica subjacente à sequência;
- Descrição da adaptação e integração da Sequência Didática no ambiente virtual de aprendizagem;
- Relato das atividades piloto e ajustes realizados durante a implementação;

- Apresentação dos resultados da avaliação da Sequência Didática (SD), incluindo dados quantitativos e qualitativos;
- Análise da eficácia da sequência na promoção da aprendizagem significativa;
- Interpretação dos dados obtidos na avaliação;
- Análise das implicações dos resultados para o ensino de espectroscopia e para a promoção da aprendizagem significativa;
- Síntese dos principais achados da pesquisa;
- Resposta às questões de pesquisa;
- Contribuições para o campo do ensino de Física e para a educação em geral;
- Sugestões práticas para educadores e designers instrucionais baseadas nos resultados da pesquisa;
- Inclusão de materiais adicionais, como planos de aula e questionários de avaliação, entre outros.

O produto educacional, a Sequência Didática (SD), compreende os seguintes elementos:

Módulos de Ensino: Cada módulo abrange um tópico específico relacionado à espectroscopia e inclui objetivos de aprendizagem, conteúdos teóricos, atividades práticas e avaliações.

Recursos Interativos: Incluem simulações, vídeos explicativos e atividades práticas para facilitar a compreensão.

Textos Didáticos: Material de apoio, como textos explicativos e resumos, complementa a aprendizagem.

Avaliações Formativas e Somativas: Para medir o progresso dos alunos e a retenção de conhecimento, serão monitorados fóruns de discussão, respostas a perguntas introdutórias e motivadoras, elaboração de relatórios e relatos da experiência em vídeos curtos.

A estrutura da dissertação e do produto educacional foi projetada para fornecer uma abordagem abrangente que integra teoria e prática, contribuindo para o avanço do ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem e para a promoção da aprendizagem significativa.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM

O ensino de Física é um desafio constante, pois envolve conceitos complexos que muitas vezes parecem distantes do cotidiano dos estudantes. No entanto, as teorias de aprendizagem desempenham um papel fundamental na busca por estratégias eficazes de ensino. Neste contexto, a teoria da aprendizagem de Ausubel e colaboradores (Ausubel *et al.*, 1980; Ausubel, 2003) se propõe a lançar as bases para a compreensão de como o ser humano constrói significados e, desse modo, apontar caminhos para a elaboração de estratégias de ensino que facilitem uma aprendizagem significativa. A teoria emerge como uma abordagem fundamental para promover a compreensão profunda e duradoura dos conceitos físicos. Neste trabalho, exploraremos os pressupostos teóricos da aprendizagem significativa e como eles podem ser aplicados de maneira eficaz no ensino de Física.

Uma das principais características da aprendizagem significativa é que o conhecimento deve ser relevante e ter significado para o estudante, para que ele possa ser integrado às suas estruturas cognitivas pré-existentes. Por isso, a abordagem busca relacionar o novo conhecimento com experiências vividas pelos estudantes e com conceitos que eles já conhecem, de modo a tornar a aprendizagem mais significativa e duradoura. Segundo Moreira (2011), a aprendizagem significativa em Física ocorre quando o novo conhecimento se relaciona com experiências prévias do estudante, tornando-se parte de sua estrutura cognitiva e permitindo que ele seja utilizado em novas situações.

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), desenvolvida por David Ausubel na década de 1960, baseia-se na ideia central de que o aprendizado ocorre quando novas informações são integradas de maneira não arbitrária ao conhecimento prévio do aluno. Em contraste com a aprendizagem memorística, que envolve a simples reprodução de informações, a aprendizagem significativa é caracterizada pela compreensão profunda e pela aplicação do conhecimento em contextos diversos. Como descrito por Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 155 *apud* Ausubel, 1978, p. 41),

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe.

Ausubel propôs a existência de duas categorias de conhecimento prévio: subsunçores e subsunçores suplementares. Os primeiros são estruturas cognitivas que representam conceitos específicos e são a base para a aprendizagem significativa. Os subsunçores suplementares fornecem informações adicionais que enriquecem o entendimento do aluno. De acordo com Moreira e Masini (2006, p. 20), “A aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto se relaciona a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva”. No ensino de Física, é essencial identificar os subsunçores relevantes e criar conexões entre eles.

Para que a aprendizagem significativa ocorra, é crucial que os novos conceitos sejam percebidos como relevantes e aplicáveis pelos alunos. Nessa perspectiva, Moreira (2012, p. 8) afirma que duas condições são essenciais para que ocorra a aprendizagem significativa: “1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender”. Além disso, ele destaca que:

É o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e os significados atribuídos podem não ser aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino. Naturalmente, no ensino o que se pretende é que o aluno atribua aos novos conhecimentos, veiculados pelos materiais de aprendizagem, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino, mas isso normalmente depende de um intercâmbio, de uma “negociação”, de significados, que pode ser bastante demorada. (MOREIRA, 2012, p. 20)

Complementa-se que a segunda condição é mais difícil de ser satisfeita, pois o aluno deve apresentar uma predisposição para aprender. Essa ideia fica clara na seguinte descrição:

Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos. Pode ser simplesmente porque ela ou ele sabe que sem compreensão não terá bons resultados nas avaliações. Aliás, muito da aprendizagem memorística sem significado (a chamada aprendizagem mecânica) que usualmente ocorre na escola resulta das avaliações e procedimentos de ensino que estimulam esse tipo de aprendizagem. (MOREIRA, 2012, p. 21-22)

Ausubel enfatizou a importância da organização lógica e hierárquica do material de ensino. Os conceitos devem ser apresentados de forma sequencial para que os alunos possam construir uma estrutura mental sólida que facilite a compreensão posterior. Nessa perspectiva, Ausubel também recomendou o uso de organizadores prévios, que servem como âncoras para a nova aprendizagem e levam ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitam a aprendizagem subsequente. Tal como Moreira (2012, p. 11) aponta, os organizadores prévios são elementos importantes para a aprendizagem significativa:

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

Esses organizadores são materiais introdutórios apresentados antes do conteúdo a ser aprendido. Eles servem como uma ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve aprender. Os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem, pois funcionam como pontes cognitivas. Essa definição é proposta por Moreira e Masini (2001, p. 21).

A aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) no ensino de Física implica em:

- **Ativação dos subsunçores:** Identificar e ativar os subsunçores relevantes na mente dos alunos, relacionando os novos conceitos aos conhecimentos prévios.

Moreira (2012, p. 10) define subsunçores como:

conhecimentos prévios especificamente relevantes para que os materiais de aprendizagem ou, enfim, os novos conhecimentos sejam potencialmente significativos. Nessa linha, subsunçores podem ser proposições, modelos mentais, construtos pessoais, concepções, ideias, invariantes operatórios, representações sociais e, é claro, conceitos, já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende,

- **Contextualização:** Apresentar os conceitos em um contexto real ou prático, demonstrando sua relevância e utilidade. A experimentação pode ser encarada como um processo de adaptação entre a teoria e a realidade sociocultural do estudante, por meio da análise de situações reais, sejam naturais ou resultantes de uma nova produção humana. Essa conotação encontra respaldo nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio, nas Competências e Habilidades a serem desenvolvidas em Física. No quadro III do documento, que trata da contextualização sociocultural, são apresentadas competências gerais e seu detalhamento em Física. Percebe-se, ali, um forte apelo pela aplicação da (TAS), tal como explicitado no detalhamento em Física (BRASIL, 1999, 23).

Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época.

No PCN para Física no ensino médio, o sentido da experimentação é discutido da seguinte forma (BRASIL, 1999, p. 25).

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência, para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando “experiências” que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno.

- **Diálogo e Discussão:** Promover o diálogo entre os alunos, incentivando-os a discutir e explicar os conceitos uns aos outros, é uma ideia discutida por Ausubel, conforme descrito por Moreira (2013, p. 48).

Ausubel destaca a interação cognitiva entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, mas essa interação é mediada socialmente e semanticamente, quer dizer pelo professor e pela palavra. O significado que caracteriza a aprendizagem significativa não está nas coisas, nos objetos, nos conteúdos, e sim nas pessoas, no caso, professores e alunos. Então, não há incompatibilidade entre a visão ausubeliana, mais conteudista, e a vygoskyana, mais interacionista social.

- **Metodologias Ativas:** Utilizar metodologias ativas, como resolução de problemas e experimentação, que incentivem a aplicação dos conceitos em situações práticas, com o propósito de facilitar a aprendizagem significativa. Segundo Berbel (2011, p. 29), as metodologias ativas se baseiam em experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar, com sucesso, desafios advindos das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos. Nesse contexto, Berbel (2011, p. 28) aponta que:

As metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. Quando acatadas e analisadas as contribuições dos alunos, valorizando-as, são estimulados os sentimentos de engajamento, percepção de competência e de pertencimento, além da persistência nos estudos, entre outras.

A teoria da aprendizagem significativa (TAS) de David Ausubel oferece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias eficazes de ensino de Física. Ao compreender os pressupostos teóricos dessa abordagem, os educadores podem criar ambientes de aprendizagem

que promovam a compreensão profunda e duradoura dos conceitos físicos, preparando os alunos para enfrentar os desafios complexos da Física e do mundo real com confiança e competência. O ensino de Física baseado na aprendizagem significativa não apenas enriquece a experiência educacional, mas também capacita os alunos a aplicarem seus conhecimentos de forma significativa em suas vidas pessoais e profissionais.

2.1.1. Aspectos históricos da (TAS)

A teoria da aprendizagem significativa (TAS), proposta por David Ausubel, é uma das abordagens mais influentes na psicologia da educação e no campo do ensino. Esta teoria, que enfatiza a importância de conectar o novo conhecimento ao conhecimento prévio do aluno, tem uma rica história que remonta ao século XX. A teoria de Ausubel é focada principalmente na aprendizagem cognitiva. Do ponto de vista de Moreira (1995, p. 152), Ausubel é um representante do cognitivismo e:

como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivista, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Para ele, aprendizagem significativa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Como outros teóricos do cognitivismo, ele se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam.

Neste item, exploramos os aspectos históricos da teoria da aprendizagem significativa (TAS) de Ausubel, destacando sua evolução ao longo do tempo e seu impacto duradouro na educação. A história da TAS remonta ao movimento da psicologia cognitiva, que surgiu nas décadas de 1950 e 1960. David Ausubel, um renomado psicólogo educacional, desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento dessa teoria. Suas primeiras obras, incluindo “Psicologia Educacional: Um Ponto de Vista Cognitivo” (1963), estabeleceram as bases para o que se tornaria uma abordagem inovadora ao ensino e à aprendizagem. Já no prefácio desse livro, Ausubel escreve: “O fator mais importante que influencia o aprendizado é o que o aluno já sabe. Descubra o que ele já sabe e ensine-o de acordo” (Ausubel, 1968, p. VI).

Ao longo dos anos, Ausubel continuou a desenvolver e refinar sua teoria. Ele expandiu os conceitos-chave da aprendizagem significativa e da organização hierárquica do conhecimento. Essas ideias fundamentais ajudaram a moldar a forma como educadores e pesquisadores abordam a instrução e o currículo. De acordo com Moreira (2005, p. 1), “A perspectiva cognitiva clássica da aprendizagem significativa é a proposta por David Ausubel

na década de 1960 (Ausubel, 1963; 1968) e por ele reiterada recentemente (Ausubel, 2000)”. Moreira (2005, p. 2), um dos colaboradores de Ausubel, descreve a TAS da seguinte forma:

Joseph Novak (1981; Novak e Gowin, 1996) colaborador de Ausubel e co-autor da segunda edição da obra básica sobre aprendizagem significativa (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980), dá à aprendizagem significativa uma conotação humanista propondo que ela subjaz à integração construtiva, positiva, entre pensamentos, sentimentos e ações que conduz ao engrandecimento humano. Essa integração entre pensamentos, sentimentos e ações pode ser positiva, negativa ou matizada. A perspectiva de Novak é que quando a aprendizagem é significativa o aprendiz cresce, tem uma sensação boa e se predispõe a novas aprendizagens na área. Mas o corolário disso é que quando a aprendizagem é sempre mecânica o sujeito acaba por desenvolver uma atitude de recusa à matéria de ensino e não se predispõe à aprendizagem significativa. Muito do que se passa nas situações de ensino e aprendizagem ocorre entre esses dois extremos.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel rapidamente encontrou aplicação em uma variedade de campos educacionais, desde o ensino de ciências até a educação médica. Educadores começaram a reconhecer a importância de criar ambientes de aprendizagem que fossem significativos para os alunos, onde o novo conhecimento fosse integrado organicamente ao conhecimento prévio.

O legado da TAS de Ausubel é evidente na forma como o ensino é concebido e implementado hoje. A ideia de que a aprendizagem é mais eficaz quando os alunos conseguem conectar o novo conhecimento ao que já sabem é amplamente aceita. Essa abordagem também influenciou a ênfase contemporânea na construção do conhecimento e na aprendizagem ativa.

Os aspectos históricos da TAS de Ausubel ilustram como uma ideia inovadora pode moldar o campo da educação. Ausubel não apenas desenvolveu uma teoria sólida, mas também contribuiu para uma mudança significativa na forma como os educadores compreendem a aprendizagem. Seu legado perdura em salas de aula em todo o mundo, lembrando-nos da importância de tornar a aprendizagem significativa e relevante para os alunos. O estudo desses aspectos históricos é essencial para compreender o estado atual da educação e as oportunidades futuras de melhoria no processo de ensino e aprendizagem.

2.1.2. Conceitos e definições da teoria adotada

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é uma abordagem fundamental na psicologia educacional que enfatiza a importância de conectar o novo conhecimento ao conhecimento prévio do aluno. A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento é integrado de maneira não arbitrária à estrutura cognitiva existente do

aluno. Isso implica que o aluno compreenda o significado do novo conhecimento em relação ao que já sabe, tornando a aprendizagem mais profunda e duradoura.

O conhecimento prévio refere-se ao conjunto de conceitos e ideias que um aluno já possui antes de aprender algo novo. Esses esquemas cognitivos representam a estrutura de conhecimento existente que serve como base para a aprendizagem significativa (Moreira, 2016, p. 1).

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Ausubel propôs a existência de duas categorias de conhecimento prévio: subsunçores e subsunçores suplementares.

Os subsunçores são estruturas cognitivas que representam conceitos específicos e organizados hierarquicamente. Eles servem como âncoras para a aprendizagem significativa, facilitando a assimilação de novos conceitos relacionados.

Os subsunçores suplementares são conhecimentos adicionais que enriquecem a compreensão de um conceito. Eles podem tornar a aprendizagem mais rica e contextual.

Nesse sentido, Moreira (2016, p. 5) afirma que:

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores interrelacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

A teoria de Ausubel sugere que o material de ensino deve ser organizado de forma hierárquica, com os conceitos mais específicos vinculados aos conceitos mais gerais. Isso ajuda os alunos a criarem uma estrutura mental organizada. Nesse sentido, Moreira (2006, p. 18) enfatiza que:

o aluno aprende a partir do que já sabe. É a estrutura cognitiva prévia, ou seja, conhecimentos prévios (conceitos, proposições, ideias, esquemas, modelos, construtos...) hierarquicamente organizados, a principal variável a influenciar a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.

A aprendizagem significativa é facilitada quando os novos conceitos são percebidos como relevantes e aplicáveis à vida do aluno. Os educadores devem buscar maneiras de conectar o conteúdo ao contexto do aluno.

Os conceitos devem ser apresentados em um nível de complexidade adequado ao estágio de desenvolvimento cognitivo do aluno. À medida que o aluno progride, os conceitos podem ser apresentados de forma mais detalhada e abstrata.

A integração de conhecimento envolve a conexão de conceitos relacionados em uma estrutura cognitiva. Isso promove uma compreensão mais profunda e ajuda os alunos a ver as relações entre diferentes ideias.

A aprendizagem significativa facilita a transferência de conhecimento para novas situações e contextos. Os alunos podem aplicar o que aprenderam em situações do mundo real.

Em resumo, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel destaca a importância de tornar a aprendizagem relevante, conectando o novo conhecimento ao conhecimento prévio dos alunos e organizando-o de forma hierárquica e significativa. Essa abordagem tem implicações profundas para o ensino e pode melhorar a retenção e a aplicação do conhecimento pelos alunos. Nessa perspectiva, Moreira (2005, p. 14) chama a atenção para o conceito de aprendizagem significativa, bem como para novas necessidades.

Fica claro, então, que aprendizagem significativa é um conceito de grande atualidade, embora tenha sido proposto há mais de quarenta anos. Fica também claro que esse conceito tem significados originais precisos que subjazem a qualquer das visões aqui apresentadas. Olhar a aprendizagem significativa desde distintas perspectivas não implica uma polissemia onde tudo é aprendizagem significativa. Por outro lado, passados mais de quarenta anos, novos olhares são necessários, particularmente o de complexidade e o de visão crítica.

2.1.3. Formas de aplicação

A aplicação da teoria da aprendizagem significativa (TAS) de Ausubel na sala de aula pode enriquecer a experiência de aprendizado dos alunos e melhorar sua compreensão dos conceitos físicos. Ao ativar os subsunçores, contextualizar o conteúdo, organizar hierarquicamente o material, usar metodologias ativas, promover o diálogo entre os alunos e utilizar avaliações significativas, os educadores podem criar um ambiente propício para a construção de um conhecimento sólido e duradouro. A aprendizagem significativa não apenas prepara os alunos para dominar a física, mas também os capacita a aplicar seu conhecimento de forma relevante em suas vidas pessoais e profissionais.

2.1.4. Resultados: vantagens e desvantagens da sua adoção

A adoção da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel no ensino de Física oferece vantagens, como a promoção de uma compreensão profunda e a aplicação prática dos conceitos. Contudo, essa abordagem também apresenta desafios, como o elevado investimento de tempo e esforço na preparação de materiais, além da necessidade de desenvolver métodos de avaliação mais sofisticados. Entre as desvantagens, incluem-se a dificuldade em ajustar a abordagem a todos os estilos de aprendizagem e a possível sobrecarga para professores e alunos. Outras abordagens a serem consideradas incluem métodos construtivistas que promovem a aprendizagem através da resolução de problemas e a integração de tecnologias educacionais que facilitam a interação e a visualização dos conceitos. É crucial que os educadores avaliem cuidadosamente essas vantagens e desvantagens e considerem alternativas que melhor atendam às necessidades de seus alunos e aos objetivos de ensino, para proporcionar uma experiência de aprendizado verdadeiramente significativa e eficaz.

2.1.5. Perspectivas futuras

À medida que avançamos no século XXI, o ensino de Física enfrenta desafios e oportunidades únicas. Uma dessas oportunidades é a contínua aplicação e evolução da teoria da aprendizagem significativa (TAS) de Ausubel.

Uma das perspectivas mais promissoras é a crescente integração da tecnologia no ensino de Física, especialmente no contexto da aprendizagem significativa. Plataformas de ensino online, simulações interativas e realidade virtual estão transformando a maneira como os conceitos físicos são apresentados, tornando-os mais acessíveis e envolventes. Além disso, a introdução de novas abordagens experimentais, como laboratórios automatizados e remotos, amplia ainda mais as possibilidades de exploração prática e interativa dos conceitos. Essas tecnologias permitem a personalização do ensino, ajustando-o ao nível de compreensão de cada aluno e facilitando uma experiência educacional mais adaptada às necessidades individuais. A pandemia da COVID-19 acelerou a adoção de modelos de ensino híbrido e flexível. No futuro, podemos esperar que a aprendizagem significativa se adapte a essas modalidades, permitindo que os alunos aprendam tanto presencialmente quanto à distância. Isso amplia o alcance do ensino de Física e oferece flexibilidade aos estudantes.

A Física está cada vez mais conectada a diversas áreas do conhecimento, como Engenharia, Ciência da Computação, Química e Biologia. A aplicação da aprendizagem

significativa no ensino de Física pode se beneficiar de uma abordagem integrada, que demonstra como os princípios físicos são fundamentais em múltiplos campos. Essa perspectiva não apenas ressalta a relevância da Física em contextos variados, mas também reflete a tendência contemporânea de incorporar conhecimentos interdisciplinares para enriquecer a compreensão e a aplicação dos conceitos físicos.

O aprendizado significativo não se limita ao ambiente escolar. No futuro, podemos esperar um aumento no aprendizado ao longo da vida, à medida que as pessoas buscam atualizar suas habilidades e conhecimentos. A TAS pode ser uma ferramenta valiosa nesse cenário, tornando o aprendizado contínuo mais relevante.

A criação e o compartilhamento de Recursos Educacionais Abertos (REA), como materiais de ensino, livros didáticos digitais e recursos multimídia, oferecem oportunidades para disseminar abordagens de aprendizagem significativa de forma acessível e global. Essa perspectiva pode democratizar o acesso à educação em Física.

2.2. PRESSUPOSTO DE FÍSICA OU ASSUNTO DO TEMA DO PRODUTO EDUCACIONAL

O ensino de Física é um desafio constante, especialmente quando se trata de tópicos complexos e abstratos, como a espectroscopia. No entanto, em um mundo cada vez mais digital e globalizado, a integração de ambientes virtuais de aprendizagem pode ser a chave para tornar esse processo mais envolvente e eficaz. Para alcançar o objetivo principal aqui, é crucial explorar os pressupostos fundamentais da física que sustentam a espectroscopia. De acordo com Cavalcante e Tavolaro (2002, p. 40), a observação dos espectros de luz, por meio de um espectroscópio, tem grande potencial didático e pedagógico:

A observação desses diferentes espectros de luz no Ensino Médio certamente levará a uma discussão aprofundada não somente sobre a natureza da luz, mas também sobre o desenvolvimento da Física e Química modernas, ressaltando a contribuição desse tipo de análise no surgimento de modelos atômicos.

A espectroscopia baseia-se nos princípios da mecânica quântica, que descrevem o comportamento das partículas subatômicas. Os elétrons em átomos e moléculas ocupam níveis de energia quantizados, e as transições entre esses níveis resultam na absorção ou emissão de energia na forma de fótons. Em Bassi (2001, p. 1), essa ideia fica clara:

Os efeitos resultantes da interação de radiações eletromagnéticas com a matéria proporcionam evidências do comportamento microscópico. Estas observações levam-nos a sugerir modelos que permitam compreender ou prever as propriedades do material estudado. Usualmente esses modelos estão associados com princípios e conceitos associados a mecânica quântica. Neste tópico serão apresentados os conceitos elementares necessários para a compreensão dos efeitos espectroscópicos associados com o fenômeno de absorção e emissão de luz.

A luz é uma forma de radiação eletromagnética. A espectroscopia explora como átomos e moléculas interagem com a luz, absorvendo-a ou emitindo-a em diferentes comprimentos de onda, de acordo com suas energias de transição.

A quantização de energia implica que diferentes transições eletrônicas resultarão em diferentes comprimentos de onda de luz. A relação entre energia e frequência ($E = h \nu$) é essencial para a compreensão dos espectros de emissão e absorção, conforme descrito por Oliveira (2001, p. 24 e 25):

Outra característica importante refere-se à quantidade de energia contida no feixe luminoso, que pode ser calculado a partir da equação de Planck:

$$E = h\nu \quad (2)$$

a qual pode ser também escrita substituindo-se a frequência pela Equação (1): $E = hc\lambda^{-1}$, onde h é a constante de Planck, igual a $6,626 \times 10^{-34}$ J.s. Essa relação possibilita dizer que a luz vermelha, com valor de comprimento de onda de 632,8 nm (é a cor proveniente de um laser de hélio-neônio) tem energia da ordem de 2 eV.

Não é difícil perceber que a Equação (1), mencionada na última citação, refere-se à relação entre comprimento de onda e frequência, com a constante de proporcionalidade “ c ”, a velocidade da luz no vácuo, igual a $3,00 \times 10^8$ m/s. Além disso, de acordo com o mesmo autor,

quando radiação de determinado comprimento de onda (e por consequência com determinado valor de frequência e energia) entra em contato com a matéria, ocorrerá algum fenômeno espectroscópico. Os fenômenos vão depender da grandeza da energia da radiação, e assim poderemos obter, por exemplo, informações sobre as transições eletrônicas das substâncias químicas (e observarmos as cores da natureza que nos cerca). (Oliveira, 2001, p. 25).

Para promover a aprendizagem significativa da espectroscopia, é fundamental considerar a contextualização da espectroscopia em situações do cotidiano, como análise de alimentos, diagnósticos médicos e astronomia. Isso demonstra a relevância prática do assunto e orienta os alunos para esse contexto.

Ainda nessa perspectiva, devem ser realizadas atividades interativas relacionadas à espectroscopia ou à base teórica de sua construção, como simulações interativas que permitam aos alunos explorarem os conceitos-chave, como dispersão da luz, experimento de Young, transições eletrônicas e quantização de energia, de forma prática e visual.

Também é importante promover discussões virtuais e fóruns entre os alunos, incentivando-os a explorar questões filosóficas e aplicações contemporâneas da espectroscopia, como a busca por exoplanetas ou a reflexão sobre como os cientistas sabem quais elementos químicos compõem determinados astros celestes, mesmo que nenhum humano tenha estado lá.

O desenvolvimento de uma sequência didática eficaz para o ensino de espectroscopia em ambientes virtuais de aprendizagem é uma oportunidade empolgante para promover a aprendizagem significativa dos pressupostos fundamentais da física. Ao contextualizar, envolver e desafiar os alunos, podemos prepará-los não apenas para compreender a espectroscopia, mas também para aplicar esses conhecimentos em suas vidas e carreiras futuras. Isso, por sua vez, contribui para uma educação de qualidade e prepara os alunos para enfrentar os desafios da ciência e da tecnologia no século XXI.

2.2.1. Historicidade do pressuposto da física

A espectroscopia é uma técnica fundamental no estudo da física, especialmente na área da física atômica e molecular. Sua história remonta aos séculos XVIII e XIX, quando cientistas começaram a explorar a luz e as cores de maneira mais sistemática. O uso da espectroscopia como ferramenta de ensino na física também tem uma trajetória histórica interessante.

No século XVIII, Isaac Newton conduziu experimentos com prismas, demonstrando que a luz branca pode ser decomposta em um espectro de cores pela refração. Newton mostrou que a luz branca proveniente do Sol pode ser dividida em uma série de cores. Ele introduziu a palavra “espectro” para descrever sua observação da dispersão da luz branca no prisma. Assim, Newton (1866, p. 1) descreveu tal experimento:

Tendo escurecido o meu quarto, fiz um pequeno orifício na janela, de modo a deixar penetrar uma pequena quantidade conveniente de luz solar. Coloquei o prisma em frente ao orifício, de maneira que a luz, ao se refratar, indicasse na parede oposta. Foi um agradável divertimento observar as intensas e vivas cores ali projetadas.

No entanto, foi no século XIX que a espectroscopia começou a desempenhar um papel crucial no desenvolvimento da física.

Um marco importante foi a descoberta das linhas espectrais por Joseph von Fraunhofer em 1814. Ele observou que o espectro da luz solar continha linhas escuras em posições específicas. Essas linhas, mais tarde conhecidas como linhas de Fraunhofer, abriram a porta para a análise química das estrelas e a compreensão das substâncias que compõem os corpos celestes. De acordo com Winterstein (2014, p. 4), em sua obra traduzida para o português, Joseph von Fraunhofer, cientista e empreendedor, destaca esta importante descoberta:

Os instrumentos desenvolvidos por Fraunhofer também se revelaram indispensáveis para a sua investigação científica pioneira. Seu espectrômetro permitiu-lhe investigar a luz solar e outras fontes de luz com extraordinária precisão; as grades ópticas que ele construiu tornou possível analisar o fenômeno da difração da luz e descrever seus efeitos no projeto de instrumentos ópticos.

Os alemães Robert Wilhelm Eberhard Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff também desempenharam papéis importantes no desenvolvimento da espectroscopia. Eles realizaram estudos a partir do espectro da luz emitida por substâncias aquecidas em chamas. Pirolo (2010, p. 1) destaca a contribuição deles com a seguinte descrição:

Dois pesquisadores alemães o químico Robert Wilhelm Eberhard Bunsen e o físico Gustav Robert Kirchhoff, fizeram, em 1859, uma síntese dos procedimentos realizados até aquele momento utilizando o método da espectroscopia e proporcionaram alterações que ajudavam na análise e identificação de materiais na Terra ou em corpos distantes, como o Sol ou as estrelas fixas.

O espectro atômico é característico dos átomos envolvidos e depende da distribuição eletrônica. Os cientistas buscavam identificar um padrão nos comprimentos de onda das linhas atômicas do hidrogênio. Em 1885, J. J. Balmer descobriu que a frequência da radiação emitida pelo átomo de hidrogênio na região do visível/ultravioleta próximo depende de $1/n^2$, onde n é um número inteiro. Essa descoberta, conhecida como a série de Balmer, foi um avanço importante no desenvolvimento da espectroscopia. Balmer acreditava que o hidrogênio e sua relação espectroscópica abririam caminho para o desenvolvimento da estrutura da matéria. Nas palavras do autor:

Parece-me que o hidrogênio... mais do que qualquer outra substância, está destinado a abrir novos caminhos para o conhecimento da estrutura da matéria e de suas propriedades. A esse respeito, as relações numéricas entre os comprimentos de onda das quatro primeiras linhas espectrais do hidrogênio deveriam atrair particularmente a nossa atenção (Balmer, 1885 *apud* Max Jammer 1966, p 65).

O avanço seguinte veio com a teoria quântica no início do século XX. O modelo de Bohr introduziu a ideia de níveis de energia quantizados, explicando as linhas espectrais do hidrogênio. Isso levou à compreensão de que a espectroscopia pode ser usada para investigar a estrutura interna de átomos e moléculas. De acordo com a teoria de Bohr, os elétrons do hidrogênio podem ocupar apenas certos níveis de energia. Quando um elétron recebe energia, ele pode saltar para um nível de energia mais alto. Quando ele retorna a um nível de energia mais baixo, libera energia na forma de luz.

Os postulados de Bohr são cinco afirmações que descrevem o comportamento dos elétrons nos átomos e foram fundamentais para o desenvolvimento da teoria quântica. Eles foram enunciados por Bohr no artigo de revisão de 1915 (p. 30):

- (i) O elétron nos átomos hidrogenóides move-se em uma órbita circular em torno do núcleo sob a ação da força de Coulomb entre cargas puntiformes e obedece às leis da mecânica clássica (leis do movimento de Newton).
- (ii) O elétron pode descrever somente certas órbitas circulares (os estados estacionários) para as quais o momento angular é quantizado de acordo com

$$L = m_e v r = n \frac{h}{2\pi} = n\hbar,$$

onde $n = 1, 2, 3, \dots$, e h é a constante de Planck. A constante $\hbar = h/(2\pi)$ é chamada de constante de Planck reduzida.

- (iii) Nas órbitas circulares permitidas, não há perda de energia por emissão de radiação (isto está fundamentado no fato experimental de que os átomos existem e são, com exceções, estáveis).

- (iv) A radiação eletromagnética é emitida (ou absorvida) quando o elétron troca de órbita de forma descontínua (o salto quântico). A frequência da radiação emitida ou absorvida é proporcional à diferença da energia associada com cada órbita

$$E_f - E_i = h\nu$$

Os estudos de Bohr forneceram um modelo para o átomo e uma fundamentação teórica para as linhas espectrais observadas. No entanto, eles apresentavam limitações, como evidenciado pela falha na explicação do espectro do hélio, que é um átomo com mais de um elétron. Essas limitações foram superadas com o avanço da mecânica quântica, como descrito por Chang e Goldsby (2012, p. 293):

Ao sucesso espetacular da teoria de Bohr seguiu-se uma série de desilusões. A abordagem de Bohr não explicava os espectros de emissão de átomos contendo mais do que um elétron, como os átomos de hélio e de lítio, nem o aparecimento de novas raias no espectro de emissão do hidrogênio quando lhe era aplicado um campo magnético. Outro problema surgiu com a descoberta de propriedades ondulatórias nos elétrons: como a “posição” de uma onda pode ser especificada? Não podemos definir a localização precisa de uma onda porque esta se estende no espaço.

Na visão atual, os elétrons atômicos não são mais vistos como partículas que se movem em trajetórias bem definidas (órbitas) em torno do núcleo. Os orbitais atômicos, que descrevem o comportamento ondulatório dos elétrons, estão associados a distribuições de probabilidade de encontrar um elétron em uma determinada região. Por isso, os elétrons são vistos como “nuvens” em torno do núcleo. A limitação do modelo de Bohr para explicar alguns fenômenos observados e a relação quântica foram bem apontadas por Chang e Goldsby (2012, p. 289):

Os físicos ficaram perplexos e intrigados com a teoria de Bohr. Eles questionaram por que as energias do elétron do hidrogênio são quantizadas. Em outras palavras, por que, em um átomo de Bohr, o elétron está restringido a orbitar em torno do núcleo a determinadas distâncias fixas? Durante uma década, ninguém, nem mesmo Bohr, apresentou uma explicação lógica. Em 1924, Louis de Broglie deu uma solução para este enigma; de Broglie pensou que, se as ondas de luz podem se comportar como um feixe de partículas (fótons), então talvez partículas como os elétrons possam ter propriedades ondulatórias. De acordo com de Broglie, um elétron ligado ao núcleo comporta-se como uma onda estacionária.

Contudo, hoje podemos afirmar que a espectroscopia desempenha um papel fundamental no ensino de física. Ela é usada para ilustrar muitos conceitos importantes, como a quantização de energia, a natureza ondulatória e corpuscular da luz, a interação da luz com a matéria e a análise espectral. Esses conhecimentos possibilitaram não apenas o desenvolvimento da teoria atômica, mas também foram a base para o surgimento da mecânica quântica, uma revolução que modificou significativamente os rumos da física no século XX. A mecânica quântica revolucionou nossa compreensão do comportamento das partículas subatômicas e estabeleceu as fundações para muitas das tecnologias modernas que usamos hoje, como a eletrônica quântica e a nanotecnologia. Conforme observado no artigo de Castro, Souza e Azevedo (2019, p. 1)

No início do Século XIX, já se conhecia a existência da radiação infravermelha (IV) e ultravioleta (UV), de forma que o desenvolvimento de espectrômetros ópticos durante a primeira metade deste período permitiu que numerosos espectros fossem registrados, tais como os das cores de chamas e os das radiações emitidas por gases submetidos a descargas elétricas. Estes conhecimentos possibilitaram o desenvolvimento da teoria atômica e o surgimento da Mecânica Quântica, a qual modificou os rumos da Física durante o Século XX.

Os estudantes de física aprendem a interpretar os espectros de absorção e emissão para identificar elementos e compostos, bem como a utilizar técnicas espectroscópicas avançadas em pesquisas científicas. A espectroscopia também é uma ferramenta valiosa para promover o

pensamento crítico e a resolução de problemas, incentivando os alunos a fazerem conexões entre teoria e experimentação, além de estimular a curiosidade científica.

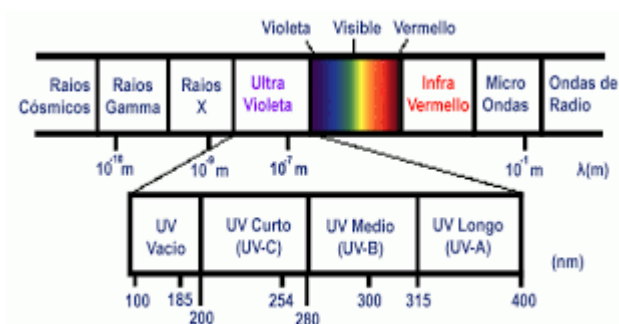
Em resumo, a espectroscopia é uma disciplina fundamental no ensino de física, com uma história fascinante que abrange séculos de descobertas e avanços científicos. Hoje, a espectroscopia desempenha um papel vital na educação em física, preparando os futuros cientistas para explorar as fronteiras do conhecimento e aplicar os princípios fundamentais da física em diversas áreas da ciência e da tecnologia.

2.2.2. Conceitos e definições

A espectroscopia é uma das ferramentas mais poderosas e versáteis no estudo da física, desempenhando um papel essencial na análise da luz e na compreensão da estrutura da matéria. Ela é a ciência que estuda os espectros e a interação da luz com a matéria. De acordo com Leite e Prado (2012), a espectroscopia é “um conjunto de técnicas de análise qualitativa baseado na observação de espectros de substâncias”. Ela envolve a análise das propriedades da luz emitida ou absorvida por substâncias, permitindo a identificação de elementos químicos, a determinação de concentrações, a análise de estruturas moleculares e muito mais.

A palavra “espectro” deriva do latim “*spectrum*”, que significa “imagem” ou “aparência”. Em física, o espectro refere-se à decomposição de uma grandeza física em suas componentes individuais, ou seja, à distribuição de comprimentos de onda (ou frequências ou números de onda) de radiação. No contexto da luz, o espectro é a dispersão das cores que compõem a luz branca, revelando uma série contínua de cores que vai do violeta ao vermelho.

Figura 1 – Espectro eletromagnético



Fonte: (If/ufrgs)

Dois tipos principais de espectros são amplamente estudados na física: o espectro de emissão e o espectro de absorção.

- **Espectro de Emissão:** é obtido quando uma substância emite luz ao ser excitada por uma fonte de energia, como uma chama ou uma descarga elétrica. Cada elemento químico emite um espectro característico de linhas brilhantes em posições específicas do espectro, formando um padrão único e identificável. O espectro de emissão do átomo de hidrogênio, como argumentado por Sala (2007, p. 1), é particularmente relevante:

Examinando o espectro de emissão do átomo de hidrogênio, observa-se na região do visível uma série de linhas, do vermelho (comprimento de onda longo) para o violeta (menor comprimento de onda), cujo espaçamento e intensidade diminuem à medida que se vai em direção ao violeta.

- **Espectro de Absorção:** é gerado quando a luz de uma fonte contínua atravessa uma substância. Nesse contexto, a substância absorve luz em comprimentos de onda específicos, gerando linhas escuras ou bandas de absorção no espectro contínuo. Essas linhas são características da substância, podendo ser utilizadas para fins de identificação. Referindo-se às técnicas de espectro de absorção, Amorim *et al.* (2008, p. 1784-1785), no artigo intitulado “Espectrometria de absorção atômica: o caminho para determinações multielementares”, afirmam:

Considerada como uma técnica analítica bem-sucedida, a espectrometria de absorção atômica (AAS - Atomic Absorption Spectrometry) é uma das mais utilizadas na determinação de elementos em baixas concentrações, que estão presentes numa variedade de amostras, sejam estas líquidas, sólidas, em suspensão, e até mesmo gasosas, podendo estar associada a sistemas de análise em fluxo e permitir estudos de especiação.

Os autores prosseguem realizando comparações entre o uso de técnicas de espectros de emissão e absorção, como expresso a seguir:

A AAS apresenta algumas vantagens quando comparada com a técnica de emissão óptica, tais como, menor custo do equipamento, menor custo operacional, facilidade de operação, além do reduzido número de linhas espectrais, que acarreta uma possibilidade bem menor de interferência por sobreposição de linhas. Quanto às desvantagens, a espectrometria de absorção atômica apresenta faixa linear de trabalho relativamente pequena, menor frequência analítica quando se utiliza atomização eletrotérmica, elementos não metálicos como fósforo e enxofre não são determinados facilmente e, principalmente, é considerada uma técnica analítica mono-elementar, fato que é reconhecido como a maior desvantagem.

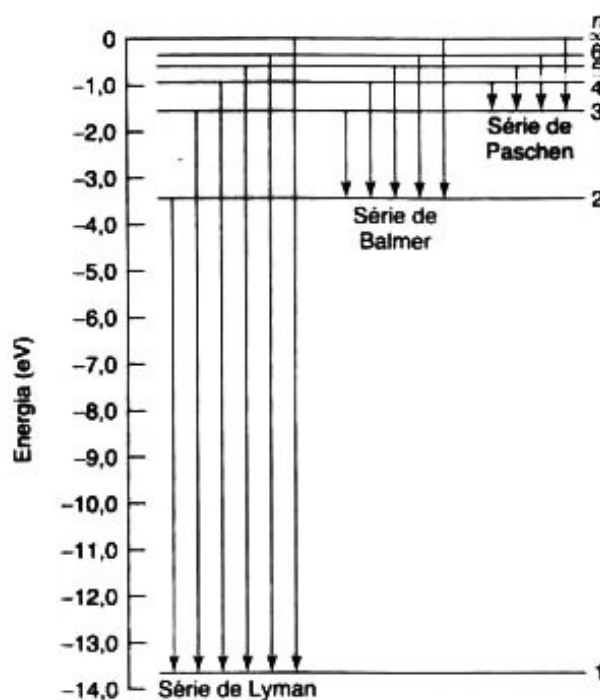
Figura 2 – Espectro de absorção e emissão do Hidrogênio,



Fonte: Portal UNICAMP¹

Portanto, um átomo de hidrogênio só pode absorver ou emitir fótons com energias que correspondem à diferença entre dois níveis de energia possíveis. A Figura 3 mostra esses níveis de energia. A detecção de uma linha espectral com um comprimento de onda correspondente a um desses níveis de energia é uma evidência da presença de hidrogênio.

Figura 3 – Nível de energia de emissão e absorção para o átomo de hidrogênio



Fonte: David J. Griffiths (2011)

A explicação da quantização dos espectros atômicos foi um avanço significativo na compreensão da física atômica. O modelo de Bohr postulou que os elétrons em um átomo

¹ Disponível em <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/1OrigensMecanicaQuantica/2OatomodeBohr/AtomoBohr.html>. Acesso em 15/06/2023.

ocupam órbitas quantizadas e níveis de energia bem definidos. Quando um elétron transita entre esses níveis, ele emite ou absorve energia na forma de fótons, produzindo os espectros de emissão e absorção característicos. No entanto, o modelo de Bohr apresentava limitações, que foram superadas com o avanço da mecânica quântica.

O caderno do Laboratório de Óptica de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP) destaca esses avanços. A primeira versão foi elaborada por Marcassa (2008) e, ao longo dos anos, foi aperfeiçoada por colaboradores, culminando na última versão publicada em 2015. No referido caderno, faz-se o seguinte relato:

Apesar do sucesso quantitativo do modelo de Bohr na explicação dos espectros de átomos hidrogenóides, este modelo era baseado no postulado específico das órbitas estáveis e era por isso insatisfatório. Em 1925 e 1926, os físicos Werner Karl Heisenberg e Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger propuseram, independentemente, novas formulações da Mecânica, que ficaram conhecidas como “quânticas” e se tornaram o novo paradigma na Física. A formulação mais conhecida da Mecânica Quântica é a baseada na equação de Schrödinger acompanhada de um conjunto de postulados fundamentais que diferem dos da Mecânica Clássica. A utilização da Mecânica Quântica permitiu, dentro dessa nova visão, o entendimento das propriedades atômicas e moleculares, tais como: emissão, absorção, ligação química, potenciais de ionização, polarização atômica, magnetismo atômico e nuclear, etc.. Neste contexto, a união entre a Espectroscopia Óptica e a Mecânica Quântica é fundamental. (Castro, 2023, p. 12)

A espectroscopia é um campo interdisciplinar que desempenha um papel central no ensino de física, conectando os princípios fundamentais da física à análise de sistemas complexos. Azevedo e Nunes (2008, p. 2199) afirmam que é uma das formas mais eficazes de conhecer as propriedades da matéria e aplicá-las em vários segmentos.

O estudo da interação da radiação com a matéria é uma das formas mais eficazes de se obter informações sobre propriedades microscópicas de sólidos, líquidos e gases. Atualmente, as técnicas espectroscópicas, que são baseadas no estudo da radiação com a matéria, são usadas em diversas aplicações científicas e tecnológicas. Portanto, o entendimento dos conceitos fundamentais envolvidos nos diferentes métodos espectroscópicos é parte fundamental dos currículos de todos os cursos de graduação em Química, Física e em algumas modalidades de Engenharia.

A compreensão dos conceitos e definições fundamentais da espectroscopia permite aos estudantes desenvolverem habilidades analíticas e críticas essenciais para a pesquisa científica e a resolução de problemas no mundo real. Portanto, o estudo da espectroscopia é crucial para a formação de futuros cientistas e engenheiros, preparando-os para os desafios e descobertas que aguardam nas fronteiras da ciência e da tecnologia.

2.2.3. Requisitos matemáticos da espectroscopia e sua sustentação teórica, do experimento de Thomas Young à aplicação da equação de Schrödinger

A espectroscopia é uma técnica analítica que utiliza a interação da radiação eletromagnética com a matéria para obter informações sobre a composição química, estrutura molecular e propriedades físicas de substâncias. O desenvolvimento da espectroscopia tem uma forte relação com o experimento de Young, realizado em 1801 pelo físico inglês Thomas Young. Nesse experimento, Young demonstrou a natureza ondulatória da luz ao observar o fenômeno de interferência de duas ondas luminosas. O experimento de Young teve uma grande influência no desenvolvimento da física quântica e da teoria das ondas eletromagnéticas. De acordo com Caruso e Oguri (2016, p. 138), “o experimento de Young demonstrou o comportamento ondulatório da luz, mostrando que a interferência de duas fontes luminosas pode produzir uma distribuição de intensidade luminosa que apresenta máximos e mínimos.”.

A teoria das ondas eletromagnéticas, desenvolvida por James Clerk Maxwell na segunda metade do século XIX, é fundamental para a compreensão da interação da radiação eletromagnética com a matéria. Através dessa teoria, é possível entender como a luz se propaga e como ocorre a interação com os átomos e moléculas da amostra. Dias e Morais (2014, p. 3601-3602) afirmam que a luz já havia sido estabelecida como ondulatória:

Com o estabelecimento de que a luz é uma onda transversal, o que se deu na década de 1810-1820, um tema de pesquisa era a propriedade de um meio que respondesse por esse modo de propagação; fundamentalmente, procurava-se um meio que fosse elástico e vibrasse transversalmente.

Esse contexto pautou a construção da teoria das ondas eletromagnéticas proposta por Maxwell, em meio elástico, tal como o éter.

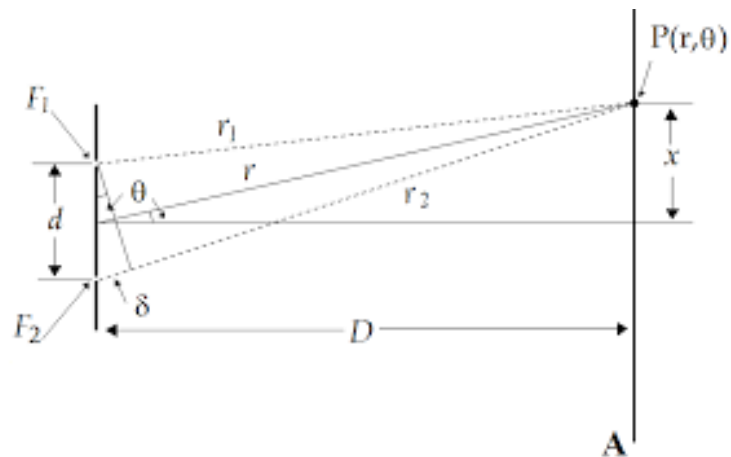
A espectroscopia, além de se fundamentar na observação e análise de fenômenos naturais, possui uma sólida base epistemológica. Através da experimentação e da minuciosa observação, é possível adquirir informações cruciais sobre as propriedades da matéria e a interação da radiação eletromagnética com a amostra. É relevante notar que a espectroscopia guarda estreita relação com o experimento de Young e a teoria das ondas eletromagnéticas. Segundo Caruso e Oguri (2006), podemos estruturar as descrições matemáticas acerca da fenomenologia. Os argumentos de Young e Fresnel podem ser apresentados da seguinte maneira:

$$\psi_1 = \psi_0(r_1) \text{sen}(kr_1 - \omega t) \quad (1)$$

$$\psi_2 = \psi_0(r_2) \text{sen}(kr_2 - \omega t) \quad (2)$$

as funções de onda que representam duas perturbações luminosas coerentes, de amplitudes $\psi_0(r_1)$ e $\psi_0(r_2)$, mesma frequência $\nu = \omega/2\pi$ e o comprimento de onda $\lambda = 2\pi/k$, originadas em duas fendas estreitas e idênticas F_1 e F_2 , separados uma da outra por uma distância a , como na figura.

Figura 4 – Esquema do Experimento de Young



Fonte: Caruso e Oguri (2007)

Para pontos $P(r, \theta)$ distantes do plano das fendas, ($r, r_1, r_2 \gg a$), as amplitudes e a diferença de marcha entre as duas ondas são dadas, respectivamente, por

$$\{\psi_0(r_1) = \psi_0(r_2) = \psi_0(r) \simeq \psi_0 \text{ (constante)} \quad \delta = r_2 - r_1 \simeq a \text{sen} \theta \simeq a \text{tg} \theta \simeq a \theta \quad (3)$$

A perturbação resultante no anteparo é dada pela superposição linear

$$\Psi = \Psi_1 + \Psi_2 \quad (4)$$

Como as ondas possuem a mesma frequência, a intensidade I observada em um ponto genérico do anteparo (A), a uma distância D do plano das fendas, será proporcional a média temporal do quadrado da função de onda resultante,

$$I = \langle \psi^2 \rangle T = \langle (\psi_1 + \psi_2)^2 \rangle \quad (5)$$

Uma vez que

$$\psi = (\psi_1 + \psi_2)^2 \quad (6)$$

$$\psi = \Psi_0^2 \text{sen}^2(kr - \omega t) + \psi_0^2 \text{sen}^2(kr - \omega t + k\delta) + 2\psi_0^2 \text{sen}(kr - \omega t) \text{sen}(kr - \omega t + k\delta) \quad (7)$$

Obtém-se

$$I \propto \frac{1}{2}\Psi_0^2 + \frac{1}{2}\Psi_0^2 + \Psi_0^2 \text{cos}k\delta = \Psi_0^2(1 + \text{cos}k\delta) \quad (8)$$

Desse modo, a intensidade da perturbação resultante, ou o padrão de interferência das ondas, apresentará máximos (resultante de interferência construtiva) e mínimos (resultante de interferência destrutiva) em pontos tais que, para valores inteiros de n,

$$k\delta = \begin{cases} 2n\pi(\text{máximos}) \\ (2n + 1)\pi(\text{mínimos}) \end{cases} \quad (9)$$

Como $k = 2\pi/\lambda$, de modo geral, a interferência construtiva entre duas fontes coerentes, de mesma amplitude e frequência, só ocorrerá em pontos do espaço onde a diferença de marcha entre as ondas sejam um múltiplo do comprimento de onda λ , ou seja

$$\delta = n \lambda \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (10)$$

Escrevendo a diferença de marcha em termos da posição $x \simeq D\theta$ ao longo do anteparo A,

$$\delta = \frac{a}{D} x \quad (11)$$

a intensidade I em cada ponto do anteparo será proporcional a

$$\Psi_0^2 \left(1 + \cos \frac{2\pi a}{\lambda D} x \right) \quad (12)$$

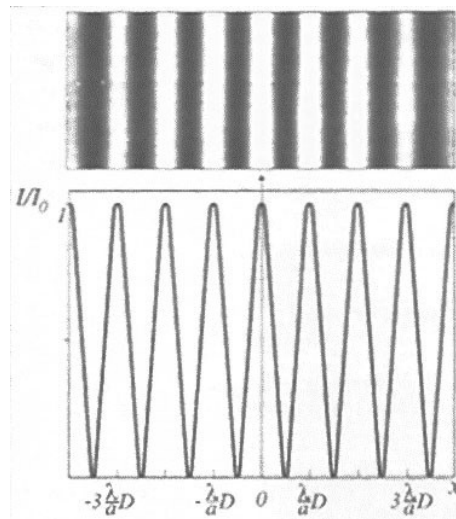
Ou seja,

$$I = I_{max} \cos^2 \left(\frac{\pi a}{\lambda D} x \right) \quad (13)$$

E os máximos estarão nos pontos

$$x_n = n \frac{\lambda}{a} D \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (14)$$

Figura 5- Pontos de máximo de intensidade em função da posição x no anteparo



Fonte: Caruso e Oguri (2007)

A descrição eletromagnética da luz, as equações de Maxwell

Com base nas ideias de Faraday sobre um éter cheio de linhas de força, Maxwell publicou, em 1865, uma síntese fundamental da física eletromagnética, unificando os fenômenos elétricos, magnéticos e ópticos em um conjunto de quatro equações diferenciais, conhecidas como equações de Maxwell. Essas equações podem ser escritas em notação vetorial no Sistema Internacional de Unidades (SI) da seguinte forma:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \quad (\text{lei de Gauss}) \quad (15)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{ausência de monopolo magnético}) \quad (16)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (\text{lei de Ampère – Maxwell}) \quad (17)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{lei de Faraday}) \quad (18)$$

Nas quais \vec{E} e \vec{D} são os campos elétricos, \vec{B} e \vec{H} são os campos magnéticos ρ e \vec{J} são, respectivamente, as densidades de carga e de corrente, t é o tempo e $\vec{\nabla}$ é o operador diferencial nábula que, em coordenadas cartesianas (x, y, z), é expresso como

$$\vec{\nabla} = \hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z} \quad (19)$$

Onde $(\hat{i}, \hat{j}, \hat{k})$ são os vetores unitários nas direções dos eixos cartesianos.

Em um meio linear homogêneo, isotrópico e não-dispersivo, esses campos obedecem às chamadas relações constitutivas

$$\begin{cases} \vec{D} = \epsilon \vec{E} \\ \vec{B} = \mu \vec{H} \\ \vec{J} = \sigma \vec{E} \end{cases} \quad (20)$$

Sendo ϵ a permissividade elétrica, μ , a permeabilidade magnética, e σ , a condutividade do meio onde estão definidos os campos. Para o vácuo,

$$\begin{cases} \sigma_0 = 0(\text{Um}) \\ \epsilon_0 = 8,854187817 \times 10^{-12} \text{ F/m} \\ \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \end{cases} \quad (21)$$

Foram Faraday, e Henry que descobriram, 1831, que o espaço sem matéria ordinária é capaz de transmitir ações elétricas e magnéticas, ao constatarem que a partir do movimento acelerado de um ímã pode-se induzir uma corrente elétrica, ou seja, pode estabelecer um campo

elétrico a partir de um campo magnético variável. Esse é o conteúdo da lei de Faraday, que pode ser escrita como a integral do campo magnético \vec{B} através de uma superfície de área S.

$$\varepsilon = \frac{-d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (22)$$

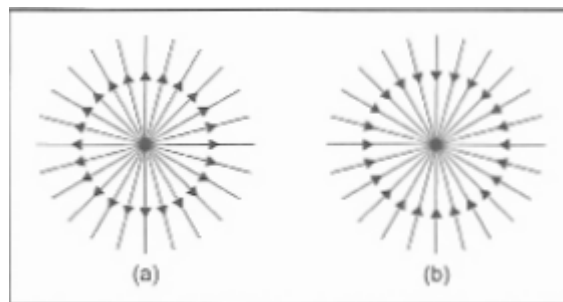
Onde ε é a força eletromotriz associada a um campo elétrico \vec{E} ao longo da curva C que limita a superfície S, tal que

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = \varepsilon \quad (23)$$

Essa força eletromotriz é gerada pela variação temporal do fluxo do campo magnético em S.

Outro conceito importante introduzido por Faraday foi o de *linhas de força*, idealizadas para facilitar a visualização dos fenômenos elétricos e magnéticos; são linhas contínuas nas quais, em cada ponto do espaço, os campos elétricos e magnéticos são tangentes.

Figura 6 – Linhas de força idealizada por Faraday



Fonte: Caruso e Oguri (2007)

Esses campos satisfazem a lei de Gauss, a qual pode ser expressa na forma integral como

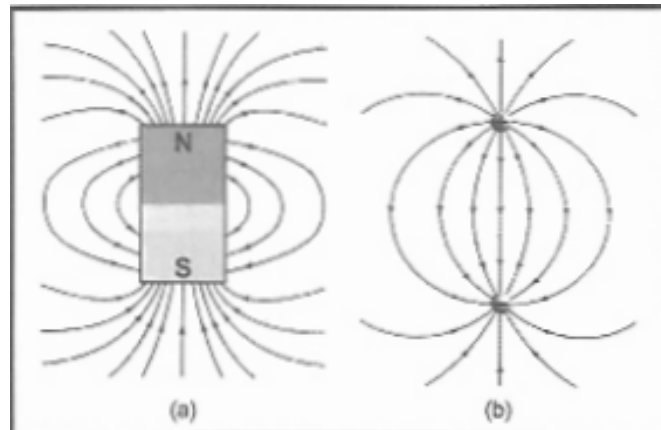
$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = q \quad (24)$$

Onde q é a carga elétrica contida no interior de uma superfície fechada de área S.

Para campos magnéticos ao redor de um ímã e para um dipolo elétrico, também em repouso, as linhas de força são representadas como a figura abaixo. Assim a ausência de monopólios magnéticos pode ser expressa pelo fato de as linhas de força magnética serem sempre fechadas, ou seja, o fluxo de campo magnético através de qualquer superfície fechada é nulo,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \quad (25)$$

Figura 7 – Representação de linhas de força magnéticas



Fonte: Caruso e Oguri (2007)

De acordo com a teoria da eletrodinâmica clássica de Lorentz, uma partícula de massa m e carga q movendo-se com velocidade \vec{v} em uma região na qual o campo eletromagnético é caracterizado pelos vetores \vec{E} e \vec{B} sofre ação da chamada de força de Lorentz

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (26)$$

Tal que a equação do movimento da partícula é dada por

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (27)$$

É importante enfatizar que, ao escrever essa equação, Lorentz admitiu a validade da equação dinâmica de Newton e das transformações de Galileu entre referenciais inerciais.

Tomando-se o rotacional das expressões diferenciais das leis de Faraday e de Ampère-Maxwell no vácuo ($\rho = 0$ e $\vec{j} = 0$), equações (Equações de Maxwell) e levando em conta as relações constitutivas entre os campos na ausência de um meio, $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$ e $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$, obtém-se

$$\begin{cases} \frac{1}{\mu_0} \vec{\nabla}_x(\vec{\nabla}_x \vec{B}) = \frac{1}{\mu_0} [\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) - \nabla^2 \vec{B}] = \frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}_x \vec{D}) = \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \\ \vec{\nabla}_x(\vec{\nabla}_x \vec{E}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = \frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \end{cases} \quad (28)$$

Uma vez que no vácuo e na ausência de partículas as divergências dos campos são nulas, nele valem as equações de onda para os campos \vec{E} e \vec{B} :

$$\begin{cases} \nabla^2 \vec{E} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \\ \nabla^2 \vec{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0 \end{cases}, \quad (29)$$

Assim, as ações dos campos eletromagnéticos propagam-se no vácuo com velocidade

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 299792458 \text{ m/s} \simeq 3 \times 10^8 \text{ m/s}. \quad (30)$$

A relação entre a teoria eletromagnética e as equações de Maxwell é fundamental para compreender como a radiação eletromagnética interage com a matéria. As equações de Maxwell descrevem o comportamento das ondas eletromagnéticas, incluindo sua propagação e variação no espaço e no tempo. Essas equações fornecem a base teórica para a espectroscopia, permitindo analisar como diferentes tipos de radiação interagem com a matéria.

Por sua vez, a espectroscopia desempenha um papel crucial ao investigar a interação da radiação eletromagnética com a matéria. Ela permite analisar as mudanças nas propriedades da matéria, como absorção, emissão e dispersão da radiação, e, assim, obter informações valiosas sobre a composição e estrutura das substâncias.

Nessa perspectiva, a equação de Schrödinger é um pilar da mecânica quântica que nos ajuda a compreender a estrutura do átomo e a natureza da matéria em escalas atômicas e subatômicas. Essa equação descreve o comportamento dos sistemas quânticos, incluindo elétrons em átomos, e fornece uma base teórica sólida para entender como os elétrons estão distribuídos em torno do núcleo e como suas energias estão quantizadas. Segundo Griffiths (2011), podemos perceber todo o desenvolvimento e aplicação da mecânica quântica, necessária para entender a fenomenologia associada à espectroscopia. Divergindo da abordagem tradicional (TAS), peço licença para desenvolver o conteúdo de forma mais didática, partindo do modelo mais simples, resolvendo as nuances sobre o átomo de hidrogênio, aplicando a equação de Schrödinger, tal como em Griffiths (2011), para, só então, fazer uma breve discussão da aplicação da equação de Schrödinger em átomos com mais de um elétron.

A equação de Schrödinger é uma equação fundamental da mecânica quântica que descreve o comportamento de sistemas quânticos, como átomos e moléculas. Quando aplicada a átomos de hidrogênio, a equação de Schrödinger permite calcular os níveis de energia e as funções de onda associadas a esses átomos, que têm uma estreita relação com a espectroscopia.

Os átomos de hidrogênio são amplamente estudados na física quântica devido à sua simplicidade, uma vez que possuem apenas um elétron. A equação de Schrödinger aplicada a

um átomo de hidrogênio resulta em funções de onda hidrogenoides, que descrevem a probabilidade de encontrar o elétron em diferentes posições ao redor do núcleo.

Uma das principais aplicações da equação de Schrödinger para átomos de hidrogênio é a previsão dos níveis de energia do átomo. Os níveis de energia são quantizados, o que significa que apenas certos valores específicos são permitidos. Esses níveis de energia quantizados correspondem aos diferentes estados eletrônicos do átomo de hidrogênio, que podem ser excitados quando o átomo absorve energia, por exemplo, da luz.

A espectroscopia é a técnica que estuda a interação entre a luz e a matéria, e a equação de Schrödinger para átomos de hidrogênio tem uma relação direta com ela. Através da equação de Schrödinger, é possível calcular as transições eletrônicas permitidas entre diferentes estados eletrônicos do átomo de hidrogênio e, portanto, prever os comprimentos de onda das radiações eletromagnéticas que serão absorvidas ou emitidas pelo átomo quando essas transições ocorrerem.

Os espectros de absorção e emissão do hidrogênio são amplamente estudados na espectroscopia atômica e são usados para identificar a presença de hidrogênio em diversas amostras, como gases interestelares, estrelas e até mesmo em amostras terrestres. Esses espectros apresentam características específicas, como as séries de Lyman, Balmer, Paschen, Brackett, entre outras, que correspondem às diferentes séries de transições eletrônicas permitidas nos átomos de hidrogênio e são fundamentais para a compreensão da estrutura eletrônica desses átomos. Toda a construção teórica é discutida aqui, a partir de Griffiths (2011).

Além disso, a equação de Schrödinger para átomos de hidrogênio também é usada na previsão de outras propriedades espectroscópicas, como a estrutura fina e a estrutura hiperfina do espectro do hidrogênio, que são efeitos resultantes do acoplamento do momento angular do elétron com o momento magnético do núcleo. Esses efeitos são observados em técnicas avançadas de espectroscopia, como a espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN). Essa abordagem é discutida com profundidade em Junior e Macedo (2007, p. 121), conforme ilustrado na seguinte passagem:

No final dos anos 80, iniciou-se uma nova revolução em estudos biossintéticos na medida em que os pesquisadores desenvolveram métodos de identificar, purificar e manipular geneticamente enzimas individuais. Paralelamente, na área da espectroscopia de RMN, outro grande avanço ocorreu com o desenvolvimento de gradientes de campo e a implementação de estudos envolvendo precursores marcados com ^2H e $^{18}\text{O}^4$. A RMN de ^2H tem sido empregada em muitas investigações biossintéticas, apesar de apresentar muitas desvantagens inerentes. Por constituir um núcleo com momento magnético quadrupolar, o ^2H ($I = 1$) apresenta linhas espectrais largas e isto, combinado com sua baixa constante magnetogírica ($0,15\gamma_H^1$) e a estreita faixa

de valores de deslocamentos químicos, freqüentemente resulta em espectros pouco resolvidos.

Assim, seguindo Griffiths (2011), discutimos o átomo de hidrogênio, desenvolvemos a função de onda radial, analisamos o espectro do hidrogênio e exploramos a aplicação da Mecânica Quântica a átomos com mais de um elétron. Pela lei de Coulomb, a energia potencial (em unidades do SI) é

$$V(r) = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}, \quad (31)$$

e a equação radial

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{d^2u}{dr^2} + \left[V + \frac{\hbar^2}{2m} \frac{l(l+1)}{r^2} \right] u = Eu, \quad (32)$$

diz que:

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{d^2u}{dr^2} + \left[\frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} + \frac{\hbar^2}{2m} \frac{l(l+1)}{r^2} \right] u = Eu \quad (33)$$

Seja

$$k = \frac{\sqrt{-2mE}}{\hbar}; \quad (34)$$

(para estados ligados, E é negativo, então k é real.) Dividindo a última equação por E, teremos

$$\frac{1}{k^2} \frac{d^2u}{dr^2} = \left[1 - \frac{me^2}{2\pi\epsilon_0\hbar^2 k} \frac{1}{kr} + \frac{l(l+1)}{(kr)^2} \right] u \quad (35)$$

Isso sugere que façamos $\rho \equiv kr$ e $\rho_0 \equiv \frac{me^2}{2\pi\epsilon_0\hbar^2 k}$ (36)

De modo que $\frac{d^2u}{d\rho^2} = \left[1 - \frac{\rho_0}{\rho} + \frac{l(l+1)}{\rho^2} \right] u$, em seguida, examinemos a forma assintótica das soluções. Quando $\rho \rightarrow \infty$, o termo constante em colchetes domina, assim (aproximadamente),

$$\frac{d^2u}{d\rho^2} = u \quad (37)$$

A solução geral é $u(\rho) = Ae^{-\rho} + Be^{\rho}$ (38)

Porém, e^{ρ} diverge (quando $\rho \rightarrow \infty$), portanto B = 0. Evidentemente, $u(\rho) \sim Ae^{-\rho}$, para grandes valores de ρ . Por sua vez, quando $\rho \rightarrow 0$, o termo centrífugo domina, então, aproximadamente,

$$\frac{d^2u}{d\rho^2} = \frac{l(l+1)}{\rho^2} u. \quad (39)$$

Com solução geral $u(\rho) = C\rho^{l+1} + D\rho^{-l}$, porém, ρ^{-l} diverge (quando $\rho \rightarrow 0$), assim

$D = 0$. Portanto, $u(\rho) \sim C\rho^{l+1}$, para pequenos valores de ρ .

O próximo passo é remover o comportamento assintótico, introduzindo a nova função $v(\rho)$:

$$u(\rho) = \rho^{l+1} e^{-\rho} v(\rho), \quad (40)$$

Na esperança de que $v(\rho)$, se torne mais simples do que $u(\rho)$. As primeiras indicações não são favoráveis:

$$\frac{du}{d\rho} = \rho^l e^{-\rho} \left[(l+1-\rho)v + \rho \frac{dv}{d\rho} \right] \quad (41)$$

e

$$\frac{d^2u}{d\rho^2} = \rho^l e^{-\rho} \left\{ \left[(-2l+2+\rho + \frac{l(l+1)}{\rho}) \right] v + 2(l+1-\rho) \frac{dv}{d\rho} + \rho \frac{d^2v}{d\rho^2} \right\}. \quad (42)$$

em termos de $v(\rho)$, então, a equação radial diz que

$$\rho \frac{d^2v}{d\rho^2} + 2(l+1-\rho) \frac{dv}{d\rho} + [\rho_0 - 2(l+1)]v = 0, \quad (43)$$

por fim, supomos que a solução, $v(\rho)$, pode ser expressa como uma série de potências em ρ :

$$v(\rho) = \sum_{j=0}^{\infty} c_j \rho^j \quad (44)$$

Nosso problema é determinar os coeficientes ($c_0, c_1, c_2 \dots$). Diferenciando termo por termo, temos:

$$\frac{dv}{d\rho} = \sum_{j=0}^{\infty} j c_j \rho^{j-1} = \sum_{j=0}^{\infty} (j+1) c_{j+1} \rho^j \quad (45)$$

Diferenciando mais uma vez,

$$\frac{d^2v}{d\rho^2} = \sum_{j=0}^{\infty} j(j+1) c_{j+1} \rho^{j-1}. \quad (46)$$

Ao inserir esse resultado em $\rho \frac{d^2v}{d\rho^2} + 2(l+1-\rho) \frac{dv}{d\rho} + [\rho_0 - 2(l+1)]v = 0$, teremos

$$\sum_{j=0}^{\infty} j(j+1)c_{j+1}\rho^j + 2(l+1) \sum_{j=0}^{\infty} (j+1)c_{j+1}\rho^j - 2 \sum_{j=0}^{\infty} jc_j\rho^j + [\rho_0 - 2(l+1)] \sum_{j=0}^{\infty} c_j\rho^j = 0 \quad (47)$$

igualando os coeficientes de mesmas potências, produz-se

$$j(j+1)c_{j+1} + 2(l+1)(j+1)c_{j+1} - 2jc_j + [\rho_0 - 2(l+1)]c_j = 0, \quad (48)$$

Ou:

$$c_{j+1} = \left\{ \frac{2(j+l+1) - \rho_0}{(j+1)(j+2l+2)} \right\} c_j, \quad (49)$$

Essa fórmula de recursão determina os coeficientes, e, portanto, a função $v(\rho)$.

Nesse regime a fórmula de recursão diz que:

$$c_{j+1} \cong \frac{2j}{j(j+1)} c_j = \frac{2}{j+1} c_j \quad (50)$$

Suponha por um momento que isso fosse exato. Então,

$$c_j = \frac{2^j}{j!} c_0, \quad (51)$$

e, por isso,

$$v(\rho) = c_0 \sum_{j=0}^{\infty} \frac{2^j}{j!} \rho^j = c_0 e^{2\rho} \quad (52)$$

e, portanto,

$$u(\rho) = c_0 \rho^{l+1} e^{\rho} \quad (53)$$

Deve ocorrer algum número inteiro máximo, $j_{\text{máx}}$, tal que $c_{(j_{\text{máx}}+1)} = 0$ (e além do qual todos os coeficientes desapareçam automaticamente).

$$2(j_{\text{máx}} + l + 1) - \rho_0 = 0 \quad (54)$$

Definindo

$$n \equiv j_{\text{máx}} + l + 1 \quad (55)$$

(o chamado número **quântico principal**), temos

$$\rho_0 = 2n \quad (56)$$

Porém, ρ_0 determina E

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = \frac{-me^4}{8\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2 \rho_0^2} \quad (57)$$

então, as energias permitidas são

$$E_n = - \left[\frac{m}{2\hbar^2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \right] \frac{1}{n^2} = \frac{E_1}{n^2}, n = 1, 2, 3 \dots \quad (58)$$

De acordo Griffiths (2011, p. 113),

Essa é a famosa fórmula de Bohr, o resultado mais importante de toda a mecânica quântica. Bohr a obteve em 1913 por meio de uma combinação casual de física clássica inaplicável e teoria quântica prematura (a equação de Schrodinger não surgiria até 1924)

Combinando as equações $\rho \equiv kr$ e $\rho_0 \equiv \frac{m e^2}{2\pi \epsilon_0 \hbar^2 k}$, com $\rho_0 = 2n$, descobrimos que

$$k = \left(\frac{m e^2}{4\pi \epsilon_0 \hbar^2} \right) \frac{1}{n} = \frac{1}{an}, \quad (59)$$

em que

$$a \equiv \frac{4\pi \epsilon_0 \hbar^2}{m e^2} = 0,529 \times 10^{-10} m \quad (60)$$

é o chamado raio de Bohr. Conclui-se que

$$\rho = \frac{r}{an}, \quad (61)$$

As funções de onda espaciais para o hidrogênio são classificadas por três números quânticos (n, l, e m):

$$\Psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = R_{nl}(r) Y_l^m(\theta, \phi), \quad (62)$$

em que (fazendo referência às equações, $u(r) \equiv rR(r)$ e $u(\rho) = \rho^{l+1} e^{-\rho} v(\rho)$,

$$R_{nl}(r) = \frac{1}{r} \rho^{l+1} e^{-\rho} v(\rho), \quad (63)$$

e $v(\rho)$ é um polinômio de grau $j_{\text{máx}} = n - l - 1$ em ρ , cujos coeficientes são determinados (até um fator de normalização geral) pela fórmula de recursão

$$c_{j+1} = \frac{2(j+l+1-n)}{(j+1)(j+2l+2)} c_j \quad (64)$$

Que em acordo David J. Griffiths (2011, p. 114). “O estado fundamental (isto é, o estado de menor energia) é o caso $n = 1$; colocando os valores aceitos para as constantes físicas,

teremos: $E_1 = -\left[\frac{m}{2\hbar^2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}\right)^2\right] = -13,6\text{eV}$,” afirmando em seguida que “evidentemente, a energia de ligação do hidrogênio (a quantidade de energia que você teria que dar ao elétron no estado fundamental a fim de ionizar o átomo) é de 13,6 eV”.

A Equação $n \equiv j_{\text{máx}} + l + 1$ força $l = 0$, em que também $m = 0$ (veja a Equação $l = 0, 1, 2 \dots$; $m = -l, -l+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, l-1, l$), então

$$\Psi_{100}(r, \theta, \phi) = R_{10}(r) Y_0^0(\theta, \phi). \quad (65)$$

A fórmula de recursão trunca após o primeiro termo (Equação $c_{j+1} = \frac{2(j+l+1-n)}{(j+1)(j+2l+2)} c_j$ com $j = 0$, produzindo $c_1 = 0$), assim que $v(\rho)$ é uma constante (c_0) e $R_{10}(r) = \frac{c_0}{a} e^{-r/a}$

Normalizando-a de acordo com as Equações $\int_0^\infty R^2 r^2 dr = 1$ e $\int_0^{2\pi} \int_0^\pi |\gamma|^2 \sin\theta d\theta d\phi = 1$.

$$\int_0^\infty |R_{10}|^2 r^2 dr = \frac{|c_0|^2}{a^2} \int_0^\infty e^{-2r/a} r^2 dr = |c_0|^2 \frac{a}{4} = 1, \quad (66)$$

de modo que $c_0 = 2/\sqrt{a}$. Enquanto isso, $Y_0^0 = 1/\sqrt{4\pi}$ e, portanto, o estado fundamental do hidrogênio é

$$\Psi_{100}(r, \theta, \phi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-r/a} \quad (67)$$

Se $n = 2$, a energia é

$$E_2 = \frac{-13,6eV}{4} = 3,4eV \quad (68)$$

Então segundo David J. Griffiths (2011). “esse é o primeiro estado excitado, ou melhor, estados, pois podemos tanto ter $l = 0$ (caso no qual $m = 0$) quando $l = 1$ (com $m = -1, 0$, ou $+1$); evidentemente, quatro diferentes estados compartilham da mesma energia.” Se $l = 0$, a relação

$$\text{de recursão } c_{j+1} = \frac{2(j+l+1-n)}{(j+1)(j+2l+2)} c_j,$$

leva a $c_1 = -c_0$ (usando $j = 0$) e $c_2 = 0$ (usando $j = 1$), de modo que $v(\rho) = c_0(1 - \rho)$ e, portanto,

$$R_{20}(r) = \frac{c_0}{2a} \left(1 - \frac{r}{2a}\right) e^{-r/2a}. \quad (69)$$

Se $l = 1$, a fórmula de recursão termina a série após um único termo; $v(\rho)$ é uma constante, e encontramos

$$R_{21}(r) = \frac{c_0}{4a^2} r e^{-r/2a}. \quad (70)$$

Que ainda citando David J. Griffiths (2011). “A constante c_0 deve ser determinada pela normalização e, cada caso.” Para n arbitrário, os valores possíveis de l são $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$, e para cada l há $(2l+1)$ valores possíveis de m , de modo que a degenerescência total do nível de energia E_n é

$$d(n) = \sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = n^2. \quad (71)$$

Ainda em David J. Griffiths (2011): “O polinômio $v(\rho)$ (definido pela fórmula de recursão, equação $c_{j+1} = \frac{2(j+l+1-n)}{(j+1)(j+2l+2)} c_j$, é uma função bem conhecida dos matemáticos aplicados; à parte da normalização, pode ser escrita como”

$$v(\rho) = L_{n-l-1}^{2l+1}(2\rho), \quad (72)$$

Em que

$$L_{q-p}^p(x) \equiv (-1)^p \left(\frac{d}{dx}\right)^p L_q(x) \quad (73)$$

É um polinômio associado de Laguerre, e

$$L_q(x) \equiv e^x \left(\frac{d}{dx}\right)^q (e^{-x} x^{-q}), \quad (74)$$

É o q-ésimo polinômio de Laguerre. David J. Griffiths (2011) grifa que: “Os primeiros polinômios de Leguerre estão listados na tabela 4.5; alguns polinômios associados de Laguerre são dados na Tabela 4.6. as primeiras funções de onda radiais estão listadas na Tabela 4.7 e são apresentados graficamente na Figura 4.4.” que são apresentados nessa ordem da citação aqui, tal como a seguir:

Tabela 1 – Primeiros polinômios de Leguerre

$L_0 = 1$
$L_1 = -x + 1$
$L_2 = x^2 - 4x + 2$
$L_3 = -x^3 + 9x^2 - 18x + 6$
$L_4 = x^4 - 16x^3 + 72x^2 - 96x + 24$
$L_5 = -x^5 + 25x^4 - 200x^3 + 600x^2 - 600x + 120$
$L_6 = x^6 - 36x^5 + 450x^4 - 2400x^3 + 5400x^2 - 4320x + 720$

Fonte: David J. Griffiths (2011)

Tabela 2 – Alguns polinómios associados a Leguerre

$L_0^0 = 1$		$L_0^2 = 2$	
$L_1^0 = -x + 1$		$L_1^2 = -6x + 18$	
$L_2^0 = x^2 - 4x + 2$		$L_2^2 = 12x^2 - 96x + 144$	
$L_0^1 = 1$		$L_0^3 = 6$	
$L_1^1 = -2x + 4$		$L_1^3 = -24x + 96$	
$L_2^1 = 3x^2 - 18x + 18$		$L_2^3 = 60x^2 - 600x + 1200$	

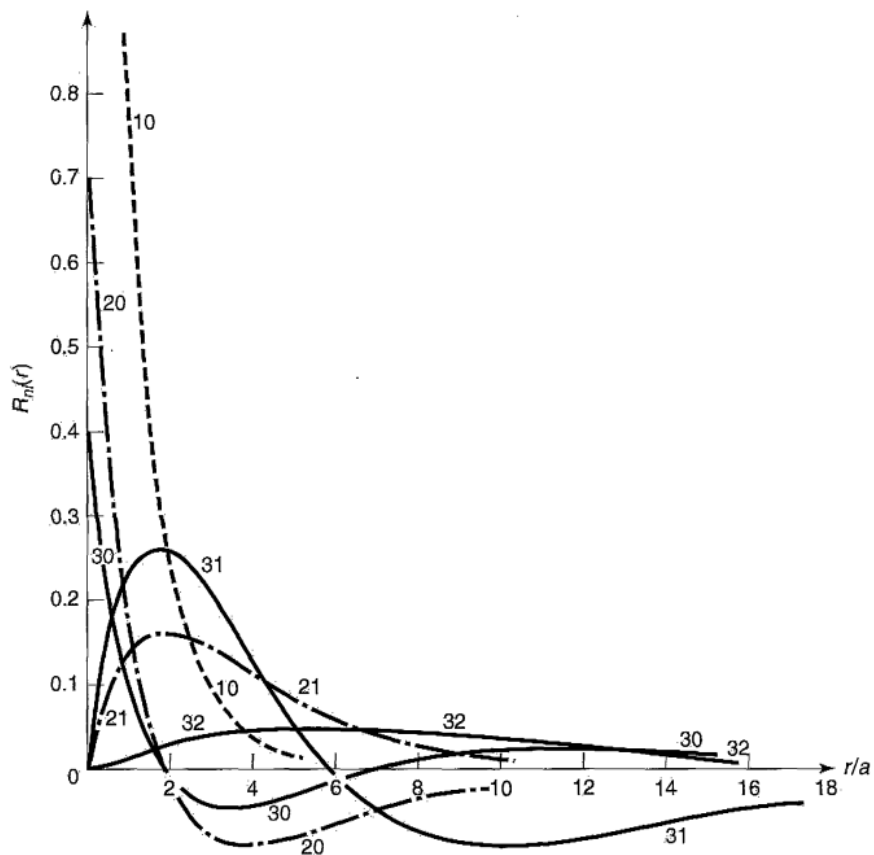
Fonte: David J. Griffiths (2011)

Tabela 3 – Primeiras funções de onda radial

$R_{10} = 2a^{-3/2} \exp(-r/a)$	
$R_{20} = \frac{1}{\sqrt{2}} a^{-3/2} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{r}{a}\right) \exp \exp(-r/2a)$	
$R_{20} = \frac{1}{\sqrt{24}} a^{-3/2} \frac{r}{a} \exp(-r/2a)$	
$R_{30} = \frac{2}{\sqrt{27}} a^{-3/2} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{r}{a} + \frac{2}{27} \left(\frac{r}{a}\right)^2\right) \exp \exp(-r/3a)$	
$R_{31} = \frac{8}{27\sqrt{6}} a^{-3/2} \left(1 - \frac{1}{6} \frac{r}{a}\right) \left(\frac{r}{a}\right) \exp \exp(-r/3a)$	
$R_{32} = \frac{4}{81\sqrt{30}} a^{-3/2} \left(\frac{r}{a}\right)^2 \exp \exp(-r/3a)$	
$R_{40} = \frac{1}{4} a^{-3/2} \left(1 - \frac{3}{4} \frac{r}{a} + \frac{1}{8} \left(\frac{r}{a}\right)^2 - \frac{1}{192} \left(\frac{r}{a}\right)^3\right) \exp \exp(-r/4a)$	
$R_{41} = \frac{\sqrt{5}}{16\sqrt{3}} a^{-3/2} \left(1 - \frac{1}{4} \frac{r}{a} + \frac{1}{80} \left(\frac{r}{a}\right)^2\right) \frac{r}{a} \exp \exp(-r/4a)$	
$R_{42} = \frac{1}{64\sqrt{5}} a^{-3/2} \left(1 - \frac{1}{12} \frac{r}{a}\right) \left(\frac{r}{a}\right)^2 \exp \exp(-r/4a)$	
$R_{42} = \frac{1}{768\sqrt{35}} a^{-3/2} \left(\frac{r}{a}\right)^3 \exp \exp(-r/4a)$	

Fonte: David J. Griffiths (2011)

Gráfico 1 – Gerado a partir da tabela 2 3



Fonte: David J. Griffiths (2011)

$$\psi_{nlm} = \sqrt{\left(\frac{2}{na}\right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n[(n+1)!]^3}} e^{-\frac{r}{na}} \left(\frac{2r}{na}\right)^l \left[L_{n-l-1}^{2l-1} \left(\frac{2r}{na}\right) \right] Y_l^m(\theta, \varphi). \quad (75)$$

David J. Griffiths (2011, p. 222) complementa com a relevante e importante informação:

Esse é um dos poucos sistemas realistas que podem ser resolvidos completamente, de forma fechada perfeita. Observe que, apesar de as funções de onda dependerem dos três números quânticos, as energias (equação 4.70) são determinadas unicamente por n . Essa é a particularidade do potencial de Coulomb; no caso do poço esférico, você deve lembrar, as energias dependem também de l (equação 4.50). As funções de onda são mutuamente ortogonais:

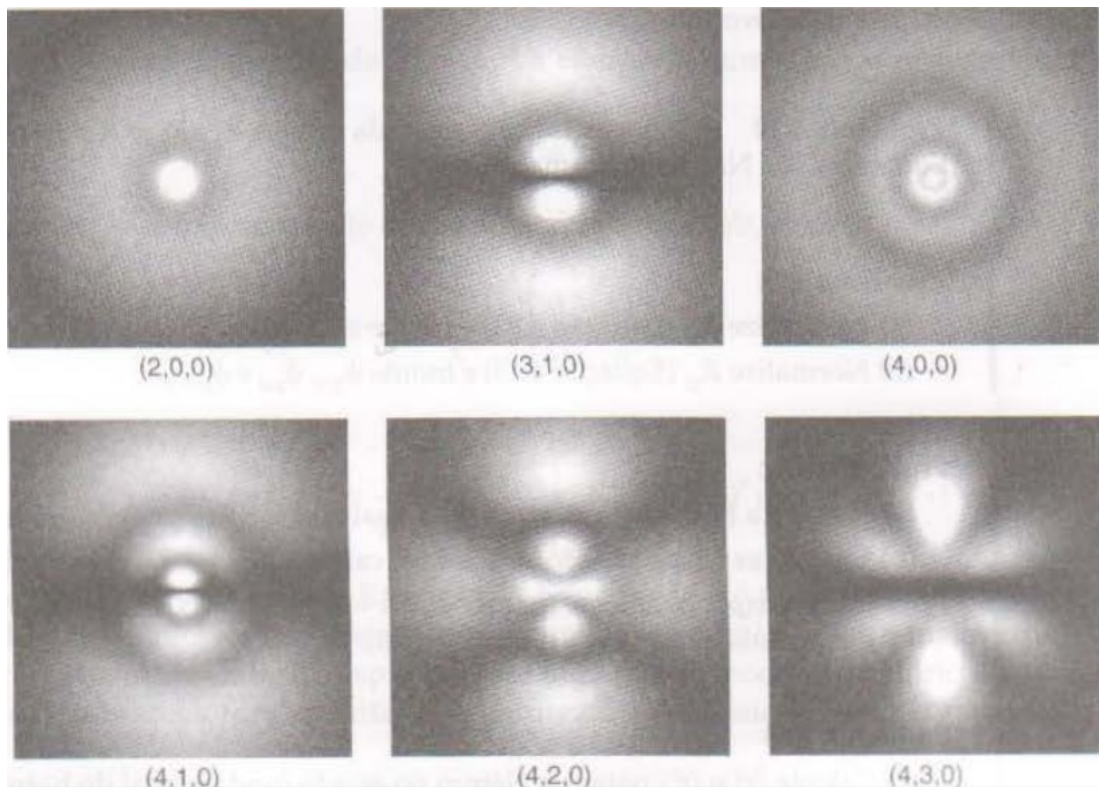
$$\int_{\text{tudo}} \psi_{nlm}^* \psi_{n'l'm'} r^2 \sin\theta dr d\theta d\varphi = \delta_{nn'} \delta_{ll'} \delta_{mm'}.$$

Isso decorre da ortogonalidade dos harmônicos esféricos (equação 4.33) e (para $n \neq n'$) do fato de serem autofunções de H com autovalores distintos. Visualizar as funções de onda do hidrogênio não é fácil. Os químicos gostam de desenhar gráficos de densidade, nos quais o brilho da nuvem é proporcional

a $|\psi|^2$ (Figura 4.5). mais quantitativas (porém talvez, mais difícil de ler) são as superfícies de densidade de probabilidade constante (Figura 4.6).

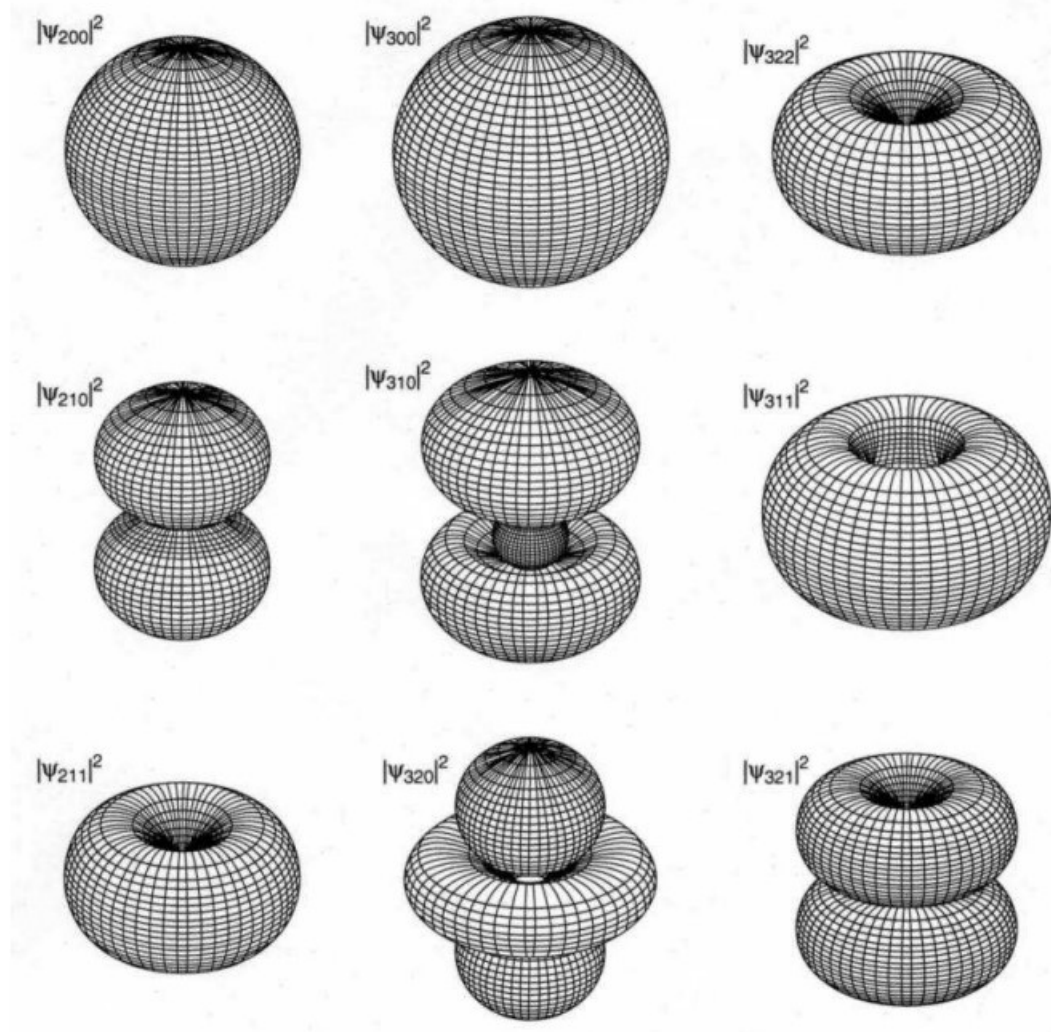
É bom fazer a observação de que na última citação literal, as equações 4.70 é equivalente a (58) aqui, já a 4.50 é equivalente a $E_{nl} = \frac{\hbar^2}{2ma^2} \beta_{nl}^2$, na qual β_{nl}^2 é o n-ésimo zero da função esférica de Bessel de ordem l. A equação 4.33 é equivalente a $\int_0^{2\pi} \int_0^\pi [Y_l^m(\theta, \varphi)]^* [Y_l^{m'}(\theta, \varphi)] \sin\theta d\theta d\varphi = \delta_{l'l} \delta_{m'm}$. Sendo as Figuras 4.5 e 4.6, representadas respectivamente abaixo.

Figura 8 – Desenho de gráficos de densidade, nos quais o brilho da nuvem é proporcional a $|\psi|^2$



Fonte: David. J. Griffiths (2011).

Figura 9 – Representação das superfícies de densidade de probabilidade constante



Fonte: David. J. Griffiths (2011).

Segundo David J. Griffiths (2011, p. 223):

Em princípio, se você colocar um átomo de hidrogênio em um estado estacionário ψ_{nlm} , ele deveria permanecer lá para sempre. Entretanto, se você cutuca-lo de leve (por exemplo, fazendo com que ele colida com outro átomo, ou iluminando-o), o elétron pode sofrer uma transição para algum outro estado estacionário, tanto por meio da absorção de energia, movendo-se para o estado de maior energia, quanto da distribuição de energia (na forma de radiação eletromagnética, tipicamente), movendo-se para baixo. Na prática, tais perturbações estão sempre presentes; transições (ou, como às vezes são chamadas, ‘saltos quânticos’) ocorrem constantemente, e o resultado é que um recipiente de hidrogênio emite luz (fótons), cuja energia corresponde à diferença de energia entre os estados inicial e final:

$$E_\gamma = E_i - E_f = 13,6eV \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right).$$

De acordo com a fórmula de Planck, a energia de um fóton é proporcional a sua frequência:

$$E_\gamma = h\nu.$$

Sendo o comprimento de onda dado por $\lambda = c/\nu$, que desse modo resulta em:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right), \quad (76)$$

Em que

$$R \equiv \frac{m}{4\pi c \hbar^3} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 = 1,097 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1} \quad (77)$$

Cujo R conhecida como constante de Rydberg. Sendo a equação (76) é a fórmula de Rydberg para o espectro do hidrogênio. Assim como descrito por Griffiths (2011, p. 120).

As transições para o estado fundamental ($n_f = 1$) estão no ultravioleta; são conhecidas pelos espectroscopistas como série de Lyman. As transições para o estado excitado ($n_f = 2$) se encontram na região visível; elas constituem a série de Balmer. As transições para $n_f = 3$ (série de Paschen) estão no infravermelho; e assim por diante.

David J. Griffiths (2011, p.224), continua

Em temperatura ambiente, a maior parte dos átomos de hidrogênio está no estado fundamental; para obter o espectro de emissão, você deve, primeiramente, preencher os vários estados excitados; isso é feito, tipicamente, passando uma faísca elétrica por meio de um gás.

Os níveis de energia e as séries mencionadas, que surgem na transição no espectro do hidrogênio, podem ser visualizados na Figura 2. A equação de Schrödinger é uma ferramenta poderosa na mecânica quântica que pode ser aplicada para descrever o comportamento de átomos multieletrônicos, ou seja, átomos que possuem mais de um elétron em sua estrutura. Através dela, é possível calcular os níveis de energia e as funções de onda associados a esses átomos, o que tem uma estreita relação com a espectroscopia.

Um átomo neutro, de número atômico Z , consiste de um núcleo pesado, com carga eletrônica Ze , cercado por Z elétrons (massa m e carga $-e$). O Hamiltoniano para esse sistema é

$$H = \sum_{j=1}^Z \left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla_j^2 - \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right) \frac{Ze^2}{r_j} \right\} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right) \sum_{j \neq k}^Z \frac{e^2}{|r_j - r_k|}.$$

O termo entre chaves representa a soma das energias cinética e potencial do j -ésimo elétron no campo elétrico do núcleo; a segunda somatória (que é

executada sobre todos os valores de j e k , exceto para $j = k$) é a energia potencial associada à repulsão mútua dos elétrons (o fator de $1/2$ na frente corrige o fato de que a somatória conta cada par duas vezes). O problema é resolver a equação de Schrödinger,

$$H \psi = E \psi,$$

para as funções de onda $\psi(r_1, r_2, \dots, r_Z) \chi(s_1, s_2, \dots, s_Z)$, é antissimétrica em relação à troca de quaisquer dois elétrons. Em especial, dois elétrons não podem ocupar o mesmo estado. (Griffiths 2011, p. 154)

Ainda segundo Griffiths (2011), a equação de Schrödinger com o Hamiltoniano 5.24 não pode ser resolvida com exatidão, exceto para o caso $Z = 1$ (hidrogênio). É importante ressaltar que o Hamiltoniano 5.24 refere-se à equação descrita na citação anterior.

Os átomos multieletrônicos são mais complexos do que os átomos de hidrogênio, pois envolvem interações eletrostáticas, magnéticas e de spin entre os elétrons. A equação de Schrödinger para átomos multieletrônicos é uma equação diferencial parcial complexa que geralmente não possui soluções analíticas exatas. No entanto, existem técnicas aproximadas, como a teoria do campo central e a teoria do campo perturbativo, que permitem calcular as energias e funções de onda aproximadas para átomos multieletrônicos.

Uma das principais aplicações da equação de Schrödinger para átomos multieletrônicos é a previsão dos espectros de absorção e emissão desses átomos. Assim como nos átomos de hidrogênio, os átomos multieletrônicos podem absorver ou emitir energia na forma de radiação eletromagnética durante as transições eletrônicas entre diferentes estados de energia. Através da equação de Schrödinger, é possível calcular as energias das transições eletrônicas permitidas e, assim, prever os comprimentos de onda das radiações eletromagnéticas associadas a essas transições.

Os espectros de absorção e emissão de átomos multieletrônicos são usados para identificar a presença de elementos químicos em amostras. Cada elemento possui um espectro característico, determinado pelas transições eletrônicas permitidas. A análise desses espectros permite determinar a composição química das amostras e estudar suas propriedades eletrônicas.

Além disso, a equação de Schrödinger para átomos multieletrônicos também é usada para prever a estrutura fina e a estrutura hiperfina dos espectros. A estrutura fina resulta do acoplamento do momento angular orbital do elétron com o momento angular de spin do elétron, enquanto a estrutura hiperfina está relacionada ao acoplamento do momento magnético do núcleo com o momento angular de spin do elétron.

Na mecânica quântica, cada elétron possui um momento angular de spin, que é uma propriedade intrínseca do elétron e pode assumir dois valores possíveis: $+1/2$ ou $-1/2$, em

unidades de \hbar (a constante reduzida de Planck). Além disso, o núcleo do átomo também possui um momento magnético devido aos prótons e nêutrons que o compõem.

O acoplamento do momento magnético do núcleo com o momento angular de spin do elétron resulta na estrutura hiperfina. Essa interação pode ser descrita pela equação de Schrödinger, que também leva em conta outras interações eletrostáticas e magnéticas presentes no átomo multieletrônico.

A estrutura hiperfina é observada em espectros de absorção ou emissão, como na ressonância magnética nuclear (RMN) e na espectroscopia de raios X. Ela é caracterizada por múltiplas linhas espectrais finas e separadas, que correspondem a diferentes níveis de energia resultantes das diferentes projeções do momento angular de spin do elétron e do momento magnético do núcleo.

A análise da estrutura hiperfina permite estudar propriedades fundamentais dos átomos, como o momento magnético do núcleo, a distribuição de carga no núcleo e as interações entre o núcleo e os elétrons. Ela também é usada em aplicações práticas, como na determinação de estruturas moleculares, na caracterização de materiais, na datação de objetos arqueológicos e na investigação de processos químicos e bioquímicos.

Em resumo, a estrutura hiperfina é um efeito importante para o estudo das propriedades dos átomos e suas aplicações em diversas áreas da ciência e da tecnologia.

2.2.4. Modelagem da fenomenologia associada

A modelagem da fenomenologia associada à espectroscopia é um campo interdisciplinar fascinante que combina a teoria da física, química e matemática para compreender e interpretar os espectros de diferentes tipos de sistemas. A espectroscopia é uma técnica científica poderosa que permite a análise da interação entre a matéria e a energia eletromagnética em suas várias formas, como luz visível, infravermelha, ultravioleta, entre outras. Quando aplicada à fenomenologia, essa abordagem visa compreender os fenômenos observados por meio da análise de seus espectros.

A fenomenologia, por sua vez, é uma abordagem filosófica que se concentra na análise e interpretação das experiências e fenômenos humanos. Quando aplicada à espectroscopia, a fenomenologia busca compreender as implicações das observações espectrais nas experiências e concepções humanas, explorando como as propriedades da matéria e sua interação com a energia eletromagnética influenciam nossa compreensão do mundo natural.

Para modelar a fenomenologia espectroscópica, é necessário considerar a mecânica quântica, a teoria molecular e atômica. Modelos matemáticos descrevem as transições de energia em moléculas e átomos. Esses modelos permitem prever a posição e a intensidade dos picos espectrais.

A interpretação dos espectros envolve a identificação de bandas e picos espectrais, atribuindo-os a transições de energia específicas. Isso requer a aplicação de modelos teóricos para correlacionar as características espectrais com as propriedades das moléculas ou átomos em estudo.

A fenomenologia busca entender como as observações espectrais se relacionam com a experiência humana e o mundo real. Ela explora como as informações espectrais podem ser traduzidas em conceitos compreensíveis e úteis para cientistas e engenheiros. A modelagem da fenomenologia espectroscópica tem inúmeras aplicações práticas, como a identificação de substâncias químicas em amostras desconhecidas, o monitoramento de processos químicos e biológicos, e a investigação da estrutura de materiais, entre outras.

Além disso, a modelagem também pode ser aplicada no desenvolvimento de instrumentação espectroscópica mais avançada, o que pode resultar no aprimoramento da sensibilidade, resolução e capacidade de análise dos espectrômetros. É possível obter uma visão clara sobre esse assunto em Azevedo e Nunes (2015, p. 6):

Atualmente existe uma enorme necessidade de analisar os constituintes de inúmeras substâncias, quer quando desejamos descobrir sua real composição ou quando estamos interessados em descobrir adulterações. Assim como um ser humano pode ser identificado através de sua impressão digital, podemos diferenciar as espécies químicas através de seus níveis de energia, isto é, de seus espectros de emissão ou absorção. Várias técnicas existem para isso (Ressonância magnética Nuclear, Difração de Elétrons e Nêutrons, Efeito Mossbauer, Difração de raios X), mas as técnicas ópticas têm a vantagem de serem altamente sensíveis, principalmente no que diz respeito à constituição da matéria.

Em resumo, a modelagem da fenomenologia espectroscópica é um campo fundamental que combina teoria e observação para compreender a interação entre a matéria e a radiação eletromagnética. Ela não apenas aprofunda nossa compreensão do mundo natural, mas também possui uma ampla gama de aplicações em diversas áreas da ciência e da tecnologia. É um exemplo fascinante de como a colaboração entre várias disciplinas pode levar a avanços significativos no conhecimento humano e na capacidade de explorar e interagir com o nosso mundo.

2.2.5. Aplicações da espectroscopia

A espectroscopia estuda a interação entre a matéria e a energia eletromagnética em várias formas, como luz visível, conhecida como espectroscopia óptica, que está atrelada à nossa SD, além de infravermelho, ultravioleta, micro-ondas e rádio. A Figura 1 do artigo *Espectroscopia no Infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio* mostra a abrangência dos estudos espectroscópicos da interação radiação-matéria.

A partir da Fig. 1, ainda é possível inferir que raios X possuem frequências mais altas do que microondas, e isso nos fornece uma pista a respeito do por que dos diferentes efeitos causados pelos dois tipos de onda. Uma resposta mais detalhada, todavia, deve levar em conta como cada tipo de onda é produzido e como cada tipo de onda eletromagnética interage com a matéria. (Leite; Prado, 2012, p 3)

As aplicações da espectroscopia são vastas, abrangendo desde a análise de materiais até a investigação de processos biológicos e estudos astronômicos. Uma das aplicações mais comuns é a identificação de compostos químicos. Cada substância possui um espectro característico, que é como uma “impressão digital” molecular. Ao analisar o espectro de uma amostra, os cientistas podem determinar quais compostos estão presentes, sua concentração e até mesmo sua estrutura molecular. Essa ideia é compartilhada no artigo de Ribeiro e Souza (2007, p. 1).

As espectroscopias de infravermelho (IV), ressonância magnética nuclear de hidrogênio e carbono-13 (RMN de ^1H e ^{13}C) e a espectrometria de massas (EM) são ferramentas atuais usadas para a elucidação estrutural de substâncias orgânicas. Devido a este fato, os cursos de graduação têm em sua grade curricular disciplinas que envolvem o ensino deste tema.

A espectroscopia de RMN é amplamente utilizada em química e biologia para determinar a estrutura molecular de compostos orgânicos e inorgânicos. Também é essencial em pesquisa farmacêutica para verificar a pureza de substâncias e estudar processos biológicos.

A espectroscopia no infravermelho é usada para analisar ligações químicas, identificar grupos funcionais em moléculas orgânicas e investigar propriedades físicas de materiais. É amplamente aplicada em controle de qualidade na indústria farmacêutica, alimentícia e química.

A espectrometria de massas é usada para identificar e quantificar compostos com alta sensibilidade. É fundamental em química orgânica, bioquímica e proteômica, ajudando na identificação de proteínas, lipídios, metabolitos e muito mais.

A espectroscopia ultravioleta (UV) e visível é empregada para determinar a concentração de substâncias em solução, bem como para estudar a absorção de luz por moléculas. Isso é útil em estudos de cinética química e análises de pigmentos em biologia e química, conforme discutido na conclusão do artigo apresentado no XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ) em 2014.

A análise de UV/Vis, bem como as análises físico-químicas dos índices de acidez, peróxido e de iodo, demonstraram que à medida que se formam compostos de degradação, a estabilidade oxidativa dos óleos vegetais diminui, comprometendo aspectos químicos e estruturais da composição do óleo e consequentemente a qualidade deste material. (Araújo *et al.* 2014, p.2)

A espectroscopia astronômica é uma ferramenta essencial na astronomia para analisar a luz emitida por objetos celestes. Ela fornece informações sobre a composição química, temperatura e densidade desses objetos, ajudando a entender a origem e a evolução do universo. Como observado pela NASA em uma revista eletrônica de divulgação científica, escrita por Acácio Moraes:

Uma das grandes inovações a bordo do James Webb é o equipamento conhecido pela sigla NIRISS. Seu nome completo é Gerador de Imagens de Infravermelho Próximo e Espectrógrafo Sem Fenda.

À primeira vista, esse nome comprido parece saído de um filme de ficção científica. Mas, olhando de perto, ele revela melhor a função desse equipamento, que é constituído de duas partes.

Uma delas é o Gerador de Imagens de Infravermelho Próximo, capaz de captar a luz emitida pelos diferentes objetos espaciais nessa faixa da radiação eletromagnética — no Webb ele funciona entre comprimentos de onda de 0,8 a 5,0 microns. (Moraes, 2022, p. 2)

A espectroscopia é uma ferramenta importante na medicina, sendo utilizada no diagnóstico de doenças, como câncer, e no monitoramento do metabolismo de tecidos e órgãos. A espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) é empregada em análises de sangue não invasivas, enquanto a espectroscopia de fluorescência é usada para identificar biomarcadores. O artigo *Espectroscopia por ressonância magnética no diagnóstico do câncer de próstata: experiência inicial* demonstra a importância da aplicação da espectroscopia nos diagnósticos por imagem.

A implantação e padronização da espectroscopia por ressonância magnética permitiram a obtenção de informações importantes para o diagnóstico presuntivo da existência de câncer de próstata, combinando as imagens por ressonância magnética com os dados metabólicos da espectroscopia por ressonância magnética. (Melo, 2009, p. 1)

A análise de materiais, como polímeros, metais, cerâmicas e semicondutores, é beneficiada pela espectroscopia, que permite investigar a estrutura e as propriedades dos materiais em diferentes comprimentos de onda. Essas são apenas algumas das inúmeras aplicações da espectroscopia, que demonstram sua importância em diversas áreas do conhecimento. A capacidade de analisar a interação entre a matéria e a radiação eletromagnética é uma ferramenta essencial para cientistas e engenheiros que buscam entender o mundo natural, desenvolver novos materiais e avançar nas fronteiras da pesquisa científica.

2.3. ESTADO DA ARTE DA TEMÁTICA EM QUESTÃO

As tendências em espectroscopia refletem um campo em constante evolução, à medida que a técnica continua a desempenhar um papel vital em diversas disciplinas científicas e tecnológicas. O estado da arte em espectroscopia é caracterizado pela aplicação de técnicas avançadas, instrumentação de ponta e colaborações interdisciplinares, que ampliam nossas fronteiras de conhecimento e inovação. À medida que as tecnologias e abordagens continuam a evoluir, podemos esperar que a espectroscopia continue a desempenhar um papel fundamental na pesquisa científica e no avanço da tecnologia em todo o mundo.

2.3.1. Cenários atuais

O cenário atual da espectroscopia é marcado por avanços significativos que estão revolucionando nossa capacidade de analisar e compreender o mundo em níveis moleculares e atômicos. Essa técnica altamente versátil continua a desempenhar um papel crucial em uma ampla variedade de campos científicos e tecnológicos, impulsionando inovações e aplicações em constante expansão.

Uma das tendências mais promissoras na espectroscopia é a capacidade de realizar análises em tempo real. Isso é impulsionado pelo desenvolvimento de tecnologias de detecção mais rápidas e avançadas, que permitem a monitorização contínua de processos químicos, biológicos e industriais com uma resolução temporal sem precedentes. Isso tem aplicações significativas em áreas como farmacêutica, análise de alimentos e monitoramento ambiental.

A capacidade de realizar espectroscopia com alta resolução espacial está se tornando cada vez mais importante. Isso permite a análise de amostras complexas, como tecidos biológicos, em nível microscópico. A espectroscopia Raman e a espectroscopia de

infravermelho próximo (NIR) estão sendo usadas para mapear a composição química de células e tecidos, o que é essencial para a pesquisa biomédica e a medicina personalizada.

A aplicação de princípios da mecânica quântica na espectroscopia está abrindo novas possibilidades. Isso inclui a utilização de qubits quânticos para melhorar a sensibilidade e a resolução em experimentos de ressonância magnética nuclear (RMN) e a exploração de fenômenos quânticos para a análise de sistemas complexos.

A análise de dados espectrais está se beneficiando da aplicação de técnicas de aprendizado de máquina e inteligência artificial. Isso permite a identificação de padrões complexos nos espectros, o que é útil para análises automatizadas, diagnósticos médicos e muito mais.

A espectroscopia continua a ser uma ferramenta fundamental na exploração do espaço. Missões espaciais e telescópios terrestres utilizam espectroscopia para analisar a luz emitida por estrelas, planetas e galáxias, permitindo-nos aprender mais sobre a composição e evolução do universo.

O monitoramento ambiental e a análise de recursos naturais também se beneficiam da espectroscopia, que inclui a detecção de poluentes, a análise de solos e a identificação de minerais, contribuindo para a gestão sustentável do meio ambiente.

A espectroscopia desempenha um papel vital na caracterização de nanomateriais e nanoestruturas, o que é fundamental para o desenvolvimento de novos materiais avançados com aplicações em eletrônica, catalisadores, medicina e muito mais.

Em resumo, o cenário atual da espectroscopia é dinâmico e empolgante, com avanços constantes impulsionando a pesquisa e a inovação em várias disciplinas. À medida que as tecnologias espectroscópicas continuam a evoluir e a se integrar com outras áreas, podemos esperar que essa técnica continue a desempenhar um papel fundamental na compreensão e na transformação do nosso mundo. Suas aplicações abrangentes continuam a moldar o progresso científico, tecnológico e industrial em todo o mundo.

3. METODOLOGIA DO TRABALHO COM O PRODUTO EDUCACIONAL

3.1. DESCRIÇÃO DA PESQUISA APLICADA OU TRANSLACIONAL REALIZADA

A criação de uma sequência didática (SD) para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem pode ser uma abordagem valiosa para promover a aprendizagem significativa dos alunos. De acordo com Libâneo (2013, p. 246), a sequência didática é um conjunto de atividades sequenciais e articuladas, organizadas de forma a conduzir o aluno à aprendizagem de um determinado conteúdo. Nas palavras do próprio autor, ela “é um produto educacional que organiza o trabalho pedagógico, visando à consecução de objetivos de ensino, articulando diferentes atividades de aprendizagem em uma ordem lógica e progressiva”.

A primeira etapa na criação de uma SD é a definição dos objetivos de aprendizagem. É importante que esses objetivos sejam claros, específicos e relevantes para a disciplina em questão. Por exemplo, os objetivos podem incluir:

- Compreensão dos conceitos básicos de espectroscopia;
- Identificação de diferentes tipos de espectros;
- Interpretação de dados espectroscópicos.

A próxima etapa é a seleção de conteúdo. Os materiais utilizados na sequência devem ser cuidadosamente selecionados e organizados em uma ordem lógica para garantir que os alunos possam construir uma compreensão clara dos conceitos e princípios fundamentais. As atividades de aprendizagem devem ser variadas e envolver tanto a teoria quanto a prática.

Uma estratégia importante para promover a aprendizagem significativa é a utilização de recursos multimídia. Vídeos, simulações e imagens podem ser incorporados na SD para ilustrar conceitos complexos e ajudar os alunos a visualizar os fenômenos estudados.

Outra estratégia eficaz é a promoção da interatividade. Através de discussões online, fóruns de discussão e outras atividades colaborativas, os alunos podem se envolver em debates, troca de ideias e construção de conhecimento em grupo.

Por fim, é importante avaliar a sequência didática (SD) para determinar sua eficácia. A avaliação deve ser contínua, permitindo que o professor faça ajustes na sequência conforme

necessário. As avaliações devem ser cuidadosamente planejadas e alinhadas com os objetivos de aprendizagem, permitindo que os alunos demonstrem seu conhecimento e compreensão dos conceitos estudados. Conforme Perrenoud (2002, p. 110),

a criação de uma SD envolve etapas fundamentais, como a definição de objetivos de aprendizagem, a seleção e organização dos conteúdos, a escolha de estratégias de ensino e avaliação, e a elaboração de materiais e recursos adequados.

É importante que a sequência seja cuidadosamente planejada, selecionando conteúdo relevante, incorporando recursos multimídia e promovendo a interatividade. A avaliação contínua permitirá que o professor faça ajustes na sequência conforme necessário, a fim de maximizar a compreensão e a retenção dos conceitos pelos alunos.

3.1.1. Descrição detalhada do contexto de aplicação do Produto Educacional

A espectroscopia, esse campo da ciência que estuda a interação da luz com a matéria, revela propriedades fundamentais da matéria e possibilita avanços em áreas como química, física e biologia. No entanto, tradicionalmente apresenta dificuldades aos estudantes devido à complexidade de seus conceitos e à necessidade de equipamentos específicos para experimentação.

Nesse contexto, o desenvolvimento de uma Sequência Didática (SD) para o ensino de espectroscopia em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) surge como uma proposta inovadora e promissora. Esta dissertação busca explorar o contexto de aplicação desse produto educacional, com foco na promoção da aprendizagem significativa dos conceitos de espectroscopia.

A SD, como produto educacional, foi desenvolvida considerando estudantes do ensino médio, mais especificamente, alunos do 2º ano do Colégio Militar de Salvador, uma instituição que segue um Plano de Sequência Didática (PSD) do Sistema Colégio Militar do Brasil (SCMB). Nesse contexto, o conteúdo sobre espectroscopia, como avanço na física moderna, está previsto no plano apenas ao final do terceiro trimestre, após o desenvolvimento dos conteúdos basilares abordados no PSD e no Plano de Execução Didática (PED) do SCMB, aprovado em 2022.

Os referidos conteúdos basilares referem-se à SD nº 5 do PED, Fenômenos Ondulatórios, com as respectivas competências a serem desenvolvidas e as habilidades a serem trabalhadas, tais como:

- C6, HF13, e descritores D2FIS065: Reconhecer o fenômeno da difração por um obstáculo e por uma abertura;
- C6, HF13, e descritores D2FIS066: Identificar o princípio da superposição;
- C9, HF24, e descritores D2FIS069: Realizar experimentos de ondas;
- C10, HF29, e descritores D2FIS070: Produzir texto, explicação, mapa mental, ou outro tipo de relatório que venha a explicitar a compreensão apropriada de fenômenos ondulatórios;
- C11, HF31, e descritores D2FIS071: Compreender a diferença entre a difração da luz e do som;
- C13, HF37, e descritores D2FIS072: Reconhecer os fenômenos da polarização e ressonância no dia a dia (PSD de Ciências da Natureza, 2022, p. 16, 18, 19, 20, 22).

Esses conteúdos basilares estão estabelecidos tanto no PSD quanto no PED de Física do 2º ano, terceiro trimestre de 2022 (p. 10). Essa abordagem pedagógica proporciona uma compreensão mais aprofundada dos conceitos, preparando os estudantes para o entendimento da espectroscopia na sequência do programa educacional.

Os códigos das competências e habilidades estão detalhados no Plano de Desenvolvimento de Competências (PSD) de Ciências da Natureza do SCMB. Como exemplo, temos a competência 9 (C9): Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos, e a habilidade de Física 22 (HF22): Conhecer modelos físicos microscópicos para adquirir uma compreensão mais profunda dos fenômenos e utilizá-los na análise de situações-problema. Por exemplo, utilizar modelos microscópicos do calor para explicar as propriedades térmicas dos materiais ou, ainda, modelos da constituição da matéria para explicar a absorção de luz e as cores dos objetos.

A espectroscopia desempenha um papel crucial em diversas áreas científicas, mas muitos estudantes enfrentam dificuldades para compreender seus princípios. A abordagem em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) visa superar essas barreiras, tornando o ensino mais acessível e interativo. Nesse contexto, o SCMB possui um AVA, na plataforma Moodle, amplamente difundido e utilizado pelos estudantes. Esse AVA ganhou notoriedade e aprimoramento consideráveis após o período da pandemia de COVID-19, com utilização frequente e monitorada, além de promoção de capacitação para o uso da referida plataforma.

Assim, acredita-se que o AVA do SCMB possui todas as ferramentas necessárias para desenvolver e aplicar o produto educacional na forma de SD proposto na presente dissertação.

O principal objetivo da SD é promover a aprendizagem significativa dos conceitos de espectroscopia, incentivando a compreensão profunda e duradoura, em vez da memorização superficial. Para isso, a SD foi elaborada com base em princípios pedagógicos modernos, incorporando elementos interativos, como videoaulas, simulações, exercícios práticos e fóruns de discussão, para facilitar a interação entre alunos e facilitadores. Materiais de apoio, como artigos científicos, também foram incluídos para enriquecer a experiência de aprendizagem.

Recursos multimídia, como vídeos, animações e simulações virtuais, foram utilizados na sequência didática, além de um experimento de laboratório com imagens reais de espectros eletromagnéticos. A adaptação do experimento usando imagens dos espectros característicos de lâmpadas permitiu aos alunos realizar medidas de comprimento de onda, frequência e energia no AVA.

A avaliação dos estudantes é realizada de forma diversificada, incluindo a resolução de uma situação-problema norteadora sobre espectroscopia, a identificação de possíveis subsunçores e âncoras, a análise da participação nos fóruns de discussão disponibilizados no AVA do SCMB, a elaboração de relatórios simplificados de experimentos virtuais e projetos práticos que permitem a aplicação dos conhecimentos adquiridos.

A abordagem da SD está fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, buscando conectar os novos conceitos ao conhecimento prévio dos alunos e estimulando a construção de significado.

Ao criar um contexto de aprendizagem significativa, a SD não apenas facilita a compreensão dos conceitos, mas também oferece aos estudantes autonomia e confiança, permitindo que explorem o mundo da espectroscopia com interesse e segurança. Essa iniciativa tem o potencial de transformar o ensino de ciências, tornando-o mais acessível e motivador, e, assim, contribuir significativamente para a formação de futuros cientistas e profissionais das áreas correlatas.

3.1.2. Dados qualitativos/quantitativos

A promoção da aprendizagem significativa é um dos principais objetivos do ensino de física, especialmente quando se trata de tópicos complexos, como a espectroscopia. Nesse contexto, o desenvolvimento de uma SD eficaz se torna crucial para o sucesso da educação em ciências. Com o desenvolvimento do produto educacional, serão analisados dados qualitativos

e quantitativos relacionados à implementação de uma SD no ambiente virtual de aprendizagem, com foco na aprendizagem significativa da espectroscopia.

A análise quantitativa desempenha um papel importante na avaliação da eficácia de uma SD. Neste estudo, os dados quantitativos foram coletados por meio de testes pré e pós-sequência, que visavam avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre espectroscopia e seu desempenho após a conclusão da sequência. Além disso, foram registrados dados sobre a participação dos alunos nas atividades online, o tempo médio gasto em cada módulo e as taxas de conclusão.

Os resultados quantitativos forneceram informações valiosas sobre o progresso dos alunos. A análise estatística revelou melhorias significativas no conhecimento e desempenho dos alunos após a implementação da SD. Além disso, a análise do tempo gasto e das taxas de conclusão sugeriu um engajamento positivo dos alunos com os materiais online, indicando uma participação ativa na aprendizagem.

Os dados qualitativos desempenham um papel complementar na compreensão da experiência dos alunos durante a implementação da SD. Para coletar dados qualitativos, foram realizadas entrevistas com os participantes, que puderam expressar suas percepções, dificuldades e insights sobre a aprendizagem da espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem.

As entrevistas revelaram uma série de informações qualitativas valiosas. Os alunos destacaram a importância dos recursos interativos e das simulações virtuais na compreensão dos conceitos de espectroscopia. Além disso, eles compartilharam suas experiências sobre como a abordagem da SD os motivou a explorar mais profundamente o tema, indicando um aumento na motivação intrínseca.

Além das entrevistas, foram analisadas as interações dos alunos nos fóruns de discussão online. Isso proporcionou uma visão detalhada das discussões, perguntas e respostas dos alunos, permitindo identificar padrões de colaboração e engajamento na comunidade virtual de aprendizagem.

A análise dos dados qualitativos e quantitativos revelou que a SD desenvolvida para o ensino de espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem promoveu a aprendizagem significativa, além de indicar um potencial imenso para sua promoção. Os resultados quantitativos demonstraram melhorias no desempenho dos alunos, enquanto os dados qualitativos destacaram a importância dos recursos interativos e a motivação intrínseca dos alunos.

Essa abordagem abrangente, que combina análises quantitativas e qualitativas, fornece uma compreensão mais completa do impacto da SD e ajuda a informar a melhoria contínua do ensino de física em ambientes virtuais de aprendizagem. Isso contribui para o avanço do campo do ensino de ciências e promove a aprendizagem significativa entre os alunos.

3.2. ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

3.2.1. Descrição do problema ao qual o produto educacional vai atuar

A espectroscopia é uma área fundamental da ciência que estuda a interação da luz com a matéria, permitindo a análise e identificação de substâncias com base em suas propriedades espectrais. No entanto, o ensino dessa disciplina enfrenta muitos desafios que prejudicam a compreensão e a aprendizagem dos alunos. É nesse contexto que se insere o problema que nosso produto educacional, uma sequência didática para o ensino de espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem, busca abordar e resolver.

Outro desafio importante é a falta de recursos educacionais adequados para o ensino da espectroscopia. Muitos dos materiais disponíveis são desatualizados, pouco interativos e não abordam os conceitos de forma acessível e envolvente para os estudantes. Além disso, a transição para o ambiente virtual de aprendizagem, que se tornou ainda mais relevante devido à pandemia de COVID-19, trouxe consigo a necessidade de adaptar o ensino tradicional para um formato online, o que requer estratégias pedagógicas específicas.

A falta de compreensão e interesse dos alunos pela espectroscopia pode ter implicações negativas em sua formação científica, pois essa disciplina desempenha um papel crucial em áreas como química, física, biologia e ciências da saúde. Portanto, é fundamental abordar esse problema de maneira eficaz para promover a aprendizagem significativa e preparar os alunos para o sucesso em suas carreiras acadêmicas e profissionais.

Nossa sequência didática, desenvolvida para ser aplicada em um ambiente virtual de aprendizagem, busca enfrentar esses desafios. Ela foi projetada com base em princípios pedagógicos sólidos e utiliza recursos multimídia, simulações e atividades interativas para tornar o ensino da espectroscopia mais acessível e envolvente. Além disso, enfatiza a conexão dos conceitos com aplicações práticas, ajudando os alunos a perceberem a relevância da espectroscopia em suas vidas e carreiras.

Ao abordar o problema da dificuldade de aprendizado da espectroscopia e fornecer uma solução eficaz por meio de nosso produto educacional, esperamos promover uma compreensão mais profunda e significativa dessa disciplina, capacitando os alunos a se tornarem cientistas mais competentes e preparados para os desafios do mundo moderno.

3.2.1.1. Questão norteadora para a aplicação do produto educacional

A aplicação de qualquer produto educacional deve ser orientada por uma questão norteadora que direcione o processo de ensino e aprendizagem, garantindo que os objetivos pedagógicos sejam alcançados de forma eficaz. No caso da nossa sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem, a questão norteadora fundamental que molda a implementação e o uso desse recurso educacional é:

“Como podemos proporcionar aos alunos uma experiência de aprendizagem significativa em espectroscopia, utilizando as possibilidades oferecidas pelo ambiente virtual, de modo que eles sejam capazes de compreender e aplicar os conceitos espectroscópicos de forma prática e relevante?”

Essa questão norteadora serve como um farol para orientar todos os aspectos da aplicação da sequência didática. Vamos analisá-la mais detalhadamente:

Experiência de Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa envolve a construção ativa do conhecimento, relacionando novas informações com conhecimentos prévios e aplicando o que foi aprendido em contextos do mundo real. A questão norteadora destaca a importância de criar uma experiência de aprendizado que vá além da memorização de fatos, focando na compreensão profunda e na aplicação prática dos conceitos da espectroscopia.

Utilização do Ambiente Virtual de Aprendizagem

O ambiente virtual oferece recursos e possibilidades únicas para o ensino, como simulações, vídeos interativos, fóruns de discussão e muito mais. A questão norteadora destaca a importância de aproveitar essas ferramentas para criar uma experiência de aprendizado envolvente e eficaz.

Relevância e Aplicabilidade

Os conceitos espectroscópicos devem ser relevantes para a vida dos alunos e suas futuras carreiras. Isso estimula a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, aumentando a motivação dos estudantes.

Compreensão Profunda

É importante ir além do ensino superficial e promover uma compreensão profunda dos princípios da espectroscopia. Isso implica não apenas transmitir informações, mas também criar oportunidades para reflexão, investigação e resolução de problemas.

A questão norteadora fornece uma direção clara e significativa para a aplicação da sequência didática de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem. Ela orienta os educadores a adotarem uma abordagem pedagógica centrada no aluno, priorizando a compreensão profunda dos conceitos e sua aplicação prática, ao mesmo tempo em que aproveitam as vantagens do ambiente virtual para criar uma experiência de aprendizado envolvente e eficaz.

3.2.1.2. Hipóteses

Ao desenvolver uma sequência didática para o ensino de espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem, com o objetivo de promover a aprendizagem significativa, é crucial formular hipóteses sólidas que orientem o processo de criação, implementação e avaliação do produto educacional. Essas hipóteses são suposições fundamentais que norteiam nossas expectativas sobre como os alunos interagirão com o material e como a aprendizagem ocorrerá. A seguir, apresentamos algumas hipóteses-chave para nossa sequência didática:

- **Engajamento online promove a aprendizagem:** A hipótese de que a criação de um ambiente virtual de aprendizagem interativo e envolvente motivará os alunos a participarem ativamente das atividades e a explorarem os conceitos da espectroscopia com entusiasmo.
- **Construção ativa do conhecimento:** A hipótese de que os alunos aprenderão melhor quando forem desafiados a construir ativamente seu conhecimento, conectando novos conceitos espectroscópicos com seus conhecimentos prévios e aplicando-os em situações práticas.

- **Uso de simulações e recursos multimídia:** A hipótese de que o uso de simulações interativas, vídeos explicativos e recursos multimídia aumentará a compreensão dos conceitos espectroscópicos, tornando-os mais tangíveis e acessíveis aos alunos.
- **Aprendizagem colaborativa e discussão online:** A hipótese de que a promoção da discussão colaborativa entre os alunos por meio de fóruns e atividades de grupo online facilitará a troca de ideias e o aprofundamento da compreensão.
- **Aplicabilidade prática:** A hipótese de que a incorporação de exemplos e exercícios práticos relacionados à vida real, como a análise de espectros de substâncias comuns, aumentará a percepção dos alunos sobre a relevância da espectroscopia em suas vidas e carreiras.
- **Avaliação formativa:** A hipótese de que a avaliação contínua e formativa, por meio de tarefas e feedback personalizado, permitirá que os alunos monitorem seu próprio progresso e façam ajustes em seu aprendizado.
- **Mudança nas atitudes e percepções:** A hipótese de que a sequência didática não apenas promoverá a aquisição de conhecimentos espectroscópicos, mas também influenciará positivamente as atitudes e percepções dos alunos em relação à ciência e à espectroscopia, tornando-as mais positivas e confiantes.
- **Transferência de aprendizado:** A hipótese de que os conhecimentos adquiridos durante a sequência didática poderão ser transferidos e aplicados em contextos práticos e desafios científicos além do ambiente virtual de aprendizagem.

Essas hipóteses servem como base para a criação e implementação da sequência didática de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem, bem como para a avaliação do seu impacto na promoção da aprendizagem significativa. Através da coleta de dados e da análise cuidadosa, poderemos validar ou refinar essas suposições, contribuindo assim para o aprimoramento contínuo do produto educacional e, em última análise, para uma experiência de aprendizagem mais eficaz e significativa para os alunos.

3.2.2. Como foi elaborada a proposta de intervenção por meio do produto educacional

A proposta de intervenção por meio do produto educacional, que consiste em uma sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem com foco na promoção da aprendizagem significativa, foi elaborada seguindo uma série de passos estruturados que permitiram abordar o problema inicial e criar uma solução eficaz. A seguir, descrevemos o processo de elaboração da proposta:

O primeiro passo foi identificar o problema central: a dificuldade dos alunos em compreender os princípios da espectroscopia e a falta de recursos educacionais adequados para abordar esse tópico complexo.

A partir da identificação do problema, foram definidos os objetivos educacionais, tanto o objetivo geral (promover a aprendizagem significativa em espectroscopia) quanto os objetivos específicos (como introduzir conceitos fundamentais, promover interatividade e incentivar a pesquisa).

A proposta foi direcionada a turmas do segundo ano do ensino médio, com uma aplicação piloto realizada em turmas do nono ano do ensino fundamental e do terceiro ano do ensino médio do Colégio Militar de Salvador.

O produto educacional foi concebido com foco na obtenção de imagens de raios espectrais usando lâmpadas de vapor de mercúrio, hélio, nitrogênio e sódio. Essas imagens serviram como base para a realização de cálculos relacionados ao ângulo de difração, comprimento de onda, frequência e energia quantizada.

O conteúdo foi disponibilizado na plataforma Moodle do Colégio Militar de Salvador, incluindo as imagens espectrais e recursos de apoio, como textos explicativos, simulações e tarefas práticas.

A sequência didática foi estruturada de forma a promover a aprendizagem significativa, incentivando a construção ativa do conhecimento e a conexão com a vida cotidiana. A pergunta central que norteou a sequência foi: “Como os cientistas sabem que substância existe em determinado planeta, estrela ou galáxia, se nunca ninguém foi lá, apenas a luz que chega desses astros celestes até nós?”.

Durante a implementação, foram coletados dados para avaliar a eficácia do produto educacional. Isso incluiu a observação do envolvimento dos alunos, a análise de tarefas e avaliações formativas.

Os dados coletados foram analisados para avaliar o impacto da sequência didática na aprendizagem dos alunos. Essa análise envolveu a identificação de áreas de melhoria e ajustes necessários no produto educacional.

Com base na análise dos dados, foram feitas melhorias na sequência didática para aprimorar a experiência de aprendizado dos alunos.

Como forma de conclusão da sequência didática, foi solicitado aos alunos que elaborassem um relato de experiência, podendo optar por produzir relatórios simplificados ou vídeos curtos.

A sequência didática permanece no AVA, e os resultados da intervenção serão compartilhados com outros educadores para promover sua disseminação e uso.

Assim, a proposta de intervenção por meio do produto educacional seguiu um processo cuidadosamente planejado, envolvendo as seguintes etapas: identificação do problema; definição de objetivos educacionais; criação do produto educacional; implementação; avaliação; e melhoria contínua.

O objetivo principal era fornecer aos alunos uma abordagem significativa para o ensino da espectroscopia, promovendo uma compreensão profunda e uma apreciação da relevância dessa disciplina nas ciências e na vida cotidiana.

Em resumo, a proposta de intervenção foi cuidadosamente elaborada, considerando variáveis relacionadas à aprendizagem dos alunos, desenvolvimento do produto educacional, coleta e análise de dados, adaptações ao longo do processo e avaliação formativa. A pergunta inicial serviu como ponto de partida motivador, e o ambiente virtual de aprendizagem proporcionou um espaço interativo para os alunos explorarem os conceitos da espectroscopia de forma significativa. A continuidade do produto educacional permitirá aprimoramentos contínuos com base nas experiências dos alunos, garantindo uma abordagem eficaz e impactante no ensino deste tópico complexo.

3.2.3. Etapas da aplicação do produto educacional ou SD adotada

3.2.3.1. Etapa 1: Tarefa 1 - Elaboração de Texto Curto:

Nesta etapa inicial, os alunos são convidados a refletir sobre a espectroscopia, um tema novo para muitos deles. Eles são solicitados a compartilhar seus conhecimentos prévios, se os tiverem, sobre como os cientistas descobrem os elementos químicos em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega à Terra. Se não tiverem conhecimentos prévios, são

incentivados a imaginar possíveis processos. Os alunos devem elaborar um texto curto com suas respostas e postá-lo na plataforma, como parte da “Tarefa 1: Elaboração de texto curto”.

3.2.3.2. Etapa 2: leitura do texto inicial e atividade prática:

Na segunda etapa, os alunos leem o “Texto Inicial - Composição Química dos Planetas e Estrelas”. Em seguida, são instruídos a construir um espectroscópio caseiro e realizar as observações descritas no texto. Eles também são convidados a compartilhar suas experiências e impressões sobre o conteúdo e a atividade prática no “Fórum 1 - Análise do Texto Inicial”. Isso incentiva a participação ativa dos alunos e promove a discussão sobre o tema. O texto pode ser visualizado em:

<https://brazilastronomy.wordpress.com/composicao-quimica-dos-planetas-e-estrelas/>

3.2.3.3. Etapa 3: assista ao vídeo “como a mecânica quântica prevê todos os elementos”:

Nesta etapa, os alunos assistem a um vídeo que explora a relação entre a mecânica quântica e a previsão dos elementos químicos. O vídeo oferece uma base teórica sólida para que os alunos compreendam os princípios da espectroscopia. O vídeo pode ser acessado pelo link: https://youtu.be/tq_y1qOmUBE?si=K1b-EbfRjQVOL0Uj.

3.2.3.4. Etapa 4: assista ao vídeo “simulação da dispersão da luz” e realize a simulação:

Os alunos assistem a um vídeo sobre a dispersão da luz e, em seguida, realizam uma simulação desse fenômeno. A simulação ajuda os alunos a visualizar e entender os conceitos relacionados à dispersão espectral. O vídeo, intitulado “Simulação de Dispersão da Luz na Plataforma PhET Colorado”, está disponível no link:

https://youtu.be/cKme_ot2cKk?si=czoPH2CR7vsvCXyi.

Além disso, é fornecido um link direto para a simulação interativa na plataforma PhET Colorado, acessível em:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html

3.2.3.5. *Etapa 5: assista ao vídeo “simulador de interferência e difração” e realize a simulação de interferência e difração de ondas:*

Nesta etapa, os alunos assistem a um vídeo sobre interferência e difração de ondas e, em seguida, realizam simulações desses fenômenos. As simulações aprofundam a compreensão dos conceitos importantes para a espectroscopia. O vídeo, intitulado “Simulação de Interferência e Difração de Ondas na Plataforma PhET Colorado”, está disponível no link: <https://youtu.be/zvdTJE1zhKk?si=TwFiMNSyP8qx2dnW>.

Também é fornecido um link direto para a simulação interativa sobre interferência e difração de ondas na plataforma PhET Colorado, acessível em:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html

3.2.3.6. *Etapa 6: assista ao vídeo “entendendo o experimento de espectroscopia no laboratório de física do CMS” e análise das imagens:*

Os alunos assistem a um vídeo que explica o experimento de espectroscopia realizado em um laboratório de física e examinam imagens dos materiais usados na experimentação. Devem observar cuidadosamente as seguintes imagens

- **Imagem da régua graduada:** Usada para medir as distâncias das raias espectrais de cada lâmpada até a raia central.
- **Imagem da rede de difração:** Mostrando o espaçamento entre as fendas.
- **Imagem do esquema experimental:** Destacando que a medida D é variável e que múltiplas medidas foram realizadas para cada lâmpada.
- **Imagens das raias espectrais para diferentes lâmpadas:** Mercúrio, Hélio, Nitrogênio e Sódio (em experimento adaptado).

O vídeo de produção própria intitulado “Entendendo o Experimento de Espectroscopia no Laboratório de Física do CMS”, está disponível em: <https://youtu.be/lryNJNdIHw0>.

3.2.3.7. Etapa 7: quadro de observação das raias espectrais e cálculos (fórum 2 - análise do experimento e cálculos):

Os alunos preenchem um quadro com informações cruciais, incluindo o comprimento de onda, a frequência e a energia quantizada das raias espectrais de cada lâmpada. Eles também discutem suas descobertas, dúvidas e respostas no Fórum 2 - Análise do experimento e cálculos.

3.2.3.8. Etapa 8: elaboração de relatório simplificado:

Nesta etapa, os alunos produzem um relatório simplificado sobre o experimento, que deve conter:

- 8.1 - Objetivo do Experimento.
- 8.2 - Procedimento Experimental.
- 8.3 - Resultados.
- 8.4 - Discussão.
- 8.5 - Conclusão.
- 8.6 - Referências.

Isso ajuda a consolidar o aprendizado e a promover a habilidade de comunicação escrita.

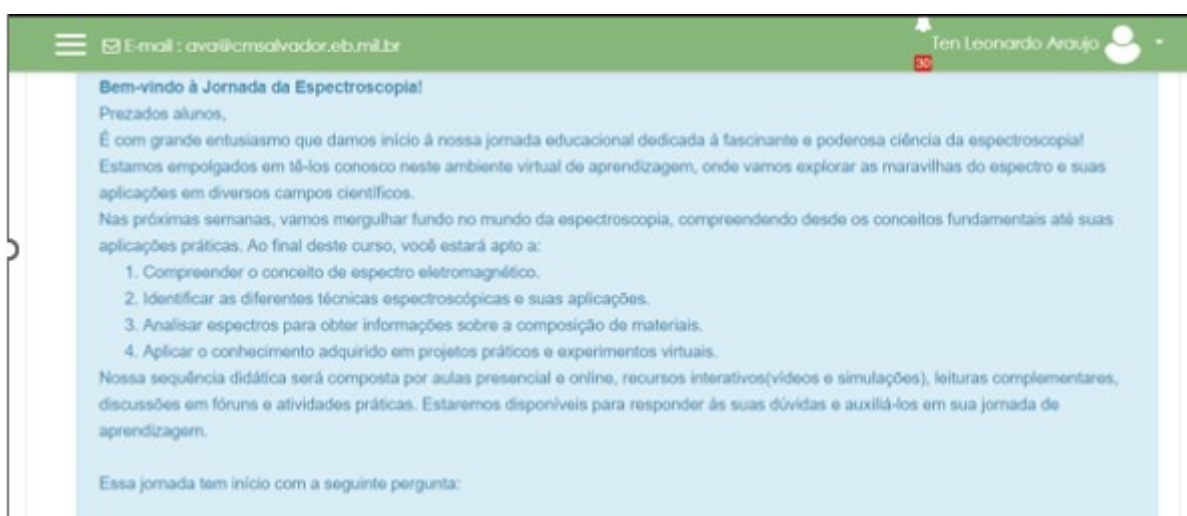
3.2.3.9. Etapa 9: elaboração de vídeo:

Na última etapa, os alunos são convidados a criar um vídeo curto descrevendo sua experiência ao longo da jornada de aprendizado em espectroscopia. Eles podem compartilhar o que aprenderam, as dificuldades enfrentadas e suas percepções sobre possíveis aplicações da espectroscopia. O vídeo deve ser postado como um link no YouTube para compartilhamento.

Essas etapas foram cuidadosamente planejadas para promover a aprendizagem significativa, envolvendo os alunos em atividades práticas, discussões, análises e sínteses, culminando na criação de um vídeo que consolida seus conhecimentos e experiências.

A seguir, são apresentadas imagens da sequência didática e as respectivas etapas estruturadas no ambiente virtual de aprendizagem, além de uma imagem de todo o material utilizado no AVA.

Figura 10 – Estrutura da SD no AVA



The screenshot shows a green header bar with a hamburger menu icon, an email address 'ava@cmsalvador.eb.mil.br', and a user profile for 'Ten Leonardo Araujo'. The main content area has a light blue background and contains the following text:

Bem-vindo à Jornada da Espectroscopia!
Prezados alunos,
É com grande entusiasmo que damos início à nossa jornada educacional dedicada à fascinante e poderosa ciência da espectroscopia! Estamos empolgados em tê-los conosco neste ambiente virtual de aprendizagem, onde vamos explorar as maravilhas do espectro e suas aplicações em diversos campos científicos.
Nas próximas semanas, vamos mergulhar fundo no mundo da espectroscopia, compreendendo desde os conceitos fundamentais até suas aplicações práticas. Ao final deste curso, você estará apto a:

1. Compreender o conceito de espectro eletromagnético.
2. Identificar as diferentes técnicas espectroscópicas e suas aplicações.
3. Analisar espectros para obter informações sobre a composição de materiais.
4. Aplicar o conhecimento adquirido em projetos práticos e experimentos virtuais.

Nossa sequência didática será composta por aulas presencial e online, recursos interativos (vídeos e simulações), leituras complementares, discussões em fóruns e atividades práticas. Estaremos disponíveis para responder às suas dúvidas e auxiliá-los em sua jornada de aprendizagem.

Essa jornada tem início com a seguinte pergunta:

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 11 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



The screenshot shows the same green header bar as Figure 10. The main content area has a light blue background and contains the following text:

"Como os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base apenas na luz que chega até nós?"

Below the text is a photograph of a museum exhibit. The exhibit consists of a large grid of small, square panels arranged in the shape of a periodic table. Each panel displays a colorful spectrum of light. A person in a green coat is standing in front of the exhibit, looking at the panels.

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 12 – Estrutura da SD no AVA (continuação)

E-mail : ava@cmsalvador.eb.mil.br Ten Leonardo Araujo 30

1.0 - Você já ouviu falar sobre como os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós? Se sim, poderia compartilhar o que sabe sobre esse processo? Se não, o que você imagina ser uma maneira possível de os cientistas fazerem essa descoberta?. Elabore um texto e poste em **Tarefa 1 - Elaboração de texto curto**

POR FAVOR, SIGA AS INSTRUÇÕES INDICATIVAS DA SEQUENCIA DIDÁTICA E APROFUNDE OS SEUS CONHECIMENTOS DE FÍSICA.

2.0 - Leia o **Leia o texto inicial - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS PLANETAS E ESTRELAS**, construa o espectroscópio caseiro indicativo e realize as observações descrita no texto. Aqui já torna-se necessário discutir sua experiência a partir do texto inicial, você achou o conteúdo interessante? surgiu curiosidades sobre esse conteúdo, você construiu o espectroscópio caseiro e realizou o experimento? teve alguma dificuldade? (Essa experiência pode ser compartilhada no **Fórum 1 - análise e discussão de texto inicial**).

Agora você pode avançar um pouco mais, vamos lá! continue a seguir as instruções da presente sequência didática, lembrando que conhecimento científico é composto principalmente por três elementos: a observação, a experimentação e as leis. Esse é, em linhas gerais, o método científico.

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 13 – Estrutura da SD no AVA (continuação)

E-mail : ava@cmsalvador.eb.mil.br Ten Leonardo Araujo 30

3.0 - ASSISTA O VÍDEO **Como a mecânica quântica prevê todos os elementos**

4.0 - ASSISTA O Vídeo - **Simulação de dispersão da luz** E REALIZE A **Simulação de dispersão da luz**

5.0 - ASSISTA O Vídeo de **simulação de interferência e difração de ondas** E REALIZE A **Simulação de interferência e difração de ondas**

Se você chegou até aqui. Parabéns! foi um longo e interessante caminho, base do conhecimento, foco da nossa pesquisa (Espectroscopia). Então, acredito que já é capaz de novos desafios. Continue seguindo as instruções da sequência didática. (vai valer mais scores, risos infinitos KKKKKKKKKKKKKKKKKKK...)

6.0 - ASSISTA O Vídeo - **Realização de experimento de espectroscopia no laboratório de física do CMS, TAMBEM É IMPORTANTE VERIFICAR AS IMAGENS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA EXPERIMENTAÇÃO, VOCÊ TERÁ QUE DESCOBRIR, O COMPRIMENTO DE ONDA, A FREQUÊNCIA E A ENERGIA QUANTIZADA DAS RAIAS ESPECTRAIS PARA CADA LÂMPADA.**

6.1- **Imagem de régua graduada, com 70cm de comprimento, são 35cm do centro para os dois lados.**
Sobre essa régua é observado as raias espectrais de cada lâmpada com as respectivas distâncias até a raia central, distância x na **Imagem de esquema experimental**

6.2-**Imagem de rede de difração utilizada.** Rede de difração com espaçamento entre as fendas de (5×10^{-6}) m

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 14 – Estrutura da SD no AVA (continuação)

6.3 - **Imagem de esquema experimental.** É bom frisar que a medida D é variável, para cada lâmpada foi realizado 5 medidas, logo cinco imagens diferentes para cada lâmpada, apenas com a lâmpada de Nitrogênio que foi realizado 4 medidas.

6.4 - imagens para raias espectrais do Mercúrio

6.5 - imagens para raias espectrais do Hélio

6.6 - imagens para raias espectrais do Nitrogênio

6.7 - imagens para raias espectrais do Sódio em experimento adaptado.

Vamos lá! falta pouco. Você está prestes a virar um cientista. Nessa etapa julgamos que você é capaz de observar as imagens obtidas a partir do experimento de espectroscopia do laboratório e extrair importantes informações, nessa perspectiva preencha o seguinte quadro com tais informações.

7.0 - **Quadro com Comprimento de onda das raias espectrais, frequência e energia quantizada (Com modelo teórico e exemplo de cálculos).** Com comprimento de onda para lâmpada de Nitrogênio, Mercúrio, Hélio e Sódio adaptada. Novamente torna-se importante a discussão sobre sua experiência, nessa perspectiva temos o **Fórum de discussão sobre a realização do experimento e medidas.** Aqui pode surgir perguntas e respostas sobre cada espectro encontrado no laboratório, posição de cada raia espectral na régua, como foi possível calcular o ângulo de difração, o comprimento de onda, frequência e energia quantizada de cada raia espectral visível. Preencher os quadros restantes e postar aqui. **Quadro com Comprimento de onda das raias espectrais, frequência e energia quantizada (Com modelo teórico e exemplo de cálculos).** **Tarefa** (Observação: os cálculos serão realizados para cada lâmpada de acordo modelo, só basta preencher, uma quadro para o Nitrogênio e um para o Sódio com a medida "D" da sua preferência, para o Hélio e Mercúrio apenas um quadro não está preenchido, descubra qual e preencha).

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 15 – Estrutura da SD no AVA (continuação)

8.0 - Elabore relatório simplificado sobre o experimento, ele deve conter:

8.1 - Objetivo do Experimento.

8.2 - Procedimento Experimental.

8.3 - Resultados.

8.4 - Discussão.

8.5 - Conclusão.

8.6 - Referências.

Poste aqui: **Elaboração de relatório experimental.**

9.0 - Elabore um vídeo curto descrevendo como foi sua experiência nessa jornada da espectroscopia. Conte o que você aprendeu, conte também o que deixou de entender, será que você seria capaz de pensar na construção de uma aplicação da espectroscopia? comente uma possível aplicação no vídeo (Não precisa aparecer no vídeo, mais se quiser fique a vontade). **Elaboração de vídeo curto relatando como foi sua experiência nessa jornada da espectroscopia.**

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 16 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



The screenshot displays the interface of a Virtual Learning Environment (AVA). At the top, there is a green header bar with a menu icon, an email address (ava@cmsalvador.eb.mil.br), and a user profile for Ten Leonardo Araujo. The main content area lists several tasks:

- Tarefa 1 - Elaboração de texto curto**
Aberto: quinta, 5 out 2023, 15:13
Fecha: quarta, 25 out 2023, 15:13
- Leia o texto inicial**
<https://brazilastronomy.wordpress.com/composicao-quimica-dos-planetas-e-estrelas/>
- Fórum 1 - análise e discussão de texto inicial**
- Como a mecânica quântica prevê todos os elementos**

At the bottom of the task list, there is a video player thumbnail showing a black background with a white play button, the Schrödinger equation $\hat{H}|\psi\rangle = E|\psi\rangle$, and a portion of a periodic table of elements.

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 17 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



The screenshot displays the interface of a Virtual Learning Environment (AVA). At the top, there is a green header bar with a menu icon, an email address (ava@cmsalvador.eb.mil.br), and a user profile for Ten Leonardo Araujo. The main content area features a video player with the title "Video - Simulação de dispersão da luz". The video player shows a simulation of light dispersion, with a black background and a white play button. Below the video player, there is a task titled "Simulação de dispersão da luz".

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 18 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 19 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 20 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 21 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 22 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



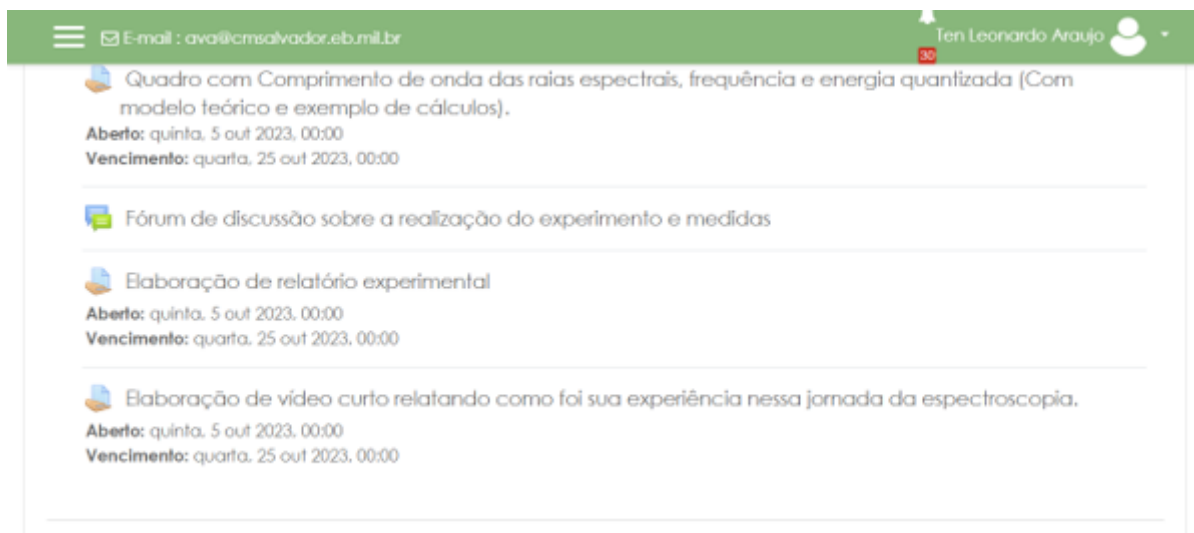
Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 23 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 24 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



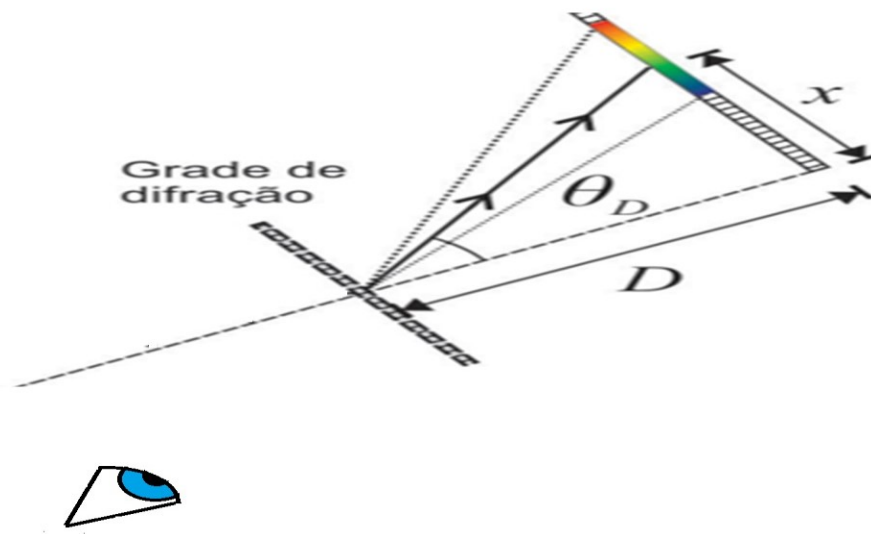
Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 25 – Rede de difração utilizada no laboratório e apresentada na SD no AVA

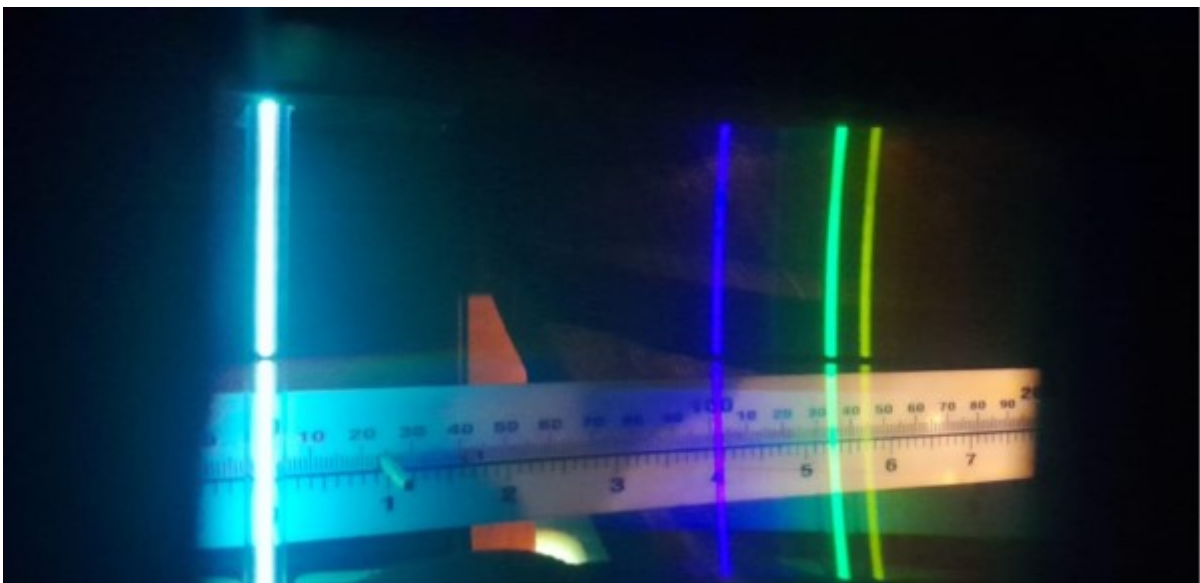


Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 26 – Esquema experimental apresentado no AVA

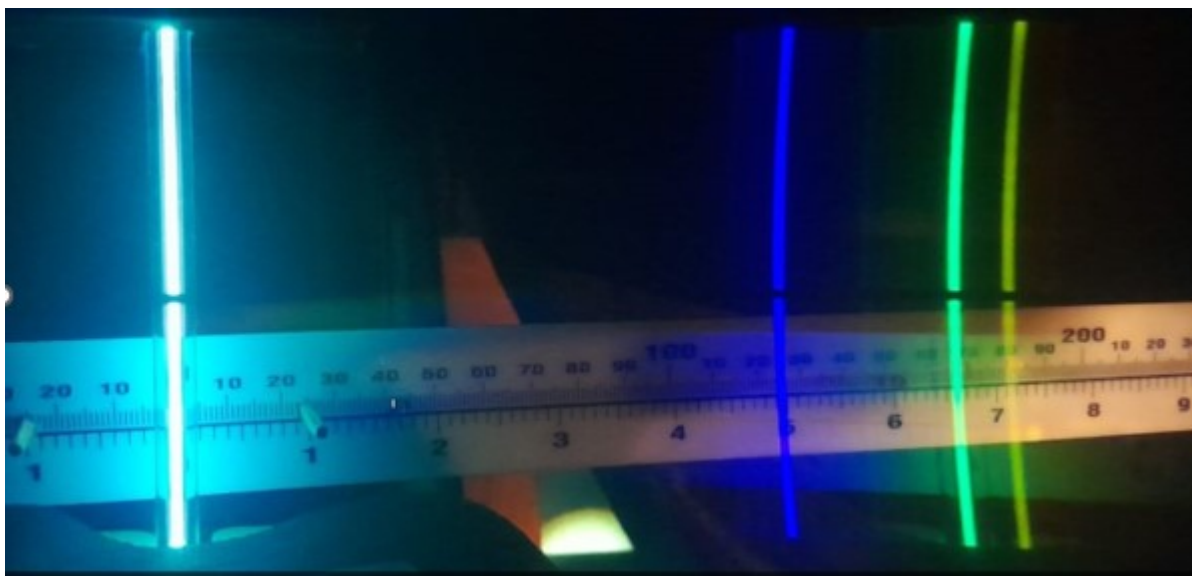


Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

Figura 27 – Mercúrio $D=20\text{cm}$ 

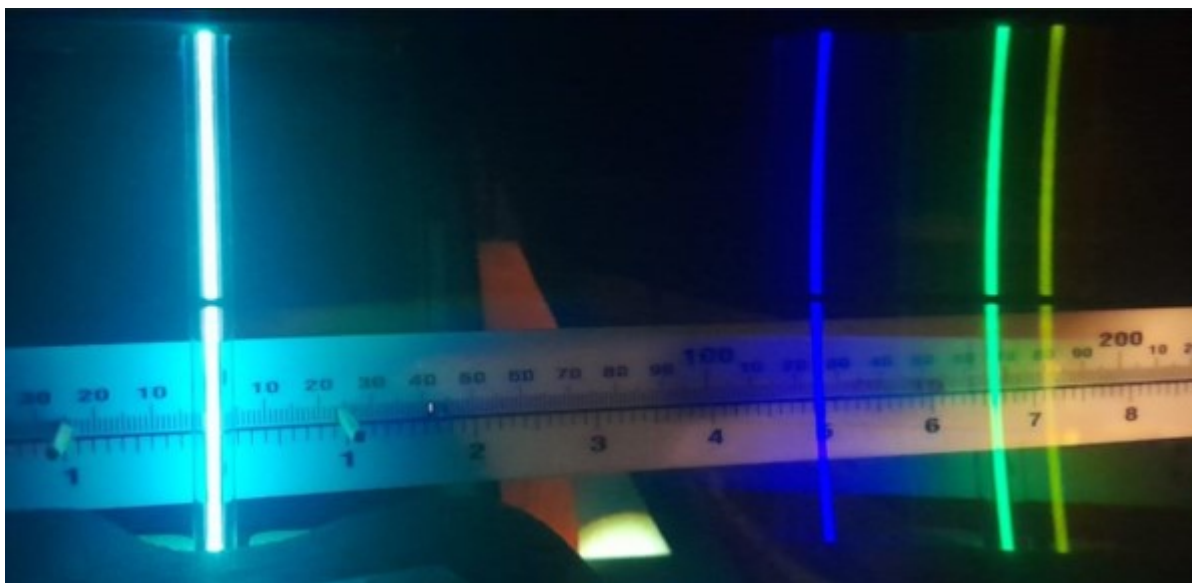
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 28 – Mercúrio D = 25cm



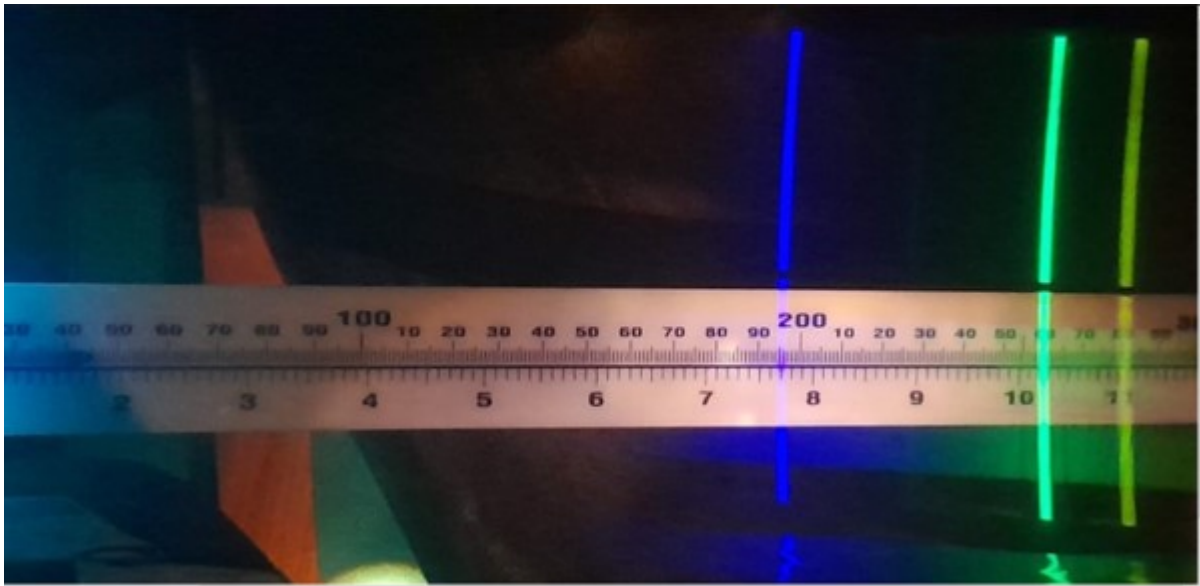
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 29 – Mercúrio D = 30cm



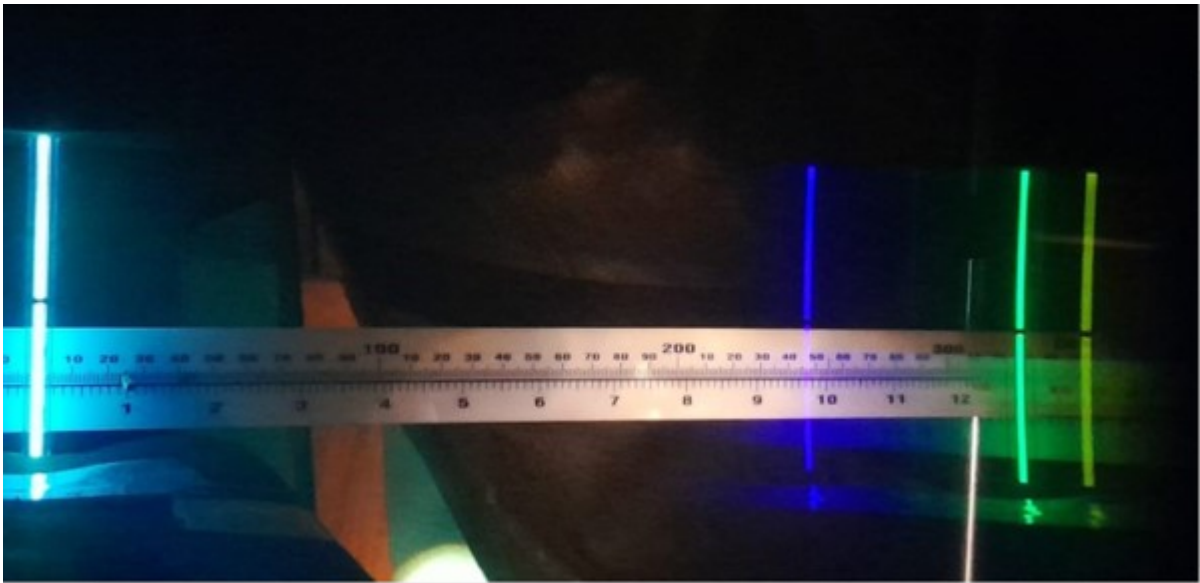
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 30 – Mercúrio D =40cm



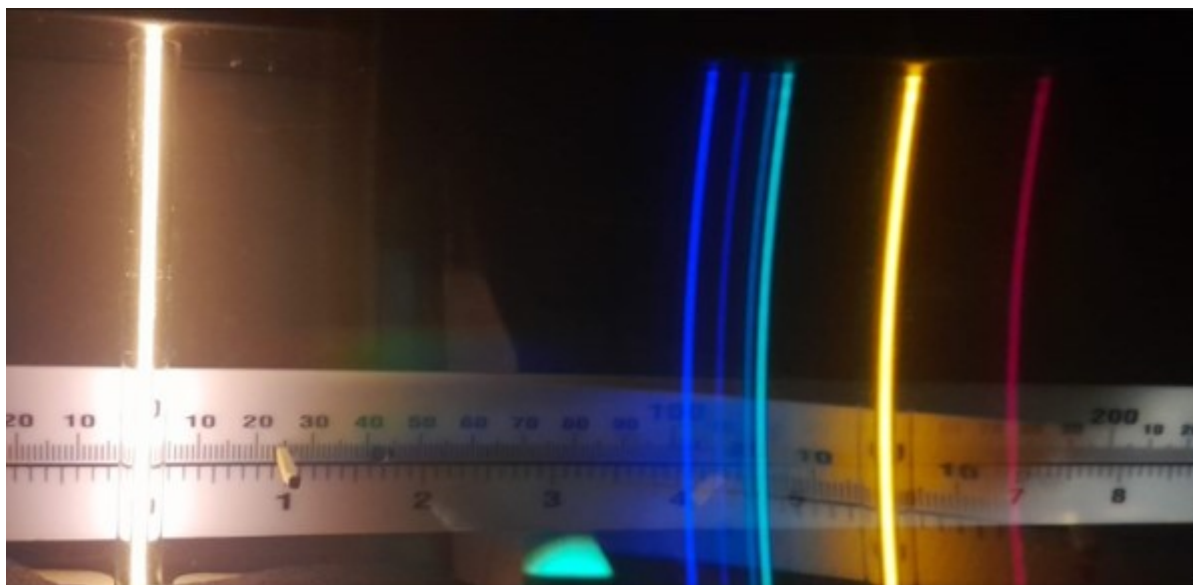
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 31 – Mercúrio D =50cm



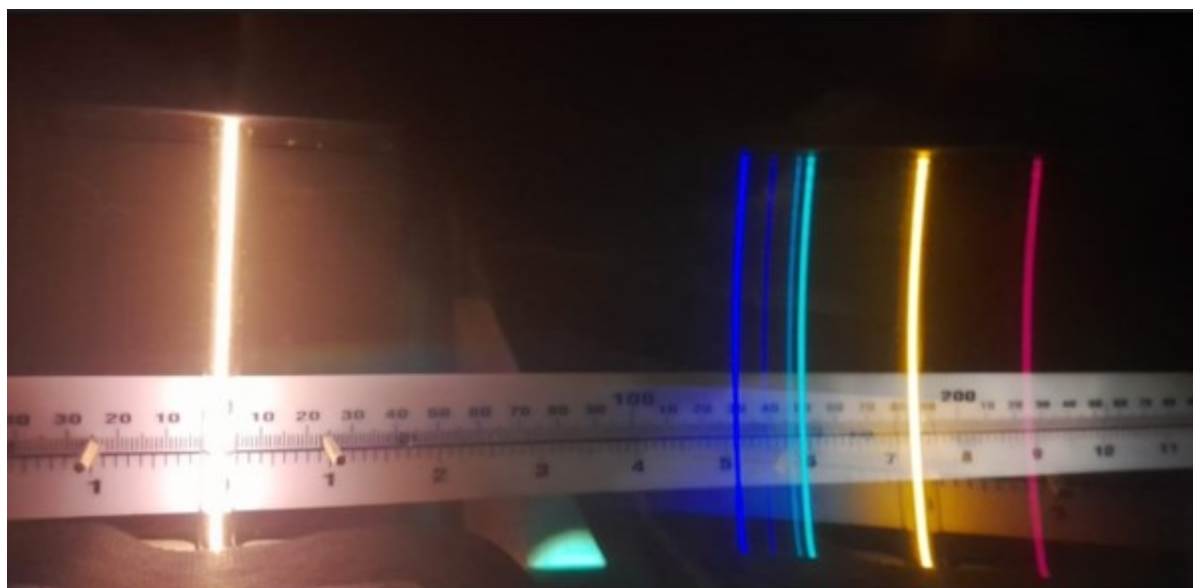
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 32 – Hélio D = 20cm



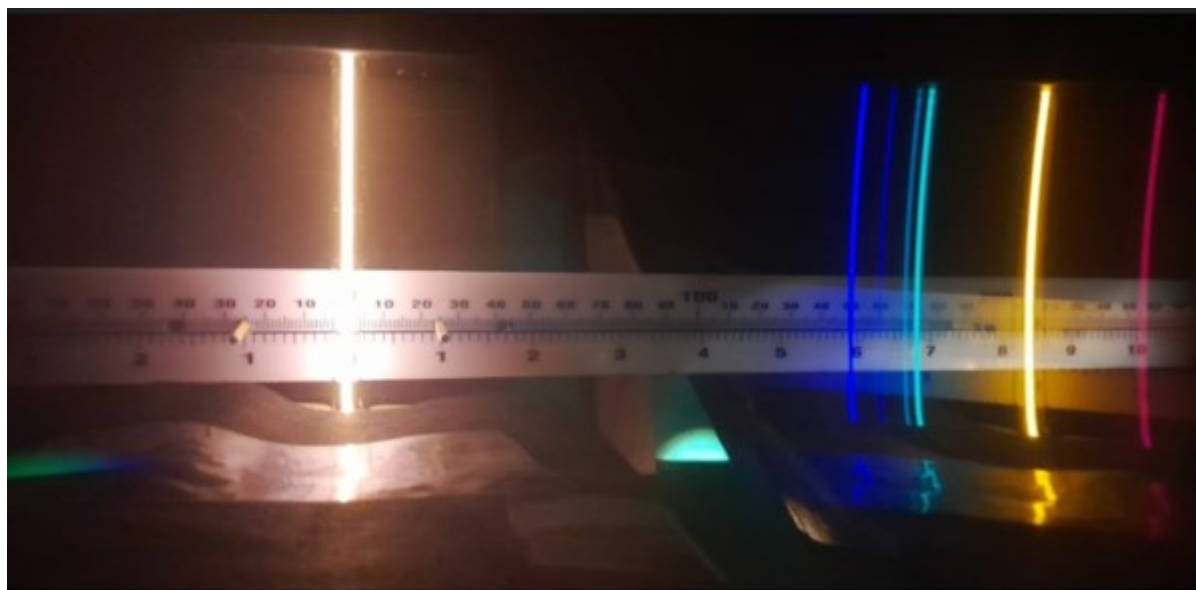
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 33 – Hélio D = 25cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 34 – Hélio D = 30cm



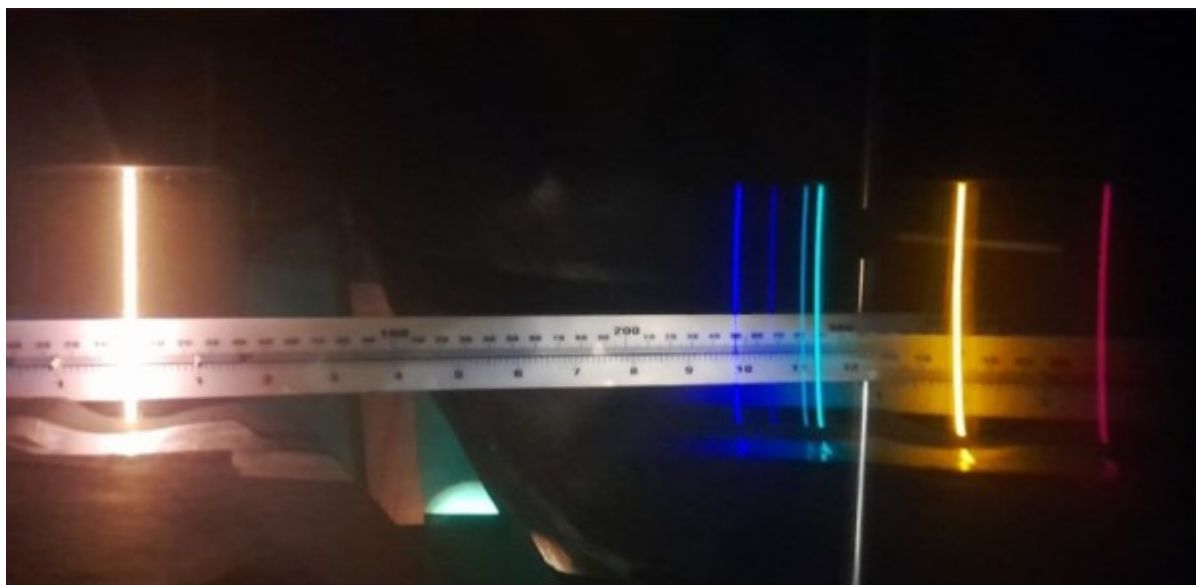
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 35 – Hélio D = 40cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 36 – Hélio D = 50cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 37 – Nitrogênio D = 25cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 38 – Nitrogênio D = 30cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 39 – Nitrogênio D = 35cm



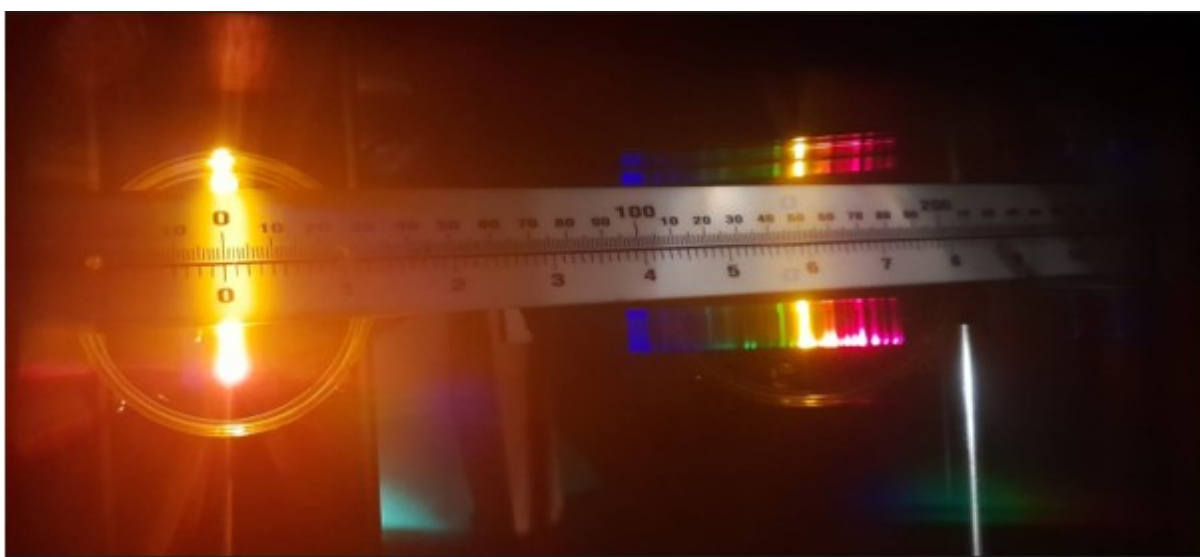
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 40 – Nitrogênio D = 40cm

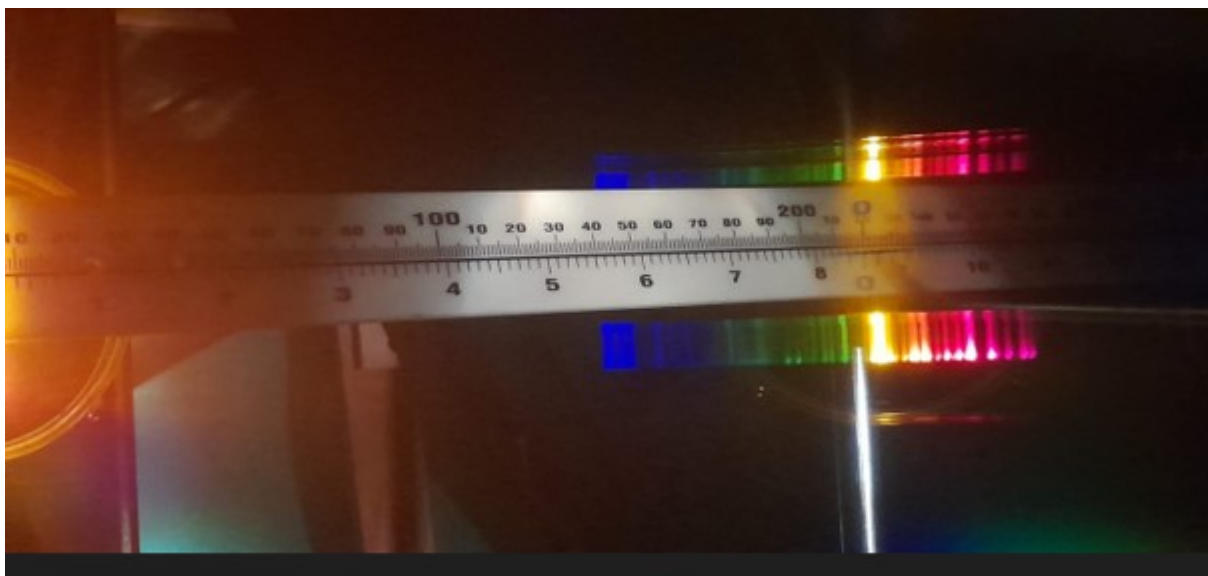


Fonte: Elaborado pelo autor

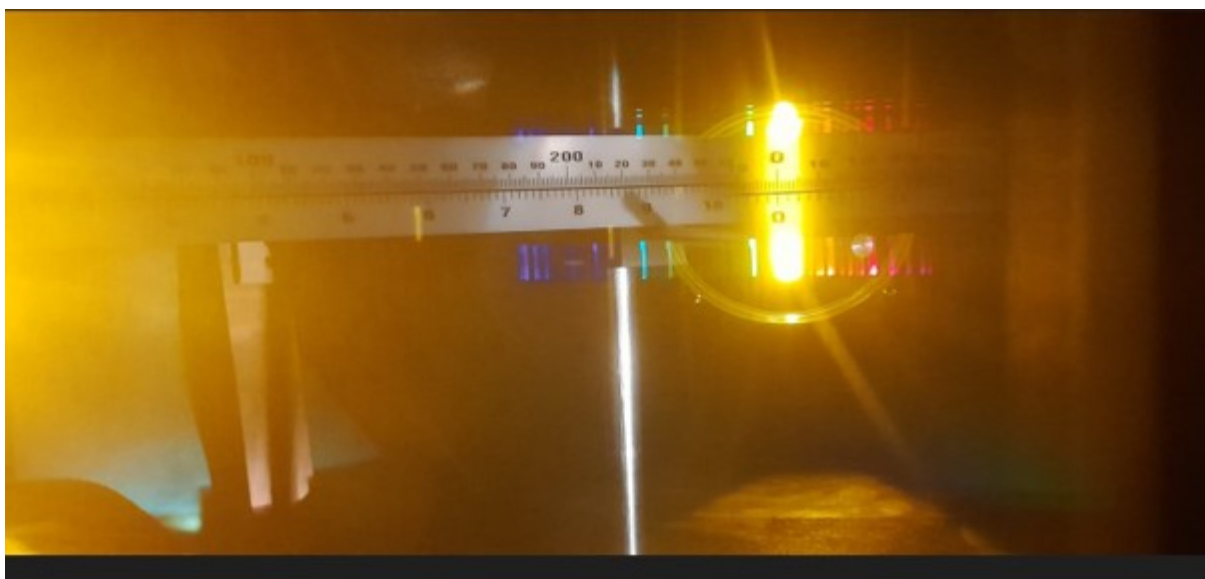
Figura 41 – Sódio D = 20cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 42 – Sódio $D = 30\text{cm}$ 

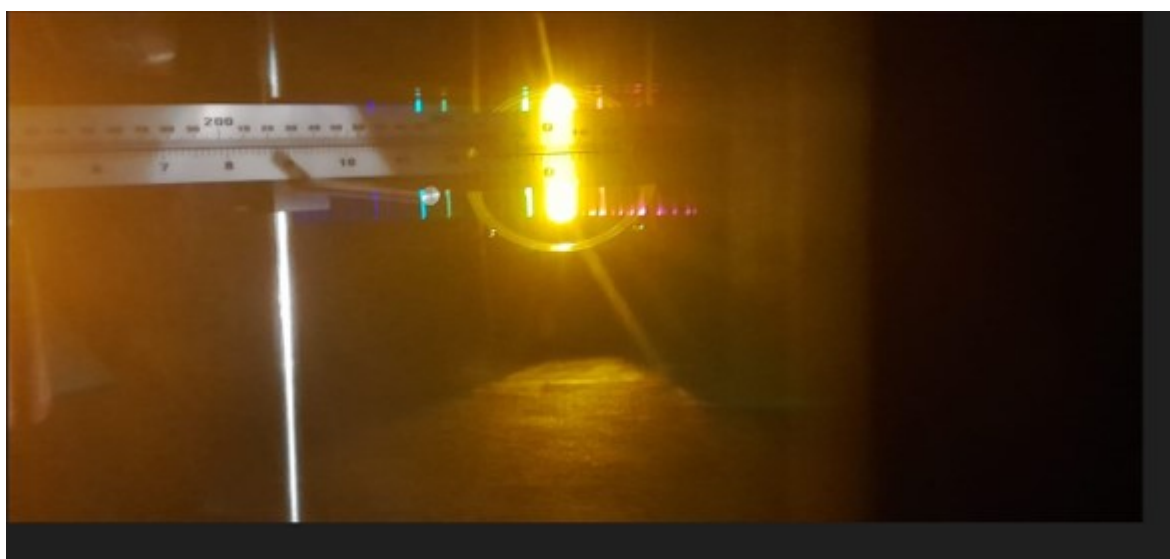
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 43 – Sódio $D = 40\text{cm}$ 

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 44 – Sódio $D = 45\text{cm}$ 

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 45 – Sódio $D = 50\text{cm}$ 

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 46 – Foto com demonstração do aparato utilizado no laboratório em processo de obtenção da melhor nitidez das imagens das raias espectrais



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ESCOLA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O projeto para o ensino de espectroscopia no AVA foi desenvolvido no Colégio Militar de Salvador (CMS). Fundado em 1958, o CMS faz parte do Sistema Colégio Militar do Brasil (SCMB), comprometido com a formação acadêmica e ética dos alunos. Durante a pandemia de COVID-19, a instituição adaptou-se ao ensino remoto para continuar oferecendo educação de qualidade.

Localizado no bairro da Pituba, o CMS possui uma infraestrutura moderna, incluindo laboratórios, espaços esportivos e culturais, além de salas de aula tecnologicamente equipadas. O Projeto Político-Pedagógico (PPP) do SCMB e do CMS orienta a educação com foco em disciplina, respeito e formação cidadã, preparando os alunos tanto academicamente quanto como cidadãos conscientes.

3.3.1. O Projeto Político-Pedagógico do Colégio Militar de Salvador

O Colégio Militar de Salvador, fundado em 28 de janeiro de 1957, oferece uma formação que integra aspectos intelectuais e éticos. Seu Projeto Político-Pedagógico (PPP) é baseado em valores como disciplina, respeito e responsabilidade, visando ao desenvolvimento integral dos alunos.

A instituição adapta-se às demandas contemporâneas da educação, incorporando práticas pedagógicas e tecnológicas. O PPP busca preparar os alunos para enfrentar desafios acadêmicos e sociais, promovendo o pensamento crítico.

A infraestrutura da escola inclui edifícios modernos, salas de aula climatizadas, laboratórios bem equipados e áreas de convivência. A escola oferece suporte tecnológico com computadores e conexão rápida à internet. A segurança dos alunos é uma prioridade, com medidas adequadas em vigor.

O Colégio Militar de Salvador busca proporcionar um ambiente de aprendizado que estimule a curiosidade e a investigação, apoiando a formação integral dos estudantes.

Figura 47 – Pátio Dois de Julho do CMS



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 48 – Laboratório de Ciências do CMS



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 49 – Laboratório de Química do CMS



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 50 – Laboratório de Física do CMS



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 51 – Laboratório de Robótica



Fonte: Elaborado pelo autor

3.4. INSTRUMENTOS, COLETA E ANÁLISE DE DADOS

No contexto da aplicação da sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem, é importante abordar os instrumentos de coleta e análise de dados utilizados no Colégio Militar de Salvador em 2023. Esses instrumentos desempenham um papel fundamental na obtenção e interpretação das informações relacionadas à aprendizagem significativa dos alunos.

Para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre espectroscopia e sua percepção sobre o assunto, foram desenvolvidos questionários online. Esses questionários incluíram perguntas abertas e escalas de classificação, a fim de capturar uma ampla gama de respostas dos alunos.

O ambiente virtual de aprendizagem (AVA) é uma fonte rica de dados. Os registros das atividades dos alunos no AVA foram rastreados para identificar o nível de engajamento, como a frequência de acesso, o tempo gasto em cada módulo da sequência didática e as interações nos fóruns de discussão.

Os questionários foram aplicados antes e depois da implementação da sequência didática, permitindo avaliar as mudanças no conhecimento e na compreensão dos alunos sobre espectroscopia ao longo do curso.

Os registros das atividades dos alunos no AVA foram coletados continuamente durante todo o período da sequência didática. Esses dados incluem informações sobre a participação dos alunos, o acesso aos recursos, a realização de tarefas e a interação com colegas e professores.

As respostas às perguntas abertas nos questionários e as interações nos fóruns de discussão foram analisadas qualitativamente, com o objetivo de identificar padrões, temas emergentes e insights relacionados à aprendizagem significativa. Essa análise possibilitou uma compreensão mais aprofundada das percepções e experiências dos alunos.

Os dados quantitativos, como as respostas dos questionários e os registros de atividades no AVA, foram submetidos a análises estatísticas. Isso incluiu a criação de gráficos e tabelas, bem como a aplicação de testes estatísticos para quantificar o progresso e as diferenças entre os grupos de alunos.

A comparação dos resultados dos questionários aplicados antes e depois da implementação da sequência didática permitiu avaliar o impacto da intervenção na aprendizagem dos alunos. Qualquer melhoria significativa no conhecimento e na compreensão indicou a eficácia do produto educacional.

Com base na análise dos dados, é possível fornecer feedback aos alunos e realizar ajustes na sequência didática para melhor atender às suas necessidades de aprendizagem. Isso cria um ciclo contínuo de aprimoramento no processo educacional.

A utilização de instrumentos eficazes de coleta e análise de dados, no contexto da sequência didática de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem do Colégio Militar de Salvador em 2023, é essencial para monitorar o progresso dos alunos, avaliar a eficácia da abordagem educacional e promover a aprendizagem significativa. Esses métodos permitem que a escola adapte e aperfeiçoe continuamente sua abordagem pedagógica, garantindo o sucesso dos estudantes.

3.5. OUTRAS CARACTERÍSTICAS SINGULARES DA SUA METODOLOGIA

A metodologia enfatiza a realização de experimentos práticos, como a construção de espectroscópios caseiros e a análise de raias espectrais reais. Isso permite que os alunos vivenciem a aplicação direta dos conceitos aprendidos.

O uso do ambiente virtual de aprendizagem como plataforma central da sequência didática demonstra o compromisso com a integração da tecnologia na educação. Os alunos têm acesso a recursos digitais, vídeos explicativos e simulações interativas, enriquecendo o processo de aprendizagem.

A metodologia promove a colaboração entre os alunos por meio de fóruns de discussão e atividades em grupo, incentivando a troca de conhecimento, a discussão de ideias e a construção coletiva do entendimento.

A abordagem inclui avaliações formativas ao longo da sequência didática, permitindo que os professores monitorem o progresso dos alunos e forneçam feedback regularmente. Isso ajuda os estudantes a ajustarem seu aprendizado conforme necessário.

A metodologia busca relacionar os conceitos de espectroscopia com situações do mundo real, como a análise de raias espectrais de lâmpadas reais, permitindo aos alunos perceber a relevância e a aplicabilidade dos conhecimentos adquiridos.

A abordagem é flexível, atendendo às diferentes necessidades e estilos de aprendizagem dos alunos, que podem progredir em seu próprio ritmo e explorar áreas de maior interesse. A equipe de professores do Colégio Militar de Salvador, altamente qualificada, está disponível para orientar e apoiar os alunos durante toda a sequência didática, proporcionando o suporte necessário para que alcancem seus objetivos de aprendizagem.

A metodologia estimula a curiosidade científica dos alunos, incentivando-os a fazer perguntas, explorar conceitos e buscar respostas por meio da experimentação e da pesquisa. Além de avaliar o conhecimento técnico, também são avaliadas habilidades como resolução de problemas, pensamento crítico e comunicação, essenciais para a aprendizagem significativa.

Os alunos são incentivados a assumir um papel ativo em seu processo de aprendizagem, tomando decisões sobre o que e como aprendem, promovendo autonomia e autorregulação. A espectroscopia é um campo da ciência que se destaca por sua forte relação interdisciplinar, estabelecendo conexões significativas com diversas áreas do conhecimento. Essa interdisciplinaridade faz da espectroscopia uma ferramenta valiosa não apenas para a física e a química, mas também para outras disciplinas científicas e tecnológicas.

Essas características da metodologia adotada na sequência didática de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem do Colégio Militar de Salvador, em 2023, refletem o compromisso com a promoção de uma educação de qualidade, voltada para o desenvolvimento integral dos alunos e para a formação de cidadãos críticos e participativos. A abordagem busca não apenas transmitir conhecimento, mas também inspirar a paixão pelo aprendizado e pela exploração científica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA COLETA DE INFORMAÇÕES

A análise dos resultados da coleta de informações no desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem é uma etapa fundamental para garantir que a proposta pedagógica atinja seu principal objetivo: promover a aprendizagem significativa dos alunos.

Para iniciar o processo de desenvolvimento da sequência didática, é crucial realizar uma coleta abrangente de informações. Isso pode envolver a revisão de currículos, a consulta a especialistas na área de espectroscopia, a identificação de recursos disponíveis, além da análise dos padrões de pensamento e do grau de desenvolvimento cognitivo dos alunos. Essa primeira etapa permite que os educadores obtenham uma visão clara do ponto de partida e das necessidades específicas dos estudantes.

Com base nas informações coletadas, é possível definir objetivos e metas de aprendizagem claros. Esses objetivos devem estar alinhados com os princípios da espectroscopia e ser adaptados às características e ao nível de conhecimento dos alunos. É importante estabelecer metas realistas que promovam a aprendizagem significativa, indo além da simples memorização de fatos.

A sequência didática deve ser estruturada de forma a promover a construção ativa do conhecimento pelos alunos. Isso envolve a organização dos conteúdos de maneira lógica e progressiva, a definição de atividades interativas que estimulem o pensamento crítico e a resolução de problemas, além da escolha de recursos adequados para o ambiente virtual de aprendizagem. A sequência deve permitir que os alunos explorem, experimentem e compreendam os conceitos relacionados à espectroscopia de maneira significativa.

Após o desenvolvimento, a sequência didática deve ser implementada no ambiente virtual de aprendizagem. Durante essa fase, é essencial coletar dados para avaliar o progresso dos alunos, o que pode incluir a participação nos fóruns, as avaliações formativas e o feedback dos estudantes.

A análise dos resultados é um processo contínuo e reflexivo. Os dados coletados permitem avaliar se os objetivos de aprendizagem estão sendo alcançados e se os alunos estão construindo um entendimento sólido sobre a espectroscopia. A análise também ajuda a identificar áreas de dificuldade e a necessidade de intervenções pedagógicas.

Com base na análise, o educador pode ajustar a sequência didática para melhor atender às necessidades dos alunos. Esses ajustes podem incluir a adição de novos recursos, mudanças nas atividades ou a revisão dos objetivos. A adaptação e a melhoria contínua são essenciais para garantir a eficácia da sequência didática na promoção da aprendizagem significativa.

A análise dos resultados desempenha um papel crucial no desenvolvimento de sequências didáticas para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem. Trata-se de um processo dinâmico e reflexivo, que busca assegurar que os alunos construam conhecimento e desenvolvam habilidades de maneira significativa. Por meio dessa abordagem, a educação torna-se mais envolvente, relevante e impactante.

4.2. QUESTÕES OU PROBLEMAS QUE ESTÃO SENDO INVESTIGADOS

A dissertação de mestrado, intitulada *Desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem visando à promoção da aprendizagem significativa*, aborda uma série de questões e desafios relacionados ao aprimoramento da qualidade da educação no contexto do ensino de espectroscopia. A pesquisa explora diversas dimensões para compreender como a aprendizagem significativa pode ser promovida de forma eficaz nesse cenário.

A dissertação investiga a importância do ensino de espectroscopia, uma disciplina muitas vezes considerada complexa, no contexto educacional atual. Ela discute estratégias para tornar os conceitos de espectroscopia mais acessíveis e envolventes para os alunos.

A pesquisa analisa como os ambientes virtuais de aprendizagem podem ser utilizados de forma eficaz no ensino de espectroscopia. Isso inclui a seleção de ferramentas tecnológicas, a apresentação dos conteúdos e a interação dos alunos no ambiente virtual.

A dissertação também examina como construir sequências didáticas que promovam a aprendizagem significativa. Isso abrange a organização do conteúdo, o uso de atividades práticas e a adoção de estratégias que incentivem a compreensão profunda dos conceitos de espectroscopia.

Um dos desafios abordados é como manter os alunos motivados e engajados em um ambiente virtual de aprendizagem, especialmente em uma disciplina complexa como a espectroscopia.

Por fim, a pesquisa investiga como avaliar de maneira eficaz a aprendizagem dos alunos no contexto virtual, garantindo que os resultados reflitam o entendimento e as habilidades adquiridas.

A dissertação aborda a adaptação da sequência didática para atender à diversidade de alunos, levando em conta diferentes níveis de conhecimento e estilos de aprendizagem. O objetivo central da pesquisa é promover a aprendizagem significativa, aplicando os princípios de Ausubel no ensino de espectroscopia.

A pesquisa também examina os desafios da educação a distância, como a falta de interação face a face e a necessidade de criar um ambiente virtual envolvente. Além disso, investiga como avaliar a eficácia da sequência didática, considerando não apenas o desempenho dos alunos, mas também a profundidade de sua compreensão e a capacidade de aplicar os conceitos.

Por fim, a dissertação busca entender como a aprendizagem significativa no ensino de espectroscopia pode impactar a educação em geral. A pesquisa contribui para a melhoria da educação no contexto da espectroscopia e da educação a distância, oferecendo insights sobre como projetar sequências didáticas eficazes, promover a aprendizagem significativa e enfrentar os desafios específicos do ensino de disciplinas complexas no ambiente virtual.

4.3. RELATO COM EVIDÊNCIAS PARA A VERIFICAÇÃO DE INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM

Dados de participação, como a frequência razoável nas interações nos fóruns de discussão e as respostas entusiásticas às atividades propostas, demonstraram o interesse dos alunos em aprender e explorar os conceitos de espectroscopia.

Outra evidência de aprendizagem significativa foi a qualidade das discussões e das perguntas dos alunos. Eles não apenas compartilharam informações, mas também levantaram questões desafiadoras e realizaram análises profundas dos conceitos de espectroscopia. Suas perguntas mostraram que buscavam uma compreensão mais aprofundada.

Os alunos também demonstraram um uso efetivo dos recursos virtuais disponíveis no ambiente de aprendizagem. Eles exploraram materiais complementares, como vídeos e simulações, para aprofundar sua compreensão da espectroscopia. Essa iniciativa indica uma abordagem ativa e autodirigida para a aprendizagem.

As avaliações revelaram um desempenho consistente e sólido por parte dos alunos, evidenciando sua habilidade eficaz na aplicação dos conceitos de espectroscopia. Este resultado sugere que houve uma construção significativa de entendimento na disciplina. Notavelmente, a

performance constante nas avaliações ao longo da sequência didática indica que a aprendizagem ocorreu de maneira contínua e sustentada.

Um dos indicadores mais relevantes de aprendizagem significativa foi a capacidade dos alunos de aplicar o conhecimento adquirido. Além de demonstrarem compreensão teórica da espectroscopia, conseguiram aplicar esse conhecimento em situações práticas, como na análise de espectros e na resolução de problemas relacionados.

O *feedback* qualitativo dos alunos também forneceu evidências substanciais de aprendizagem significativa. Muitos expressaram satisfação com a abordagem pedagógica adotada, destacando a clareza dos materiais, a envolvimento das atividades e o desenvolvimento de habilidades críticas. Comentários positivos indicaram uma experiência de aprendizagem de alta qualidade e significativa. Além disso, os alunos demonstraram um alto nível de reflexão sobre seu próprio processo de aprendizagem. Compartilharam insights sobre como sua compreensão da espectroscopia havia evoluído ao longo da sequência didática e como isso impactou sua visão da disciplina. Essa capacidade de autorreflexão é um indicador poderoso de aprendizagem significativa, pois os alunos estavam conectando os novos conhecimentos com suas experiências e entendimentos prévios.

Os diversos indícios de aprendizagem observados durante a implementação da sequência didática para o ensino de espectroscopia em ambiente virtual demonstram que os alunos se engajaram e construíram conhecimento de forma significativa. A combinação de fatores, como o envolvimento ativo, questionamentos desafiadores, uso efetivo de recursos, bom desempenho nas avaliações, aplicação prática do conhecimento, feedback positivo e reflexão dos alunos, reforça a eficácia da abordagem pedagógica na promoção da aprendizagem significativa na área da espectroscopia. Esses indícios validam a importância de estratégias pedagógicas inovadoras e eficazes no ensino de disciplinas desafiadoras em ambientes virtuais.

4.4. DISCUSSÕES COM FOCO NOS RESULTADOS E ARTICULADO COM OS PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E A REVISÃO DA LITERATURA

As respostas dos alunos demonstram diferentes níveis de compreensão sobre o processo de espectroscopia astronômica. Essas respostas fornecem *insights* valiosos para o

desenvolvimento de uma sequência didática que visa promover a aprendizagem significativa dos alunos no tópico da espectroscopia.

A revisão da literatura destaca a importância da espectroscopia como uma ferramenta crucial para os cientistas estudarem a composição química e outras propriedades da matéria. A espectroscopia se baseia na dispersão da luz em diferentes comprimentos de onda e na análise de linhas de absorção e emissão para identificar elementos químicos. A revisão da literatura também ressalta a relevância da aprendizagem ativa e da construção do conhecimento por parte dos alunos.

O quadro a seguir apresenta as respostas dos alunos à pergunta: **“Você já ouviu falar sobre como os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós? Se sim, poderia compartilhar o que sabe sobre esse processo? Se não, o que você imagina ser uma maneira possível de os cientistas fazerem essa descoberta?”**. Essas respostas foram coletadas como primeira etapa da sequência didática criada.

Com base nas respostas dos alunos, é possível identificar que muitos deles possuem conhecimento sobre o processo de determinar quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós. Entretanto, a profundidade de entendimento varia: algumas respostas refletem conceitos mais claros e detalhados, enquanto outras são mais vagas.

A maioria dos alunos menciona a espectroscopia como a principal técnica utilizada para essa finalidade. Compreendem que a luz é dividida em seus diferentes comprimentos de onda, formando um espectro, e que os elementos químicos emitem ou absorvem luz em frequências específicas, resultando em linhas espectrais características. Reconhecem a importância de comparar essas linhas espectrais com dados laboratoriais conhecidos para identificar os elementos presentes.

Muitos alunos também mencionam a ideia de que cada elemento químico possui seu próprio conjunto de linhas espectrais, funcionando como uma “assinatura” química. Eles entendem que essa informação é usada para determinar a composição química dos objetos celestes, sendo aplicada no estudo de estrelas, planetas e galáxias.

Algumas respostas abordam a análise das características do espectro, como a largura das linhas de absorção ou emissão, a intensidade relativa das linhas e outros detalhes que fornecem informações adicionais sobre os objetos astronômicos.

No entanto, também há respostas que indicam falta de conhecimento sobre o assunto, apresentando suposições ou ideias imprecisas, como a crença de que os elementos emitem cores específicas ou a falta de clareza sobre a técnica de espectroscopia.

As respostas dos alunos demonstram uma compreensão geral da espectroscopia astronômica. Eles reconhecem a importância das linhas espectrais na identificação de elementos químicos em galáxias, planetas e estrelas. No entanto, alguns alunos poderiam se beneficiar de uma explicação mais aprofundada sobre o processo, o funcionamento dos espectrógrafos e as aplicações práticas da espectroscopia na astronomia. O quadro com as respostas dos alunos pode ser visualizado no Apêndice A.

Com base nas respostas dos alunos, verifica-se que muitos possuem conhecimento sobre o processo de determinação dos elementos químicos presentes em galáxias, planetas e estrelas a partir da luz que nos alcança. Entretanto, a profundidade desse entendimento varia, com algumas respostas refletindo conceitos mais claros e detalhados, enquanto outras permanecem mais vagas.

A maioria dos alunos destaca a espectroscopia como a técnica principal para tal propósito. Eles compreendem que a luz se desmembra em diferentes comprimentos de onda, formando um espectro, e que os elementos químicos emitem ou absorvem luz em frequências específicas, resultando em linhas espectrais características. Reconhecem a importância de confrontar essas linhas espectrais com dados laboratoriais conhecidos para identificar os elementos presentes.

Dentre os alunos, muitos também mencionam a ideia de que cada elemento químico possui seu conjunto único de linhas espectrais, funcionando como uma “assinatura” química. Essa informação é crucial para determinar a composição química de objetos celestes, e compreendem que essa técnica é aplicada no estudo de estrelas, planetas e galáxias.

Observa-se ainda respostas que analisam características do espectro, como a largura das linhas de absorção ou emissão, a intensidade relativa dessas linhas e outros detalhes que proporcionam informações adicionais sobre os objetos astronômicos.

Entretanto, algumas respostas indicam lacunas no conhecimento, apresentando suposições ou ideias imprecisas, como a crença de que os elementos emitem cores específicas, ou a falta de clareza sobre a técnica de espectroscopia.

As respostas refletem uma compreensão geral da espectroscopia astronômica como uma ferramenta poderosa para determinar a composição química de objetos celestes. Os alunos demonstram reconhecimento das linhas espectrais e sua importância na identificação dos elementos químicos presentes em galáxias, planetas e estrelas. No entanto, algumas respostas

podem se beneficiar de uma explicação mais aprofundada sobre o processo, o funcionamento dos espectrógrafos e as aplicações práticas dessa técnica na astronomia.

A segunda etapa da sequência didática foca na aplicação prática dos conceitos aprendidos no ambiente virtual de aprendizagem, promovendo uma abordagem de aprendizagem significativa no estudo da espectroscopia. Nessa etapa, os alunos são convidados a seguir uma série de passos, conforme descrito no “TEXTO INICIAL - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS PLANETAS E ESTRELAS”. A ideia é que, além de ler o texto e conhecer curiosidades, como a descoberta do elemento hélio e a construção do conhecimento sobre espectroscopia, os estudantes construam um espectroscópio caseiro e realizem as observações sugeridas. O aluno, ao ler o “texto inicial”, é convidado a construir um espectroscópio caseiro e realizar observações de espectros característicos, como o da substância sal de cozinha quando exposta à chama de uma vela.

Essa etapa é fundamental para consolidar o entendimento teórico adquirido na primeira etapa. A construção do espectroscópio caseiro permite que os alunos experimentem na prática o que foi aprendido sobre a decomposição da luz e as linhas espectrais. Além disso, a observação das raias luminosas de diferentes fontes de luz, como lâmpadas e velas, proporciona uma oportunidade única para aplicar os princípios da espectroscopia e entender como ela é utilizada na análise da composição química dos objetos celestes.

Durante essa etapa, os alunos são encorajados a compartilhar suas experiências no “FÓRUM1 - ANÁLISE DO TEXTO INICIAL”. Isso cria um ambiente de discussão e troca de informações, onde os alunos podem compartilhar suas descobertas, dúvidas e desafios encontrados durante a construção do espectroscópio caseiro e as observações realizadas. Essa interação entre os estudantes pode enriquecer o processo de aprendizagem, pois cada um pode contribuir com perspectivas e insights diferentes.

Ao longo dessa etapa, os alunos são incentivados a refletir sobre sua experiência e responder a algumas perguntas-chave, como: acharam o conteúdo interessante? Surgiram curiosidades sobre o conteúdo? Conseguiram construir o espectroscópio caseiro e realizar o experimento com sucesso? Enfrentaram alguma dificuldade?

Essas reflexões e discussões no fórum podem ajudar os alunos a consolidarem seus conhecimentos e esclarecer eventuais dúvidas. Além disso, ao compartilhar suas experiências e desafios, os estudantes podem se sentir mais motivados e engajados na aprendizagem, tornando-a mais significativa. As discussões dos alunos no Fórum 1 podem ser visualizadas no Apêndice B, sob o título Quadro 2.

A análise do Fórum de discussão da sequência didática sobre espectroscopia revela um notável interesse e entusiasmo por parte dos alunos em relação ao conteúdo apresentado. Muitos expressaram que o texto inicial conseguiu despertar sua curiosidade e interesse pelo tema, mesmo sendo relacionado à física, indicando uma eficácia na apresentação do conteúdo.

A construção do espectroscópio caseiro e a realização do experimento foram aspectos que capturaram a atenção dos alunos. Eles destacaram a simplicidade do processo e como foi intrigante observar as raias luminosas de lâmpadas e velas em casa. Esse tipo de experimento prático emerge como uma estratégia eficaz para envolver os alunos, tornando o aprendizado mais significativo.

A maioria dos comentários também reconheceu a importância da espectroscopia na astronomia e como essa técnica revolucionou a compreensão da composição química dos objetos celestes. As referências às leis de Kirchhoff, à descoberta do hélio e ao impacto da espectroscopia na ciência foram pontos positivos que chamaram a atenção dos alunos.

Contudo, alguns estudantes expressaram dúvidas e perguntas sobre a identificação das sombras e a diferenciação entre os elementos no espectro. Isso destaca a necessidade de uma maior explanação ou discussão no fórum para esclarecer essas dúvidas e consolidar o entendimento.

A análise do Fórum de discussão da sequência didática demonstra um elevado nível de envolvimento dos alunos com o conteúdo da espectroscopia, sugerindo que a abordagem utilizada é eficaz em despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes. Ademais, o emprego de experimentos práticos, como a construção do espectroscópio caseiro, parece ser uma estratégia valiosa para o ensino desse tópico complexo.

A etapa 6 e 7 da sequência didática voltada ao estudo da espectroscopia em um ambiente virtual de aprendizagem são fundamentais para que os alunos possam compreender e aplicar os conceitos teóricos aprendidos anteriormente. Essas etapas envolvem a observação de imagens e a extração de informações importantes sobre as raias espectrais das diferentes lâmpadas usadas no experimento. Vamos detalhar essas etapas:

Etapa 6.0 - Assista ao Vídeo: Entendendo o Experimento de Espectroscopia no Laboratório de Física do CMS

Nesta etapa da sequência didática voltada ao estudo da espectroscopia, os alunos são convidados a assistir a um vídeo que desempenha um papel crucial na construção de sua compreensão sobre o intrigante mundo da espectroscopia. O vídeo oferece uma visão detalhada do experimento de espectroscopia realizado no laboratório de física do CMS.

O vídeo é uma ferramenta educacional que serve como meio eficaz para a transmissão de informações complexas de forma acessível e visualmente envolvente. Nele, os alunos são guiados passo a passo pelo experimento, desde a configuração do equipamento até a interpretação dos resultados. A narração cuidadosamente elaborada fornece uma explicação clara dos conceitos-chave, essenciais para a compreensão da espectroscopia.

Além disso, o vídeo apresenta imagens reais do experimento, mostrando a dispersão da luz pelas redes de difração, a formação de espectros de cores e as raias espectrais específicas de diferentes lâmpadas. Isso torna a experiência mais concreta e tangível, permitindo que os alunos visualizem diretamente os fenômenos discutidos.

Assistir a este vídeo é uma etapa crucial para a compreensão da espectroscopia, pois ele serve como uma introdução prática que liga a teoria à experimentação real. Estimula os alunos a desenvolverem uma compreensão sólida dos conceitos abordados, ao mesmo tempo em que desperta seu interesse e curiosidade em relação a essa área da física e da química.

A Etapa 6.0 é um passo importante para preparar os alunos para a análise das imagens experimentais nas etapas subsequentes, onde aplicarão o conhecimento adquirido para extrair informações das raias espectrais das lâmpadas utilizadas no experimento. Dessa forma, o vídeo desempenha um papel fundamental na promoção da aprendizagem significativa, capacitando os alunos a desenvolverem o conhecimento a partir da experimentação e estimulando-os a compreender e interpretar a espectroscopia de maneira autônoma.

Etapa 6.1 - Imagem de Régua Graduada em Milímetros

Nesta etapa, os alunos observam uma imagem de uma régua graduada em milímetros com 70 cm de comprimento, usada no experimento. Sobre essa régua, eles conseguem visualizar as raias espectrais de cada lâmpada, com as respectivas distâncias até a raia central, representada como distância "x" na imagem do esquema experimental.

Etapa 6.2 - Imagem de Rede de Difração

Os alunos também visualizam uma imagem da rede de difração usada no experimento. A rede de difração possui um espaçamento entre as fendas de 6×10^{-6} metros, o que é crucial para a dispersão da luz das lâmpadas e a formação dos espectros.

Etapa 6.3 - Imagem de Esquema Experimental

Nesta etapa, os alunos podem ver uma imagem que representa o esquema experimental. É relevante destacar que a medida "D" é variável, e para cada lâmpada, foram realizadas múltiplas medidas. Para a lâmpada de nitrogênio, foram feitas 4 medidas, enquanto para as outras lâmpadas, foram feitas 5 medidas, resultando em cinco imagens diferentes para cada uma delas.

Etapas 6.4, 6.5, 6.6 e 6.7 - Imagens das Raias Espectrais das Lâmpadas

Nessas etapas, os alunos podem observar imagens das raias espectrais para as diferentes lâmpadas usadas no experimento, como Mercúrio, Hélio, Nitrogênio e uma adaptação para Sódio. Cada imagem mostra as raias espectrais específicas para cada elemento.

Etapa 7.0 - Quadro de Observação das Raias Espectrais

Nesta etapa, os alunos são desafiados a preencher um quadro de observação, comparando as raias espectrais das diferentes lâmpadas e registrando informações como comprimento de onda, frequência e energia quantizada para cada raia espectral. Essa atividade permite que os alunos apliquem os conceitos aprendidos, compreendendo as características espectrais de cada elemento.

Essas etapas são fundamentais para a construção do conhecimento dos alunos sobre espectroscopia, aproximando-os de uma compreensão mais profunda das propriedades da luz e dos elementos químicos. Além disso, essa abordagem prática em um ambiente virtual de aprendizagem contribui para a aprendizagem significativa, permitindo que os alunos apliquem o conhecimento teórico na prática e tirem conclusões reais com base em evidências experimentais.


A seguir, apresentaremos o quadro modelo adaptado e implementado, construído a partir da descrição da observação experimental das raias espectrais do fabricante (ELECTRO-TECHNIC PRODUCTS INC) das lâmpadas. Quando original, continha apenas o comprimento de onda de cada raia espectral para cada lâmpada. Em nossa adaptação, além da coluna do comprimento de onda, adicionamos as colunas de frequência e energia quantizada, assim como as equações utilizadas, memória de cálculo e os quadros já preenchidos para cada distância "D", que é a distância entre a rede de difração e o anteparo sobre a régua. Resta apenas o preenchimento por parte dos alunos do quadro com $D = 25$ cm para a lâmpada de Hélio e $D = 40$ cm para a lâmpada de Mercúrio. O preenchimento do quadro para as lâmpadas de Nitrogênio e Sódio permite que os alunos escolham a medida de "D". A seguir, apresentaremos o resultado (quadro preenchido completo) para alguns alunos. Não será apresentado o quadro preenchido completo para todos os alunos, mas eles estão arquivados no AVA, totalizando 18 documentos para grupos de um total de 98 alunos, distribuídos em quatro turmas de 2º ano do Ensino Médio, com no máximo 5 alunos por grupo.

Um aspecto notável é que, ao analisar os quadros preenchidos pelos alunos, ficou evidente que todos conseguiram utilizar o modelo com sucesso. Realizaram os cálculos e preencheram os quadros de acordo com o esperado, demonstrando domínio do conceito de espectroscopia. Além disso, é importante destacar que os cálculos, em sua maioria, não são

repetitivos e idênticos entre os alunos, indicando que não houve cópias de um para o outro. As cópias que ocorreram foram justificadas, pois durante a realização, foi solicitado pelos estudantes que essa etapa da SD fosse realizada em grupos, visto que seria muito desgastante o preenchimento individual, sendo concedida pelo professor. Isso demonstra que os alunos realizaram o experimento de forma independente, compreendendo os princípios da espectroscopia e aplicando-os de maneira única em cada caso.

A etapa incentiva a participação ativa dos alunos, estimulando sua autonomia na aplicação prática dos conceitos de espectroscopia. O modelo se mostrou eficaz na promoção da compreensão e aplicação dos princípios da espectroscopia, incentivando também a originalidade e a individualidade na análise dos resultados. Essa abordagem é eficaz para o ensino de ciências, pois a experimentação e a compreensão prática são essenciais para o desenvolvimento de habilidades científicas.

Figura 52 – Quadro com o modelo teórico adaptado do fabricante das lâmpadas, preenchidos com os comprimentos de onda a frequência e a energia quantizada, disponibilizado no AVA.



MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COLÉGIO MILITAR DE SALVADOR

Ao final desse quadro teórico e experimental, temos exemplo de como calcular o comprimento de onda, a frequência e a energia. Aqui você ou equipe precisa preencher ao menos uma tabela, com D = 25cm para o Hélio, com D = 40cm para o mercúrio, e uma medida para cada cor da raia para o Nitrogênio e Sódio, independente da distância D. Observe que as tabelas para o Mercúrio e Hélio já estão preenchidas, faltando apenas as de 40cm e 25cm respectivamente. (Observação: essas tabelas e resultados precisam ser discutidas tanto no fórum, quanto na elaboração do relatório, faça comparação dos resultados obtidos com o que diz a teoria, discuta da melhor forma, com seriedade e honestidade). Lembrando que temos ao menos 60% da nota da A7.

OBSERVANDO OS ESPECTROS

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)
Violeta	4000
Violeta	4000
Violeta	4000
Azul	4500
Azul	4550
Azul	4550
Azul	4800
Verde	5000
Verde	5100
Amarelo	5850
Vermelho	6500
Vermelho	6800
Vermelho	7200

D = 20cm

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Violeta	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			
Azul			
Azul	$4,543 \times 10^{-7} \text{m} = 4543 \text{Å}$	$6,6 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,378 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul	$4,751 \times 10^{-7} \text{m} = 4751 \text{Å}$	$6,31 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,18 \times 10^{-19} \text{J}$

Fonte: Elaborado pelo autor

A maioria dos alunos reenviou o arquivo modelo preenchido com as medidas que faltavam. Em alguns casos, sintetizaram as informações em um único quadro. Essa iniciativa será importante para a melhor interpretação dos resultados e para a elaboração dos comentários no relatório. A partir dessa observação, identificamos dois tipos de entregas: uma com as informações de cada lâmpada em um quadro separado e outra com as informações de todas as lâmpadas em um único quadro. Ressalta-se que foram entregues 32 quadros preenchidos, conforme solicitado, e que estão arquivados no AVA.

Figura 53 – Quadro do Al 5365, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato de reenvio como no modelo para $D = 40\text{cm}$ com lâmpada de Mercúrio

D = 40cm
 MODELO 4607 MERCÚRIO (Hg VAPOR). ESPECTRO FORTE COMPOSTO POR 3 LINHAS VIOLETA, 1 VERDE, 1 AMARELA E 1 LARANJA. LÂMPADAS DE MERCÚRIO SÃO USADAS COMO FONTES DE LUZ PARA ESTES COMPRIMENTOS DE ONDA

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
azul	$4,4 \times 10^{-7} \text{m} = 4908 \text{Å}$	$6,8 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,5 \times 10^{-19} \text{J}$
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Verde	$5,7 \times 10^{-7} \text{m} = 4908 \text{Å}$	$5,5 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,7 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde			
Verde			
Ciano	$5,4 \times 10^{-7} \text{m} = 4908 \text{Å}$	$5,5 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,7 \times 10^{-19} \text{J}$
Amarelo			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 54 – Quadro do Al 5365, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato de reenvio como no modelo para D = 30cm com lâmpada de Sódio (adaptada).

MODELO ADAPTADO SÓDIO (Na VAPOR). ESPECTRO DA LUZ EMITIDA POR UMA LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO DE BAIXA PRESSÃO.

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
	$\lambda_Y = d \cdot \text{sen}(\theta_p) / m$	$c = \lambda_Y \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_Y$
Violeta	$7,54 \times 10^{-7} \text{m}$	$3,97 \times 10^{14} \text{Hz}$	$2,63 \times 10^{-19} \text{J}$
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Azul	$6,89 \times 10^{-7} \text{m}$	$4,35 \times 10^{14} \text{Hz}$	$2,88 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul			
Azul			
Azul			
Verde	$8,55 \times 10^{-7} \text{m}$	$3,5 \times 10^{14} \text{Hz}$	$2,32 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde			
Verde			
Verde			
Amarelo	$5,735 \times 10^{-7} \text{m}$	$5,23 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,17 \times 10^{-19} \text{J}$
Amarelo			
Amarelo			
Amarelo			
Laranja	$5,896 \times 10^{-7} \text{m}$	$5,08 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,37 \times 10^{-19} \text{J}$
Laranja			
Laranja			
Laranja			
Vermelho	$5,970 \times 10^{-7} \text{m}$	$5,02 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,33 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 56 – Quadro do Al 5365, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato de reenvio como no modelo para D = 25cm com lâmpada de Hélio.

D=25cm

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Violeta	$\lambda_v = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_v \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_v$
Violeta			
Violeta			
Azul	$4,6 \times 10^{-7} \text{ m}$	$6,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$	$4,3 \times 10^{-19} \text{ J}$
Azul	$4,8 \times 10^{-7} \text{ m}$	$6,25 \times 10^{14} \text{ Hz}$	$4,14 \times 10^{-19} \text{ J}$
Azul			
Azul			
Ciano	$5,15 \times 10^{-7} \text{ m}$	$5,18 \times 10^{14} \text{ Hz}$	$3,86 \times 10^{-19} \text{ J}$
Verde			
Amarelo	$5,984 \times 10^{-7} \text{ m}$	$5,04 \times 10^{14} \text{ Hz}$	$3,14 \times 10^{-19} \text{ J}$
Vermelho	$6,668 \times 10^{-7} \text{ m}$	$4,49 \times 10^{14} \text{ Hz}$	$2,98 \times 10^{-19} \text{ J}$
Vermelho			
Vermelho			

Já outro grupo de alunos, enviou o arquivo em quadro sintético, hora comentado com destaque positivo aqui. Tal como segue:

Figura 57 – Quadro do Al 4679, para as medidas do comprimento de onda, frequência e energia quantizada entregue pelos alunos no formato sintético de acordo com o modelo.

DIFRAÇÃO/COR	TETA	COMPRIMENTO	FREQUÊNCIA	ENERGIA
Hélio 25cm				
Azul 1	27.47	$4,613 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4613 \text{ Å}$	$6,503 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$4,312 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Azul 2	28.72	$4,804 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4804 \text{ Å}$	$6,242 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$4,138 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Azul 3	30.46	$5,068 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5068 \text{ Å}$	$5,918 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,924 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Verde	30.96	$5,143 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5143 \text{ Å}$	$5,831 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,411 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Amarelo	36.5	$5,947 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5947 \text{ Å}$	$5,043 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,344 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Vermelho	41.99	$6,690 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 6690 \text{ Å}$	$4,483 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$2,972 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Nitrogênio 35cm				
Azul	27.22	$4,573 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4573 \text{ Å}$	$6,559 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$4,347 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Verde	32.15	$5,320 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5320 \text{ Å}$	$5,638 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,738 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Amarelo	35.54	$5,813 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5813 \text{ Å}$	$5,160 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,422 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Vermelho	40.6	$6,508 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 6508 \text{ Å}$	$4,609 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,06 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Mercúrio 40cm				
Violeta	25.99	$4,381 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4381 \text{ Å}$	$6,846 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$4,539 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Verde	32.92	$5,435 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5435 \text{ Å}$	$5,520 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$5,520 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Verde	34.99	$5,733 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5733 \text{ Å}$	$5,232 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,468 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Sódio 30cm				
Violeta	25.02	$4,228 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4228 \text{ Å}$	$7,092 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$4,703 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Azul	28.07	$4,705 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4705 \text{ Å}$	$6,375 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$4,227 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Verde	33.69	$5,547 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5547 \text{ Å}$	$5,407 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,586 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Amarelo	35.63	$5,826 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5826 \text{ Å}$	$5,149 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,413 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Laranja	36.87	$6 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 6000 \text{ Å}$	$5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,315 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Vermelho	38.66	$6,247 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 6247 \text{ Å}$	$4,801 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	$3,184 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Tabela A7 física

Turma: 204

Fonte: Elaborado pelo autor

O Fórum 2, destinado à análise do experimento e cálculos, é um espaço para compartilhar descobertas e dúvidas sobre os espectros encontrados no laboratório. É importante discutir a posição das raias espectrais na régua, como calcular o ângulo de difração, o comprimento de onda, a frequência e a energia quantizada. A interação entre os participantes é crucial, pois cada aluno pode ter obtido dados ligeiramente diferentes.

Nesse fórum, será necessário comentar os resultados dos cálculos e do preenchimento dos quadros experimentais. É importante relatar as dificuldades e interpretações do experimento. A comparação direta entre as fontes de luz ajudará a identificar padrões ou discrepâncias nos resultados.

A interação entre os alunos aumenta nesse momento, pois é uma das partes mais empolgantes do experimento, quando teorias e cálculos se encontram com a prática.

Portanto, é fundamental que todos participem ativamente do Fórum 2, compartilhando suas observações, dúvidas e descobertas. A colaboração entre os alunos ajudará a aprofundar o entendimento da física e da espectroscopia, gerando resultados confiáveis que contribuirão para o sucesso do experimento. As discussões dos alunos no Fórum 2 podem ser visualizadas no Apêndice C.

A análise do Fórum 2 revelou que os participantes enfrentaram uma ampla gama de desafios e conquistas durante a Etapa 7 do experimento. A elaboração das tabelas foi considerada uma tarefa interessante, mas desgastante. O uso de calculadoras científicas facilitou os cálculos e a colaboração com outros participantes foi útil para esclarecer dúvidas.

Alguns participantes tiveram dificuldades em realizar os cálculos e aplicar as fórmulas, mas conseguiram superar essas adversidades com pesquisa e esforço. O procedimento experimental foi bem estruturado, mas desafiador. Interpretar as imagens do espectro de cada lâmpada e medir as diferentes raias espectrais exigiu atenção aos detalhes e trabalho cuidadoso. Essa etapa contribuiu para a compreensão da importância da precisão em experimentos científicos.

A observação das linhas espectrais das lâmpadas de Nitrogênio, Mercúrio, Hélio e Sódio foi descrita como impressionante e gratificante. Cada lâmpada apresentou um conjunto distinto de linhas, o que possibilitou a correlação com elementos específicos. Alguns participantes tiveram dificuldades na compreensão da tabela, mas o material didático fornecido foi útil para esclarecer dúvidas.

A divisão das tarefas entre os participantes foi uma estratégia eficaz para superar desafios. A colaboração e o trabalho em equipe foram essenciais para o sucesso da etapa. Uma pergunta intrigante surgiu sobre qual referencial deve ser considerado para encontrar o valor da

distância. A paralaxe também foi mencionada como um fator que precisa ser considerado nas medições.

Alguns participantes expressaram dificuldades na compreensão dos conceitos de energia durante o experimento. No entanto, alguns elogiaram a qualidade dos vídeos e sites de simulação, afirmando que foram didáticos e facilitaram a compreensão do assunto.

O Fórum 2 forneceu uma visão abrangente dos desafios e sucessos dos participantes durante a Etapa 7 do experimento. É evidente que a colaboração, o uso de ferramentas como calculadoras científicas e a compreensão do material de apoio desempenharam um papel fundamental na superação das dificuldades encontradas ao longo do processo. Essa experiência contribuiu para um aprendizado mais completo e prático sobre espectroscopia e física.

Na Etapa 8 da sequência didática, os alunos enfrentam o desafio de compilar um relatório a ser apresentado no formato PDF, aplicando concretamente os conhecimentos adquiridos ao longo do processo educacional. Este relatório é composto por seções específicas que visam estruturar de maneira clara e abrangente a experiência:

8.1 - Objetivo do Experimento: Nesta seção, os alunos são instados a definir com precisão o objetivo do experimento de espectroscopia. Isso inclui a explicação clara dos objetivos buscados e a finalidade da investigação, geralmente focada na análise das raias espectrais de diferentes lâmpadas para a determinação do comprimento de onda, frequência e energia quantizada de cada raia.

8.2 - Procedimento Experimental: Os alunos são desafiados a fornecer uma descrição minuciosa do procedimento experimental seguido. Este relato deve abranger desde a montagem do aparato experimental, as medições realizadas, o emprego da rede de difração até qualquer outra informação crucial para a execução do experimento. A clareza das instruções é vital, garantindo que outro pesquisador possa replicar o experimento com base nessas descrições.

8.3 - Resultados: Nesta seção, os alunos apresentam os resultados obtidos durante o experimento. Isso pode envolver tabelas, gráficos ou qualquer forma de representação dos dados. É essencial listar os valores de comprimento de onda, frequência e energia quantizada para cada raia espectral e para cada lâmpada utilizada.

8.4 - Discussão: A discussão é a fase em que os alunos interpretam os resultados. Eles devem explicar as tendências e padrões observados nos dados, comparar as raias espectrais de diferentes lâmpadas e discutir discrepâncias ou erros experimentais. Esta seção também proporciona um espaço para explorar o significado dos resultados à luz dos conceitos de espectroscopia e da teoria abordada ao longo da sequência didática.

8.5 - Conclusão: Na conclusão, os alunos resumem as principais descobertas do experimento. Destacam se os objetivos foram alcançados e compartilham as aprendizagens obtidas no processo. Além disso, podem sugerir melhorias no experimento ou áreas de pesquisa futura relacionadas à espectroscopia.

8.6 - Referências: Por último, os alunos devem listar todas as fontes de informação, materiais e recursos utilizados durante o experimento, incluindo literatura consultada, manuais de laboratório e materiais específicos fornecidos na sequência didática.

A elaboração desse relatório simplificado permite aos alunos aplicar seu conhecimento teórico à prática e desenvolver habilidades importantes, como a comunicação clara e organizada dos resultados de pesquisa. A conclusão dessa etapa representa o fim da sequência didática e o domínio da capacidade de realizar e relatar experimentos científicos com sucesso. Segue a imagem do relatório simplificado produzido pelos alunos. Os relatórios, arquivados no AVA, possuem capa e contracapa. A atividade, assim como a construção dos quadros e a produção dos vídeos, pode ser realizada individualmente ou em grupo.

Figura 58 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 5365 individual

O objetivo do experimento era calcular o comprimento de onda, frequência e energia quantizada das raia espectrais coloridas. O procedimento foi complexo em uma primeira análise, entretanto, após consultar os cálculos feitos pelo professor Leonardo ficou mais simples continuar a realização da tabela partindo da observação das imagens publicadas no AVA mesmo com a dificuldade em achar as distâncias de cada raia espectral até a raia referencial.

Os resultados foram todos em notação científica, fiz os cálculos juntamente com colegas de trabalho, e juntos podemos perceber certa similaridade nos resultados, utilizando os ângulos de difração, calculadora científica, constante de Planck e a velocidade da luz no vácuo, que se relacionam diretamente com a espectroscopia.

Ademais, conferi os resultados dos meus cálculos com as medidas oficiais de cada espectro (azul, verde, ciano, vermelho e amarelo) e todos estavam próximos dos valores, já que o professor em sala de aula disse que não era possível obter um valor exatamente igual aos dados reais, devido a imagem e qualidade da foto.

Certamente obtive uma noção básica da espectroscopia e como se calcula algumas informações de uma luz propriamente dita, foi um experiência interessante e com a ajuda do professor foi possível confeccioná-la com clareza.

REFERÊNCIAS:

- <https://brazilastronomy.wordpress.com/composicao-quimica-dos-planetas-e-estrelas/>
- Material didático postado no ava.
- <https://www.malvernpanalytical.com/br/products/technology/spectroscopy/>

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 59 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4983 individual

Relatório Espectroscopia

1. Introdução

O presente relatório objetiva relatar a experiência em espectroscopia e cálculo do comprimento de onda, frequência e energia.

2. Desenvolvimento

Com as experiências mostradas no AVA e a orientação dos trabalhos, foi possível realizar os cálculos.

Um problema é definir a diferenciação das cores, por vezes com dificuldade em definir a diferenciação do violeta para azul, amarelo e laranja, laranja e vermelho.

Outro problema, foi a leitura das escalas, por vezes estimada devido a pouca nitidez da fotografia disponibilizada (uma parte da régua estava nítida, a outra bem desfocada - profundidade de campo em fotografia). Um outro problema é a paralaxe da leitura, ou seja, ao se realizar uma leitura de um valor muito na diagonal, ocorre um erro conhecido como erro de paralaxe, afetando a leitura correta desse valor.

Como os cálculos são repetitivos, o trabalho, após ser feitas as leituras, era braçal. Portanto ao se automatizar o cálculo em uma planilha, bastava apenas inserir o valor da leitura e a distância que o restante era calculado de maneira automática.

3. Conclusão

Da análise dos números apresentados, percebe-se que quanto maior o comprimento de onda medido, menor é a frequência calculada e a energia daquela faixa do espectro.

Interessante a quantidade de conhecimentos empregados para a obtenção dos números, envolvendo matemática (seno, arco tangente, relação métricas nos triângulos), conhecimentos de química e as características dos elementos estudados e a interação com astrofísica e ótica, possibilitando conhecer a constituição química de estrelas, planetas e galáxias.

Dessa forma, o experimento é muito interessante por mostrar como a ciência pode contribuir em diversos campos.

Uma informação extra, meu pai repassou que para a manutenção em aviação, a análise espectrométrica de óleo das turbinas (motores) e caixas de transmissão é importante para definir as intervenções e otimizar a manutenção dos equipamentos e melhorar a disponibilidade de uma frota, ao se verificar se o desgaste dos componentes está dentro da normalidade ou não (manutenção preditiva).

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 60 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4473 e grupo

Objetivo do experimento:

A partir de um espectroscópio, estudar os feixes de luz produzidos por cada elemento apresentado (Mercúrio, Hélio, Nitrogênio e Sódio) e, em função disso, deduzir o comprimento, a frequência e a energia quantizada de cada onda eletromagnética apresentada. O experimento do espectroscópio consiste em um conjunto óptico, com um anteparo e uma janela acoplada, juntamente com uma rede de refração conhecida. Além disso, há um suporte para tubo espectral, capaz de acoplar lâmpadas de diversas composições, como hélio. A fonte do experimento consiste num disparador, responsável por acender a lâmpada em estudo.

Procedimento experimental:

A partir do disparador, ativar o experimento do espectroscópio, observando as raiais espectrais do elemento químico da lâmpada, pela janela acoplada. Com as informações obtidas e valores já conhecidos, é preciso deduzir o valor do comprimento de onda de cada raia, da frequência e da energia quantizada, por meio das fórmulas especificadas na tabela de observação dos raios espectrais. Para encontrar o ângulo da fórmula, basta utilizar $\text{tg } z = x/D$, em que x é a distância da raia espectral da raia de referência, e D é a distância da rede de difração ao anteparo. Ambas as variáveis são definidas com a experimentação.

Resultados do experimento:

Utilizando os valores de $D=25$ cm para o Hélio, $D = 35$ cm para o Nitrogênio, $D = 40$ cm para o Mercúrio e $D = 30$ cm para o Sódio, foi possível identificar o ângulo "z" correspondente a cada cor, os comprimentos de onda, as frequências e as energias quantizadas de cada cor. Os resultados específicos estão na tabela já entregues.

Discussão:

Algumas dificuldades surgiram durante o experimento, como encontrar a distância da raia espectral para raia de referência dos elementos Sódio (Na) e Nitrogênio (N), devido à problemas com a adequação da imagem disponibilizada com o instrumento utilizado para o acesso dessas informações por mim. Apesar das adversidades, foi possível realizar o experimento. A partir da análise dos resultados, foi percebido que para qualquer elemento, quanto mais a cor tender ao violeta, menor o valor do ângulo, menor o valor do comprimento e maior o valor da frequência de onda. Quanto mais tender para o vermelho, segue a mesma lógica, porém, com maior o valor do ângulo, maior o valor do comprimento de onda e menor o valor da frequência. Também, é

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 61 – Continuação do corpo de texto do relatório simplificado do A1 4473

possível fazer o mesmo tipo de análise em relação à energia quantizada, que aumenta quanto mais a cor tende ao violeta. Outra questão analisada foi a diferença de comprimento e frequência das cores em relação a cada elemento, porém, todas seguem um padrão em comum, que é sua velocidade da luz no vácuo, o que permite a realização desse experimento ser possível.

Conclusão:

O experimento mostrou-se útil na identificação dos elementos químicos a partir das ondas eletromagnéticas que foram evidenciadas pelas lâmpadas estudadas. É interessante como esse estudo analítico pode ter diversas outras funções interessantes, caso for bem adaptado. Um exemplo disso seria na descoberta dos elementos que compõem cada estrutura celeste no espaço, já que muitos estão alocados milhares de anos-luz da Terra, e o que chega de informação são, apenas, ondas eletromagnéticas. Assim, é possível explorar mais os mistérios que estão presentes nesse vasto universo.



Ondas eletromagnéticas. Fonte: Mundo Educação, 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 62 – Continuação do corpo de texto do relatório simplificado do A1 4473 e grupo

REFERÊNCIAS

- **Espectro eletromagnético: definição e exercícios.** Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>>. Acesso em: 12 out. 2023
- **Laboratório de Física do CMS Video 2023 09 20 at 10 05 19.** Disponível em: <<https://youtu.be/lryNJNdlHw0>>. Acesso em: 12 out. 2023.
- **Composição química dos planetas e estrelas.** Disponível em: <<https://brazilastronomy.wordpress.com/composicao-quimica-dos-planetase-estrelas/>>. Acesso em: 12 out. 2023.
- **Espectroscopia | Espectrômetros analíticos | Malvern Panalytical.** Disponível em: <<https://www.malvernpanalytical.com/br/products/technology/spectroscopy#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20espectroscopia%3F>>. Acesso em: 12 out. 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 63 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4522 individual

✓ **RELATÓRIO DO EXPERIMENTO:**

➤ **Objetivo do Experimento:**

Demonstrar a identificação de diferentes elementos químicos através de suas linhas espectrais únicas, usando a técnica de espectroscopia. Sendo assim, capaz de calcular o comprimento de onda e suas frequências.

➤ **Procedimento Experimental:**

• **Materiais:**

- Espectroscópio
- Amostras de elementos dos elementos químicos (por exemplo, sódio, hidrogênio, hélio)
- Fonte de calor

• **Método:**

1. Coloque a amostra do elemento químico na fonte de calor para excitá-la e fazer com que emita luz.
2. Direcione a luz emitida pela amostra para o espectroscópio.
3. Observe e registre o padrão de linhas espectrais (frequências de luz) que são produzidas.

- **Resultados:**

Cada elemento químico exibiu um padrão único de linhas espectrais. Por exemplo, no vídeo, o hélio mostrou linhas brilhantes bem definidas na região amarela do espectro.

- **Discussão:**

Os átomos de cada elemento têm um conjunto único de níveis de energia para seus elétrons. Quando os elétrons são excitados por energia (neste caso, calor), eles saltam para níveis de energia mais altos. Ao retornar ao seu estado fundamental, eles emitem luz em frequências específicas, que correspondem às diferenças de energia entre os níveis. Esse padrão de frequências é único para cada elemento, servindo como uma "assinatura" que permite sua identificação.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 64 – Continuação de corpo de texto do relatório simplificado do Al 4522 individual

- **Conclusão:**

A espectroscopia é uma ferramenta poderosa para a identificação de elementos químicos, aproveitando os padrões únicos de linhas espectrais que cada elemento produz. Esse experimento confirmou a capacidade da técnica de distinguir diferentes elementos com base em suas assinaturas espectrais.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 65 – Corpo de texto do relatório simplificado do Al 4497 e grupo

8.1 - Objetivo do Experimento.

O objetivo do experimento a identificação da composição da matéria a partir da identificação de cada onda e sua intensidade, aferindo dados físico-químicos na sua transmissão ou absorção da energia radiante, compreendendo o espectro magnético, analisando sua composição e utilizando técnicas diversas.

8.2 - Procedimento Experimental.

O procedimento experimental consiste em um conjunto de um banco óptico, em que nele está acoplado um anteparo com uma rede de difração (distância entre as fendas = $1,00 \cdot 10^{-6}$). Ainda no banco óptico, encontramos um suporte para tubo espectral, nele será colocada uma lâmpada de Hélio (ou Mercúrio, Hidrogênio, Nitrogênio e Oxigênio) e uma régua para medir a distância entre a raia espectral e o ponto de referência 0. Além disso, para o experimento temos, uma fonte de alta tensão polarizada (4 kV) e, é ela que irá disparar para que a lâmpada de Hélio acenda. Logo, ao dispararmos a fonte, as raias espectrais do Hélio, que veio da lâmpada e atravessou uma rede de difração, é observado. Assim, é criado a possibilidade de calcularmos com a régua, o comprimento de onda da raia espectral, a frequência e a energia, através das fórmulas estudadas em sala de aula. Tais passos seguidos, também serão seguidos ao utilizarmos as lâmpadas de outros elementos químicos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 66 – Continuação de corpo de texto do relatório do Al 4497 e grupo

8.3 - Resultados.

Ao final do experimento e dos cálculos, foi possível observar o comprimento de onda, a frequência, energia e a radiação emitida por cada elemento químico do experimento. Logo, estudando a interação entre a radiação eletromagnética e a matéria.

8.4 - Discussão.

A régua juntamente com a lâmpada de hélio foi de fundamental importância, visto que com a régua se dá a distância da raia espectral para o ponto zero. Torna-se possível ver as raias espectrais com maior nitidez, podendo assim calcular o comprimento de onda, como a frequência, e a energia das raias espectrais vistas. Podendo obter um melhor resultado e segurança nos cálculos, como também questionar de maneira mais segura devido a qualidade do experimento.

8.5 - Conclusão.

Concluímos, então, que o objetivo da espectroscopia é a identificação da composição da matéria a partir da separação e identificação de cada comprimento de onda e sua intensidade. Além de ser utilizado para conhecer melhor as estrelas e seus compostos químicos.

8.6 - Referências.

As referências utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas pesquisas realizadas pelo programa "É tempo de química" da PUC-RJ. Além de um artigo sobre os fundamentos da espectrofotometria da UFJF, e o realizado por Emerson Santiago, onde ele exemplifica termos e expõe fatos e fundamentos iniciais da espectroscopia.

http://research.ccead.puc-rio.br/sites/reas/wp-content/uploads/sites/15/2017/10/guiaDidatico_espectroscopia.pdf Artigo da PUC-RJ

<https://www.infoescola.com/fisica/espectroscopia/> - Artigo do Emerson Santiago

<https://www.ufjf.br/quimica/files/2016/08/Espectrometria-UV-vis.pdf> - Artigo da UFJF

Fonte: Elaborado pelo autor

A avaliação dos relatórios dos alunos na Etapa 8 da sequência didática para o estudo da espectroscopia em ambiente virtual de aprendizagem evidenciou a eficácia na aplicação dos conceitos e técnicas da disciplina.

Todos os relatórios demonstraram compreensão do objetivo do experimento: identificar elementos químicos por meio de linhas espectrais únicas e calcular seu comprimento de onda, frequência e energia. Essa compreensão é fundamental para uma aprendizagem significativa.

Os alunos forneceram uma descrição detalhada do procedimento experimental, incluindo a configuração do banco óptico, a escolha dos elementos químicos e o uso de uma régua para medir as distâncias entre as raias espectrais. Eles também destacaram a relevância do uso de uma fonte de alta tensão polarizada para excitar as amostras.

Os resultados foram apresentados de forma clara, enfatizando a importância da precisão nas medições, especialmente com o uso da régua. A análise das variações dos parâmetros em relação à cor das raias foi notável e bem explorada.

Os relatórios concluíram destacando a utilidade prática da espectroscopia na identificação de elementos químicos e na compreensão da interação entre radiação eletromagnética e a matéria. Alguns relatórios mencionaram aplicações específicas, como a análise de estrelas e a contribuição da espectroscopia em investigações criminais.

Os alunos demonstraram uma busca ativa por conhecimento adicional, citando referências relevantes que enriqueceram a compreensão do tópico. Essa prática reflete o compromisso em embasar seus argumentos em fontes confiáveis.

No geral, os relatórios evidenciaram não apenas a compreensão sólida dos conceitos de espectroscopia, mas também a habilidade de aplicá-los de maneira prática. Essa experiência proporcionou conhecimentos em física, química e ótica, além de ressaltar a importância da espectroscopia em diversas áreas, como astronomia e investigação criminal. Assim, contribuiu para uma aprendizagem significativa ao conectar de forma tangível a teoria à prática.

A análise da Etapa 8 mostra a importância de seguir um formato claro na elaboração de relatórios científicos, que deve incluir objetivos, procedimentos, resultados, discussão e conclusões. É importante equilibrar a formalidade com a expressão pessoal para criar relatórios educacionais significativos.

A aprendizagem é uma jornada contínua, e a espectroscopia é uma disciplina que exemplifica a profundidade de conhecimento que podemos adquirir. Nesta dissertação, exploraremos a última etapa da sequência didática focada na espectroscopia, que desafia os alunos a criar um vídeo sobre sua experiência no curso. Essa etapa é crucial, pois proporciona

aos alunos a oportunidade de refletir sobre o que aprenderam, reconhecer suas limitações e considerar aplicações práticas da espectroscopia.

Ao longo da sequência didática, os alunos mergulham no mundo da espectroscopia, aprendendo a interpretar espectros, compreender as interações entre átomos e moléculas e reconhecer a importância da técnica em diversas áreas. A aprendizagem é uma jornada que se inicia com incertezas, mas à medida que os alunos avançam, eles adquirem confiança e habilidades fundamentais. No entanto, a jornada da aprendizagem não é isenta de desafios. A espectroscopia envolve conceitos complexos, cálculos matemáticos e análise detalhada dos resultados. Além disso, a amplitude de aplicações e possibilidades da espectroscopia pode ser esmagadora. Alguns estudantes podem não entender completamente partes do conteúdo, ressaltando a importância de abordagens de ensino flexíveis e personalizadas.

A etapa de criação do vídeo permite que os alunos reflitam sobre suas experiências. Ao compartilharem não apenas o que aprenderam, mas também o que não compreenderam completamente, eles se envolvem em uma prática valiosa de metacognição. Esse processo não apenas fortalece a compreensão do conteúdo, mas também auxilia na identificação de áreas que necessitam de aprofundamento nos estudos. A transparência em relação às dificuldades enfrentadas é um passo crucial na busca por aprendizado significativo.

Na última parte desta etapa, os alunos são desafiados a pensar em possíveis aplicações da espectroscopia. Essa tarefa requer criatividade e visão. Uma aplicação notável a ser considerada é a detecção de poluentes na água. Ao aplicar a espectroscopia a amostras de água, é possível identificar substâncias nocivas, assegurando a segurança da água que consumimos. Isso tem implicações significativas para a saúde pública e a preservação do meio ambiente.

A espectroscopia também encontra aplicações na área da medicina, onde é utilizada na identificação de compostos em análises clínicas, e na segurança alimentar, para verificar a qualidade dos produtos que consumimos.

A última etapa da sequência didática de espectroscopia proporciona uma oportunidade valiosa para os alunos consolidarem seu aprendizado, identificarem lacunas em seus conhecimentos e explorarem as possibilidades de aplicação do que aprenderam. A aprendizagem significativa é uma jornada que nunca termina, e a exploração contínua e a reflexão crítica sobre a espectroscopia exemplificam como o conhecimento pode se aprofundar ao longo do tempo. Incentivar os alunos a continuarem explorando e aplicando essa disciplina fascinante em suas vidas e além é essencial. O quadro com a transcrição dos vídeos produzidos pelos alunos pode ser visualizado no Apêndice D desta dissertação, totalizando dezesseis produções autorais, que estão arquivadas no AVA.

A análise das transcrições dos vídeos produzidos pelos estudantes em resposta à sequência didática sobre espectroscopia revela uma visão geral positiva sobre a experiência de aprendizado. Os alunos tiveram experiências diversas, destacando a complexidade dos cálculos ou a importância da espectroscopia em áreas como medicina, aviação e detecção de fraudes. A maioria dos alunos demonstrou interesse e aprendizado na área da espectroscopia, destacando os aspectos mais significativos da jornada de aprendizado.

A aluna 4723 destacou a descoberta de como os cientistas determinam a composição química dos astros no universo por meio da irradiação da luz. Ela aprendeu sobre as características específicas dos elementos químicos e como isso auxilia na compreensão das cores celestes. Carolina enfatizou a importância de entender o contexto científico por trás desse processo. Ela mencionou que a parte mais fácil foi compreender o conceito, enquanto a parte mais desafiadora envolveu cálculos relacionados aos espectros. Sua análise reflete a importância do contexto histórico na aprendizagem e a necessidade de tornar os aspectos mais desafiadores mais acessíveis.

O aluno 4514 destacou o aprendizado sobre como os cientistas analisam a composição química dos planetas e estrelas usando a luz. Ele mencionou a importância de calcular o comprimento de onda, a frequência e a energia da luz. Além disso, sugeriu uma possível aplicação da espectroscopia na criminalística, relacionada à análise de fibras, cabelos e tecidos humanos, demonstrando a capacidade do aluno de relacionar o conteúdo com aplicações no mundo real.

Os alunos 4928 e 4660 destacaram as diversas aplicações da espectroscopia em campos como forense, obras de arte, genética e astronomia. Eles descreveram como a espectroscopia pode ser usada na análise de fluidos biológicos, identificação de drogas ilícitas, validação de obras de arte e exploração de aspectos da genética. Suas apresentações foram organizadas e demonstraram uma compreensão ampla das aplicações da espectroscopia.

O aluno 4473 destacou a importância de entender a origem e os princípios da espectroscopia. Mencionou o papel de Newton, William Wollstone e Gustav Robert Kirchhoff na história da espectroscopia e enfatizou a importância de não apenas compreender os conceitos, mas também a contextualização histórica por trás deles. Isso indica a valorização do conhecimento histórico na aprendizagem significativa.

O aluno 4522 explorou a aplicação da espectroscopia na criminalística forense, incluindo a detecção de resíduos, análise de impressões, estudo de materiais e transferência de evidências. Destacou como a espectroscopia é usada para elucidar eventos e contribuir para a

resolução de crimes. Isso demonstra a compreensão do aluno sobre o impacto prático da espectroscopia na sociedade.

O aluno 4682 descreveu sua jornada na espectroscopia, ressaltando a compreensão da decomposição da luz e a importância da técnica para a identificação de elementos em corpos celestes. Ele mencionou que as equações e os experimentos eram desafiadores, mas que o professor forneceu suporte para superar esses desafios. Sua análise reflete a importância do suporte docente na aprendizagem.

A aluna 4683 destacou a ampliação e o aprofundamento do conhecimento por meio de vídeos, sites e atividades relacionadas à espectroscopia. Ela mencionou várias aplicações da espectroscopia, incluindo sistemas biológicos, biomédicos, forenses, obras de arte, genética e paleontologia. Sua análise demonstra uma compreensão abrangente das aplicações da espectroscopia em diferentes campos.

Os alunos 4730, 5234 e 5394 mencionaram a capacidade de aprender sobre a luz e elementos químicos por meio da espectroscopia, bem como a aplicação da técnica na medicina. Eles enfatizaram a importância da espectroscopia em várias áreas do conhecimento, destacando seu valor no mundo real.

O aluno 4467 expressou seu interesse pela espectroscopia, especialmente no contexto da astronomia. Ele destacou a facilidade com que a informação pode ser obtida por meio da técnica e mencionou a utilidade potencial da espectroscopia na determinação da qualidade da gasolina e de pedras preciosas. Embora tenha encontrado algumas dificuldades com os cálculos, demonstrou determinação em superá-las.

O grupo 4540 apresentou uma visão geral da espectroscopia, enfatizando sua importância na identificação de elementos químicos e sua aplicabilidade em diversos campos científicos. Eles mencionaram a complexidade matemática envolvida na análise de espectros e sugeriram uma aplicação potencial na detecção de fraudes em obras de arte e antiguidades.

O aluno 4476 descreveu sua experiência anterior com a espectroscopia, mencionando que ouviu falar sobre o assunto em um podcast. Destacou a dificuldade que teve com os cálculos, mas ressaltou que, com a prática, conseguiu entender melhor. Ele mencionou a aplicação da espectroscopia na medicina, particularmente no diagnóstico de doenças.

O grupo 4355 e mais 5 alunos destacou o aprendizado adquirido na sequência didática de espectroscopia, enfatizando as propriedades da luz, as técnicas espectroscópicas e as aplicações em diversas áreas. Eles mencionaram a complexidade matemática envolvida e sugeriram uma aplicação na detecção de fraudes em obras de arte.

Al 4471: A aluna descreve os componentes necessários para o experimento de espectroscopia, destacando a importância do banco óptico e da lâmpada de hélio. Ela também menciona a dificuldade nos cálculos, mas ressalta a aplicação da espectroscopia na medicina para diagnóstico.

Al 4834: O aluno destaca as dificuldades encontradas no experimento, incluindo problemas na diferenciação de cores e na leitura das escalas. Ele sugere a automação dos cálculos por meio de uma planilha e menciona a aplicação da espectroscopia na aviação, para análise de óleo em turbinas de motor.

Al 5049: O aluno menciona que aprendeu sobre espectroscopia assistindo a vídeos e pesquisando. Destaca a complexidade matemática envolvida e sugere a criação de um dispositivo portátil de análise espectral. Ele ressalta a importância da espectroscopia em diversas áreas.

Al 5365: A aluna destaca as dificuldades iniciais com a espectroscopia, incluindo a falta de conhecimento prévio. No entanto, após assistir aos vídeos e receber orientação, ela conseguiu superar esses desafios. Menciona a complexidade dos cálculos e sugere que as cores oficiais podem não corresponder às obtidas nos cálculos. Ela expressa seu interesse e aprendizado na área da espectroscopia.

As análises refletem uma apreciação geral pelo aprendizado proporcionado pela sequência didática de espectroscopia. Os alunos demonstram compreensão dos conceitos e das aplicações da espectroscopia, bem como uma capacidade de relacionar o conteúdo com o mundo real. A contextualização histórica, o apoio do professor e a exploração das aplicações são aspectos positivos destacados nas análises. Essas percepções podem informar o desenvolvimento futuro da sequência didática, aprimorando a aprendizagem significativa.

4.5. POSSÍVEL CONSISTÊNCIA OU DESACORDO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM RELATADOS NA LITERATURA

A presente dissertação de mestrado representa um estudo relevante na área da educação e da aprendizagem significativa. Os relatórios dos alunos na etapa 8 da sequência didática indicam uma compreensão sólida dos conceitos de espectroscopia e da capacidade de aplicá-los na prática. Eles também destacam a importância da espectroscopia em diversos contextos, incluindo astronomia e investigação criminal.

A análise dos relatórios revela uma coerência notável entre os resultados obtidos e o conhecimento apresentado na literatura. Os estudantes demonstram uma compreensão aprofundada da espectroscopia, tanto em termos teóricos quanto práticos. A capacidade de aplicar o conhecimento de espectroscopia em situações reais, como a análise de estrelas e a investigação de cenas de crimes, reflete a eficácia da abordagem pedagógica adotada.

A inclusão de referências confiáveis nos relatórios demonstra que os alunos estão embasando suas conclusões em literatura relevante, refletindo a promoção da pesquisa e da autonomia intelectual.

A análise dos relatórios destaca a importância da estruturação de sequências didáticas que permitam a construção ativa do conhecimento pelos alunos. A abordagem adotada nesta pesquisa possibilitou a organização lógica dos conteúdos, a oferta de atividades interativas e o uso eficaz de recursos em ambiente virtual de aprendizagem. Os resultados indicam que os alunos exploraram, experimentaram e compreenderam os conceitos de espectroscopia de forma significativa.

A implementação bem-sucedida da sequência didática e a alta participação dos alunos nos fóruns de discussão indicam que os estudantes se engajaram ativamente no conteúdo e nos objetivos de aprendizagem.

O feedback qualitativo dos alunos demonstra que a abordagem pedagógica adotada foi eficaz na promoção da aprendizagem significativa. Eles expressaram satisfação com os materiais, as atividades e o desenvolvimento de habilidades críticas. Além disso, os alunos refletiram sobre sua aprendizagem, conectando os novos conhecimentos com suas experiências prévias.

Os resultados da pesquisa mostram uma notável consistência entre o desempenho dos alunos e o conhecimento disponível na literatura. A abordagem pedagógica adotada sugere evidências relevantes de aprendizagem, já que o material utilizado possibilitou aos alunos adquirir e aplicar conhecimento de forma prática e reflexiva. Esta dissertação contribui para a área da educação, especialmente no ensino de física, ao destacar a importância do desenvolvimento de sequências didáticas que promovam a aprendizagem significativa, particularmente em ambientes virtuais de aprendizagem.

É importante considerar que a aplicação de diversas sequências didáticas complexas e trabalhosas por diferentes professores em várias disciplinas pode sobrecarregar os alunos, dificultando a assimilação do conteúdo. Nesse contexto, a interdisciplinaridade surge como uma solução potencial, integrando as abordagens e facilitando a conexão entre as matérias, o que pode ajudar a reduzir a sobrecarga e melhorar a experiência de aprendizagem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. A RETOMADA AOS OBJETIVOS

No início deste estudo, nosso problema de pesquisa estava centrado na busca por estratégias de ensino que promovessem a aprendizagem significativa dos alunos no contexto da espectroscopia. O problema estava enraizado na constatação de que o ensino de conceitos complexos, como a espectroscopia, frequentemente enfrenta desafios em termos de envolvimento dos alunos e compreensão profunda dos temas. Através do desenvolvimento e implementação da sequência didática no ambiente virtual de aprendizagem, pudemos investigar se essa abordagem inovadora poderia ser uma solução para tais desafios.

Ao longo do trabalho, elaboramos hipóteses que guiaram nossa pesquisa. Nossas hipóteses sugeriam que a sequência didática, se bem planejada e executada, promoveria a aprendizagem significativa, levando os alunos a compreenderem a espectroscopia de maneira mais profunda e a aplicarem esses conhecimentos de forma prática. Além disso, nossos objetivos gerais e específicos delinearam os passos a serem seguidos para alcançar essa meta.

Os resultados obtidos durante a implementação da sequência didática oferecem insights valiosos sobre o impacto dessa abordagem no ensino de espectroscopia. Ficou claro que os alunos envolvidos na sequência demonstraram um entendimento mais profundo dos conceitos e uma capacidade aprimorada de aplicar esses conhecimentos na prática. Eles também demonstraram engajamento e motivação para explorar a espectroscopia em contextos do mundo real, como astronomia e investigação criminal.

Esses resultados reforçam a relevância e eficácia da sequência didática como estratégia para promover a aprendizagem significativa. Esta dissertação contribui para o campo do ensino de física ao demonstrar como a combinação de abordagens práticas, recursos virtuais e interação ativa dos alunos pode aprimorar o processo de ensino-aprendizagem.

Com base em nossos resultados, sugerimos que educadores considerem a implementação de sequências didáticas semelhantes no ensino de espectroscopia e outros tópicos desafiadores. No entanto, reconhecemos que a aplicação dessas estratégias requer planejamento cuidadoso, recursos adequados e incentivos apropriados para os alunos. Além disso, recomendamos pesquisas adicionais sobre diferentes abordagens de sequências didáticas, adaptações para públicos diversos e aplicações em outras disciplinas da física e áreas científicas.

Também sugerimos estudos longitudinais para avaliar o impacto a longo prazo dessas estratégias.

Além disso, enfatizamos o valor do conhecimento produzido nesta dissertação. Os resultados e as conclusões contribuem para o avanço do campo do ensino de física e destacam a importância da aprendizagem significativa. O conhecimento produzido aqui pode orientar práticas pedagógicas inovadoras que promovem uma compreensão profunda e duradoura dos conceitos científicos.

Esta dissertação abordou o problema de pesquisa, validou as hipóteses e atingiu os objetivos propostos. Além disso, forneceu insights valiosos sobre a promoção da aprendizagem significativa no ensino de espectroscopia. Esperamos que este trabalho inspire futuros esforços na busca por práticas educacionais mais eficazes e envolventes.

5.2. O LEGADO

Uma das contribuições mais notáveis deste trabalho é a demonstração de que abordagens inovadoras, baseadas em ambientes virtuais de aprendizagem, podem ser eficazes para promover a aprendizagem significativa. Isso desafia práticas tradicionais de ensino e oferece aos educadores uma alternativa promissora para envolver os alunos de maneira mais profunda e motivadora.

O trabalho enfatiza a aprendizagem significativa como um objetivo central, destacando a importância de construir um conhecimento sólido e aplicável. Esse princípio pode ser aplicado em uma variedade de contextos educacionais, influenciando não apenas o ensino de espectroscopia, mas também outras disciplinas e áreas de estudo.

O trabalho também destaca o valor da interatividade e da experimentação ativa no processo de aprendizagem. A combinação de recursos virtuais, fóruns de discussão e atividades práticas demonstrou como os alunos podem se envolver de forma mais profunda e aplicar seus conhecimentos de maneira prática. Esse legado enfatiza a importância de proporcionar aos alunos a oportunidade de explorar e experimentar o conteúdo, o que pode ser uma abordagem transformadora para o ensino.

Além disso, o legado deste trabalho reside na promoção da inovação educacional. Ao demonstrar a eficácia de sequências didáticas aplicadas em ambientes virtuais de aprendizagem, ele incentiva educadores e pesquisadores a explorarem novas formas de ensinar e aprender. Isso

é particularmente relevante em um mundo cada vez mais digital e tecnológico, onde a educação on-line desempenha um papel crescente.

Este trabalho também serve como inspiração para pesquisas futuras. Os resultados obtidos abrem portas para estudos adicionais sobre a aplicação de sequências didáticas em diversas disciplinas, públicos e contextos educacionais. Pesquisadores podem se basear nas conclusões deste trabalho para investigar abordagens semelhantes ou adaptadas a outras áreas de conhecimento.

Em última análise, o legado deste trabalho transcende o campo específico da espectroscopia e do ensino de física. Ele destaca a importância da inovação educacional, da aprendizagem significativa e da exploração de novos métodos pedagógicos. O conhecimento produzido nesta dissertação continuará a influenciar a prática educacional e a inspirar pesquisas que buscam aprimorar a forma como ensinamos e aprendemos. Seu legado é uma contribuição valiosa para o avanço da educação e da pedagogia.

5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma sugestão importante para trabalhos futuros é a expansão da aplicação da sequência didática para outros níveis de ensino. Como mencionado, a dissertação concentrou-se no segundo ano do ensino médio. No entanto, estender a implementação para os anos finais do ensino fundamental, todo o ensino médio e, por que não, o ensino superior, permitiria uma análise abrangente do impacto pedagógico em diferentes faixas etárias e níveis cognitivos. Isso também ofereceria a oportunidade de investigar as diferenças nas interações entre os alunos em diferentes estágios de desenvolvimento, explorando as teorias de Piaget, Vygotsky e Ausubel.

Uma pesquisa futura pode se concentrar no aprofundamento da análise das teorias da aprendizagem, como as de Piaget, Vygotsky e Ausubel, em relação à aplicação da sequência didática. Isso permitiria uma compreensão mais profunda de como essas teorias se manifestam na prática e como influenciam a interação entre os alunos. A pesquisa poderia investigar como as diferenças no desenvolvimento cognitivo dos alunos afetam a assimilação de conceitos espectroscópicos.

Uma abordagem valiosa seria a comparação dos resultados entre os diferentes níveis de ensino. Isso poderia revelar padrões ou diferenças na eficácia da sequência didática em relação ao desenvolvimento cognitivo dos alunos e suas interações em diferentes estágios educacionais.

Compreender como as teorias da aprendizagem se aplicam de maneira distinta em cada nível pode ser um campo fértil para pesquisas futuras.

Uma investigação de longo prazo sobre o impacto da sequência didática na retenção de conhecimento e na aplicação prática de conceitos espectroscópicos poderia fornecer informações importantes sobre o aprendizado sustentado. Isso seria valioso para avaliar o legado de uma abordagem educacional baseada na aprendizagem significativa.

A sequência didática desenvolvida pode servir como modelo para a criação de abordagens semelhantes em outras disciplinas. Pesquisas futuras podem explorar como essa estratégia pode ser adaptada e aplicada a áreas do currículo além da espectroscopia.

Considerando o avanço tecnológico contínuo, pesquisas futuras podem investigar a aplicação da sequência didática em diferentes ambientes virtuais de aprendizagem. Isso poderia incluir o uso de plataformas de aprendizado online avançadas e a avaliação de como esses ambientes influenciam a eficácia da estratégia pedagógica.

Essas sugestões para trabalhos futuros destacam a importância de continuar a explorar os resultados e os princípios apresentados na dissertação original. Ao estender a pesquisa para diferentes níveis de ensino, aprofundar a análise das teorias de aprendizagem e avaliar os resultados a longo prazo, é possível expandir o conhecimento sobre a promoção da aprendizagem significativa e a aplicação de teorias de aprendizagem na prática pedagógica. Isso não apenas enriquece o campo da educação, mas também contribui para a melhoria contínua do ensino de ciências e disciplinas afins.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. B. VALENTE, J. A. Integração currículo e tecnologias e a produção de narrativas digitais. *Currículo sem Fronteiras*, v. 12, n. 3, p. 57-82, Set/Dez 2012.
- ARAÚJO, A. P. C. SILVA, C. V. MONTE, A. F. G. BATISTA, F. R. X. **Avaliação do sobreaquecimento de óleos vegetais através de análises químicas e espectroscopia uv/visível.** *COBEQ 2014*, Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química Universidade Federal de Uberlândia, 2014, p. 2.
- ARAÚJO, E. V. F. de. **Internet, hipertexto e gêneros digitais: novas possibilidades de interação.** *Cadernos do CNLF*, v. 15, n. 5, t. 1, Rio de Janeiro: CiFEFiL, 2011. p. 633-639. Disponível em http://www.filologia.org.br/xv_cnlf/tomo_1/55.pdf. Acesso em 30 de julho de 2023.
- AUSUBEL, David P; NOVAK, Joseph D; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional.** Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AZEVEDO, E. R. de Azevedo, NUNES, L. A de Oliveira. **Caderno do Laboratório de óptica: espectroscopia.** USP. Material impresso e encadernado no setor gráfico do Instituto de Física de São Carlos, p. 2199-2204, 2015.
- BALMER, J. J. em 1885, apud Max Jammer, 1966, p. 65, MEHRA, J. & RECHENBERG, H. **The historical development of quantum theory. Vol. I. Part I. The quantum theory of Planck, Einstein, Bohr and Sommerfeld: its foundation and the rise of its difficulties, 1900-1925.** Nova Iorque, Springer, 1982a.
- BASSI, B. M. S. Adalberto. **Conceitos fundamentais em espectroscopia.** Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, p. 1, 2001.
- BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes.** *Ciências Sociais e Humanas*, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011. Disponível em: https://redib.org/Record/oai_articulo2076014-metodologias-ativas-e-a-promo%C3%A7%C3%A3o-da-autonomia-de-estudantes.
- BORH, Niels. Sobre a constituição dos átomos e moléculas. *Philosophical Magazine*, v. 30, p. 874-875, 1913
- BORH, Niels. A teoria quântica dos espectros de linhas. Tradução livre de "The Quantum Theory of Line Spectra". *Philosophical Magazine*, v. 30, p. 581-612, 1915.
- BRASIL. MEC - Ministério da Educação (Org.). **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2010. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/cadernodepratica/aprofundamento/>. Acesso em: 20 de ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 1999.

CARUSO, F. e OGURI V. **Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**, 2ª Edição, LTC, Rio de Janeiro, 2016.

CASTRO, João Carlos M. **Modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio**. São Carlos: Laboratório de Óptica de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2023.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Uma caixinha para o estudo de espectros**. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num2/a13.pdf>, p. 40, 2002.

CHANG, GOLDSBY, K. A - **Química-Capítulos 7 a 10**. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5419418/mod_resource/content/1/Raymond%20Chang%20Kenneth%20A.%20Goldsby%20-%20Qu%C3%ADmica-Capitulos%207%20a%2010.pdf. 2012, p. 289. Acesso 09 de set de 2023.

DIAS, P. M. C. MORAIS R. F. **Os fundamentos mecânicos do eletromagnetismo**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, 3601, 2014. Disponível em www.sbfisica.org.br.

GRIFFITHS, D. J. **Mecânica Quântica**, 2ª Edição. São Paulo: PEARSON, 2011, p. 114.

KRAGH, Helge. Niels Bohr and the Quantum Atom: The Bohr Model of Atomic Structure 1913-1925. Oxford: Oxford University Press, 2012.

MORAES, Acácio. James Webb: o que existe na atmosfera do exoplaneta WASP-96 b? **TecMundo**. 20 de julho de 2022. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/ciencia/241886-james-webb-existe-exoplaneta-wasp-96-b.htm>. Acesso em 12/09/2023.

JUNIOR, F. C. Macedo. **Espectroscopia de ressonância magnética nuclear de ^{13}C no estudo de rotas biossintéticas de produtos naturais**. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, 13084-971 Campinas - SP, Brasil, 2007, p. 121.

LEITE, D. O e PRADO, R. J, **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, www.sbfisica.org.br v. 34, n. 2, 2504, 2012.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2013, p. 246.

MARCASSA, L. G, PAIVA F. F. **Caderno de Laboratório. Laboratório de óptica: espectroscopia**; Instituto de Física de São Carlos, USP, p. 93, 2015.

MELO, F. H. J. SZEJNFELD, D. PAIVA, C. S. ABDALA, N. ARRUDA, H. O. GOLDMAN, S. M. SZEJNFELD, J. **Espectroscopia por ressonância magnética no diagnóstico do câncer**

de próstata: experiência inicial. *Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem. Radiol Bras.* 42(1):1–6, 2009.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011, p. 31.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais.** *Journal of chemical information and modeling*, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf. Acesso em: 01 jul. 2023.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica.** Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira.^>

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Instituto de Física-UFRGS. Porto Alegre, 2016.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel.** São Paulo: Centauro, 2ª ed. 2006.

NEWTON, 1966. <https://museuvirtual-fisica.blogspot.com/2017/08/dispersao-da-luz-branca.html>. Acesso em 10 de setembro de 2023.

OLIVEIRA, L. F. C. **Espectroscopia molecular**, Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Departamento de Química da Universidade Federal de Juiz de Fora, p. 24-25, 2001.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 2002, p. 110.

PIROLO, Marcelo. **A contribuição de Robert Wilhelm Eberhard Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff para espectroscopia do século XIX**, dissertação de mestrado, PUC São Paulo, 2010, p. 1.

RIBEIRO, C. M. R e SOUZA, N. Â. **Esquema geral para elucidação de substâncias orgânicas usando métodos espectroscópico e espectrométrico.** Departamento de Química Orgânica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ, Brasil, p. 1, 20. 2007.

SALA, O. Uma introdução à espectroscopia atômica – o átomo de hidrogênio. Departamento de Química Fundamental, Universidade de São Paulo, CP 26077, 05599-970 São Paulo – SP, Brasil. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 7, 1773-1775, 2007

SILVA, H. R. A. **Física moderna no ensino médio: a espectroscopia na gênese das modernas concepções de física e áreas afins.** Dissertação de mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2013.

SOUZA, V. V. S. **Ambientes virtuais de aprendizagem: sistemas complexos compostos por gêneros digitais.** *Texto livre*, v. 2, n. 1, 2009.

TIAGO J. Castro, ANDERSON K. S. Souza e AISSA L. Azevedo. **Espectroscopia óptica de baixo custo: uma estratégia para a introdução de conceitos de física quântica no ensino médio.** *Inovação do Instituto Federal de Brasília (PRPI-IFB)*, Rev. Bras. Ensino Fís. 41 (4), 2019, p. 1.

UGALDE, Maria Cecília Pereira; ROWEDER, Charlys. **Sequência Didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem.** *Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, v. 6, p. e99220-e99220, 2020.

WINTERSTEIN, M. L. **Joseph Von Fraunhofer Scientist And Entrepreneur.** Fraunhofer-Gesellschaft, 2014. Disponível em: https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/about-fraunhofer/chronicle/JosephvonFraunhofer/Joseph-von-Fraunhofer_Scientist-and-Entrepreneur.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2023.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf>. Acesso em: 15 Julho. 2023.

APÊNDICE A- Resposta dos alunos na primeira etapa da SD no AVA

Quadro 1- Resposta dos alunos na primeira etapa da SD no AVA

AI 4355	<p>“Bom eu tenho um pouco de discernimento sobre o assunto, creio que são realizadas diversas coletas e análises detalhadas de pesquisas realizadas pelos astrônomos, a qual é usado diversas ferramentas para coleta e análise, creio que há uma etapa de identificação dos elementos, onde eles analisam os espectros, temperatura, massa, e composição química em si”</p>
4679	<p>“Eu já ouvi falar sim sobre como os cientistas conseguem fazer isso, se eu não me engano, cada elemento, quando energizado, produz uma certa frequência de luz muito específica. Por isso, quando os cientistas analisam os espectros de luz que uma galáxia, planeta ou estrela produz, eles conseguem saber de que material ele é feito”</p>
AI 5109	<p>“Confesso que não sei muito sobre isso, mas imagino que tenha algo a ver com a análise do espectro de cada elemento químico e a comparação com o espectro de luz das outras galáxias, planetas e estrelas.”</p>
AI 4904	<p>“a capacidade de determinar quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós é possível pois:Espectro Eletromagnético: A luz que recebemos de objetos astronômicos é composta por uma ampla gama de cores e comprimentos de onda, formando o espectro eletromagnético. Essa luz pode variar de raios X e ultravioleta a luz visível e infravermelha. Espectro de Absorção e Emissão: Quando a luz atravessa ou é emitida por elementos químicos específicos, esses elementos interagem com a luz de maneira característica. Existem dois tipos principais de espectros que podem ser observados: Espectro de Absorção: Neste tipo de espectro, elementos químicos absorvem luz em comprimentos de onda específicos, resultando em linhas escuras (ou bandas de absorção) no espectro. Cada elemento tem padrões de absorção únicos. Espectro de Emissão: Quando os átomos de um elemento são excitados (por exemplo, por calor ou energia de colisão), eles emitem luz em comprimentos de onda específicos. Isso cria linhas brilhantes (ou bandas de emissão) no espectro, que também são características de elementos individuais. Espectroscopia Astronômica: Os astrônomos usam espectroscopia para coletar informações sobre a luz que vem de objetos celestes. Eles usam dispositivos chamados espectrógrafos para separar a luz em seus diferentes comprimentos de onda e, em seguida, analisam os padrões de absorção e</p>

	<p>emissão presentes no espectro.</p> <p>Identificação de Elementos: Com base nos padrões de linhas de absorção ou emissão no espectro, os cientistas podem determinar quais elementos químicos estão presentes no objeto astronômico. Cada elemento tem um conjunto único de linhas espectrais, como uma "assinatura" química, que pode ser comparada com dados laboratoriais conhecidos.</p> <p>Aplicações: A espectroscopia astronômica é usada para estudar a composição química de estrelas, planetas, nebulosas, galáxias e outros objetos celestes. Ela fornece informações valiosas sobre a temperatura, densidade, composição química e movimentos desses objetos. Em resumo, a espectroscopia é uma ferramenta poderosa que os cientistas usam para desvendar os segredos da composição química do universo, analisando a luz que viaja através do espaço e nos fornece pistas sobre os elementos químicos presentes em objetos astronômicos distantes.”</p>
AI 5412	“não sei, mas suponho que os cientistas descubrem isso comparando os espectros que vem junto da luz dos astros com os elementos químicos”
AI 5087	“Não conheço o processo. Acho que talvez comparando suas massas.”
AI 5016	<p>“A análise da luz que chega até nós a partir de galáxias, planetas e estrelas é conhecida como espectroscopia. Ela nos permite identificar elementos químicos presentes nesses corpos celestes com base nas linhas espectrais que aparecem em seus espectros de luz. Aqui está uma breve visão geral:</p> <p>1 Galáxias: A luz das galáxias muitas vezes contém informações sobre a composição química das estrelas que as compõem. Ao analisar o espectro de luz de uma galáxia, os astrônomos podem identificar elementos como hidrogênio, hélio, oxigênio, nitrogênio e outros que estão presentes nas estrelas dentro da galáxia.</p> <p>2 Planetas: A detecção direta da composição química dos planetas fora do nosso sistema solar (exoplanetas) é desafiadora, mas a espectroscopia também é usada para inferir informações sobre sua atmosfera. Por exemplo, a presença de elementos como oxigênio, metano e água pode ser detectada em atmosferas planetárias.</p> <p>3 Estrelas: Estrelas emitem luz devido a reações nucleares em seus núcleos. O espectro de luz de uma estrela mostra linhas espectrais que correspondem aos elementos presentes em sua atmosfera. O hidrogênio e o hélio são os elementos mais comuns nas estrelas, mas outros elementos mais pesados também podem ser identificados.</p> <p>A espectroscopia é uma técnica que envolve a análise da luz emitida ou absorvida por um objeto. Quando a luz passa por um prisma ou por um dispositivo chamado espectrógrafo, ela se separa em diferentes comprimentos de onda, formando um espectro. Cada elemento químico possui um padrão único</p>

	<p>de linhas de absorção ou emissão em seu espectro, que são chamadas de linhas espectrais.</p> <p>Por exemplo, o espectro do Sol mostra linhas espectrais características de elementos como hidrogênio, hélio, oxigênio, carbono, nitrogênio, ferro e muitos outros. Esses elementos são encontrados em diferentes proporções em estrelas e também em outros corpos celestes, como planetas e galáxias.”</p>
AI 4704	<p>“Eu ouvi falar, porém apenas em sala de aula do professor Leonardo, lá nós discutimos sobre meios, funções e como funciona o espectrograma, meio esse que pode sim ser utilizado para também descobrir elementos químicos presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós, também vale ressaltar que o espectrograma além disso tudo pode ser utilizado também para encontrar em qual parte do corpo por exemplo algum câncer está localizado, por meio das luzes e cores refletidas e absorvidas, podemos identificá-lo por que cada elemento emite um comprimento de luz diferente, como por exemplo o Mercúrio, Hélio, Nitrogênio, Sódio, entre outros possuem comprimentos diferentes cada um.”</p>
AI 4682	<p>“Não faço a mínima ideia de como os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas. Mas como eu sei que deve estar relacionado ao assunto que estamos estudando em sala (ondulatória), imagino que esteja relacionado ao comprimento de onda dos diferentes elementos químicos e que podemos perceber isso por meio de ondas de luz (eletromagnéticas). Não sei se é isso mesmo e ficou bem genérico porque não tenho como me aprofundar sem saber de nada.”</p>
AI 4456	<p>“A resposta para esse questionamento é na verdade bastante simples. Ela é baseada em um método científico que conhecemos pelo nome de Espectroscopia. E no que consiste este método?</p> <p>A espectroscopia nada mais é do que a análise da luz emitida ou refletida por objetos celestes na tentativa de desvendar informações sobre sua composição química, temperatura, velocidade, entre outros fatores que condicionam cada espectro conhecido pelo homem.</p> <p>Agora que já sabemos sua função, é possível discorrer acerca de qual processo é utilizado na obtenção dos dados citados acima. Para isso, dividiremos o procedimento em 6 etapas.</p>

Etapa 1 - Coleta da Luz: é coletada a partir de telescópios que a direcionam diretamente para um dispositivo chamado de espectrógrafo.

Etapa 2 - Dispersão da Luz: como já visto em nossos estudos, o dispositivo permite a dispersão da luz advinda dos corpos celestes, dividindo-o em seus respectivos comprimentos de ondas (cores).

Etapa 3 - Observação do Espectro: o espectro coletado é observado e registrado a partir de detectores sensíveis, como câmeras de CCD.

Etapa 4 - Análise do espectro: O espectro contém linhas de absorção e emissão em posições específicas. Essas linhas são características dos elementos químicos presentes na fonte de luz. Cada elemento químico tem um conjunto único de linhas espectrais, que atuam como uma "impressão digital" para identificá-los.



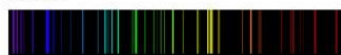
Hidrogênio



Hélio



Neônio



Mercúrio

Etapa 5 - Comparação com linhas conhecidas: é basicamente comparar as linhas analisadas no espectro com linhas de elementos já conhecidos em laboratório, assim permitindo sua identificação

Etapa 6 – Determinação de outras propriedades: a partir dessas informações, os outros parâmetros serão identificados a partir de procedimentos mais complicados realizados em laboratório

	<p>Tendo em vista essa pesquisa, sinto-me na obrigação de compartilhar minhas intuições iniciais presentes no início. Em primeiro plano, achei que existia algum dispositivo que calculasse a angulação específica em que os raios chegassem na Terra. A partir disto, seria possível observar quais corpos e astros celestes estariam na trajetória dela, e assim inferir os elementos presentes em cada um deles. Parece um pouco improvável, embora tenha sido a única hipótese que fui capaz de levantar, tendo em vista meus conhecimentos limitados acerca do assunto em particular.”</p>
AI 4926	<p>“Não, nunca ouvi falar, e imagino que a forma como os cientistas descobrem esses elementos, é a partir de restos espaciais que caem na Terra, ou então por aparelhos que ficam no espaço sideral.”</p>
AI 4476	<p>“Sim, eu já ouvi falar sobre como os cientistas fazem para descobrir os elementos químicos compõem galáxias planetas e estrelas. Basicamente, utilizando de um telescópio com um sensor especial, analisa-se o feixe de luz refletido pelo corpo celeste, tendo conhecimento quais raios luminosos são absorvidos e quais são refletidos por cada elemento.”</p>
AI 5041	<p>“Sim, os cientistas usam uma técnica chamada espectroscopia para determinar quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós. Esse método envolve a dispersão da luz em suas cores componentes, criando um espectro. Cada elemento químico emite ou absorve luz em frequências específicas, que são como "assinaturas" únicas. Ao analisar o espectro de luz de um objeto celeste, os cientistas podem identificar os elementos presentes e até mesmo determinar sua abundância relativa. Isso fornece informações valiosas sobre a composição química e a evolução das galáxias, estrelas e planetas.”</p>
AI 5269	<p>“Não. Eu imagino que uma maneira possível deles fazerem essa descoberta é através da cor e da intensidade da luz refletida.”</p>
AI 5204	<p>“Os cientistas usam a espectroscopia para estudar e analisar a luz de estrelas, planetas e até galáxias. Este método envolve espalhar a luz em cores diferentes, criando um espectro. Cada elemento químico possui linhas únicas de emissão ou absorção no espectro e, ao identificar essas linhas, os cientistas podem identificar quais elementos estão presentes. Isto fornece informações valiosas sobre a composição química e as condições físicas desses objetos, ajudando-nos a compreender o universo.”</p>
AI 5049	<p>“Já vi na internet algo sobre como os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, mas nunca com o intuito de aprender e levar como conhecimento. Bom, na minha concepção de mundo, tudo que é visível tem possibilidade de se inferir alguma coisa, então, se a luz passa por lugares inimagináveis até chegando a velocidades astronômicas, além de</p>

	<p>claridade outras coisas devem passar por ela, quando na galáxia a luz incide sobre um elemento talvez emita alguma deformidade que faça com que seja possível saber qual elemento passa por ali ou se é vivo e quantos anos ele passa por lá.”</p>
AI 4683	<p>“Sim, os cientistas determinam a composição dos planetas e das estrelas através de uma variedade de técnicas e observações. Para planetas dentro do nosso sistema solar, como a Terra, usam-se análises de rochas e minerais, bem como espectroscopia para identificar os elementos presentes na atmosfera e na superfície.</p> <p>No caso das estrelas, a espectroscopia é uma ferramenta fundamental. Quando a luz de uma estrela é dividida em seu espectro de cores, podemos identificar as linhas escuras ou brilhantes que correspondem aos elementos presentes em sua atmosfera. Isso nos fornece informações sobre a composição química da estrela. Além disso, observações de temperatura e brilho também ajudam a determinar a idade e a evolução das estrelas.</p> <p>Para exoplanetas, que orbitam estrelas distantes, os cientistas usam técnicas de trânsito e espectroscopia de trânsito. Quando um exoplaneta passa na frente de sua estrela hospedeira, parte da luz da estrela passa através da atmosfera do planeta, deixando impressões digitais espectrais que revelam sua composição.</p> <p>Em resumo, os cientistas usam uma combinação de observações diretas, espectroscopia e modelagem teórica para determinar a composição de planetas e estrelas em nosso universo. Essas técnicas nos permitem aprender muito sobre os objetos celestes distantes e compreender melhor a vastidão e a diversidade do cosmos.”</p>
AI 4473	<p>“Sim, já ouvi falar de forma rasa sobre o processo. Trata-se de analisar as sombras obtidas em um espectro de luz (infravermelho ao ultravioleta), a partir da dispersão da luz por um difrator. A depender dos elementos químicos que emitem essa luz, as sombras serão determinadas em posições diferentes. Assim, é possível analisar qual elemento químico está presente em corpos celestes.”</p>
AI 4818	<p>“Sim, o processo tem relação com a identificação da composição dos elementos químicos através do espectro de luz dos diversos comprimentos de ondas. Ao analisar as linhas espectrais específicas de cada elemento é possível determinar a composição e a evolução. Por exemplo, um corpo gasoso (gás) emite um espectro brilhante, sendo o número e a posição na linha de Fraunhofer variando a depender do elemento químico presente.”</p>
AI 5173	<p>“Sim. Esse processo ocorre a partir da identificação da composição dos elementos químicos por meio da análise da luz desse astro depois de passar por uma rede de difração. Observando as linhas espectrais características de cada elemento podemos constatar a evolução e a composição, como ao observar o</p>

	espectro de uma estrela cada linha escura significa que na sua atmosfera há presença de um elemento químico. E, dessa forma, foi possível catalogar e classificar os astros.”
AI 5220	“Não, e nem imagino como, mas deve ser por meio de experiências com a atmosfera terrestre e a diferença dela com o espaço. Pode ser também por observações com os satélites e as idas ao espaço. obs: Já li tudo e sei que não é nada disso kkkkkkkkkkkk.”
AI 4757	“Não, acredito que eles fazem essas descobertas através de sondas enviadas acopladas a foguetes, para fazerem o primeiro reconhecimento e assim conseguirem descobrir os elementos químicos presentes nesses galáxia, planetas e estrelas.”
AI 5257	“Recentemente, estudei um pouco sobre como os cientistas descobriram quais elementos químicos estão nos diversos corpos celestes, como por exemplo o Sol e os planetas do Sistema Solar. Fiquei impressionado com a descoberta, pois esta era uma pergunta que me atormentava um pouco. Nunca poderia imaginar que a composição química dos corpos celestes podia ser entendidos através de informações obtidas pela luz, estas informações são as linhas espectrais, elas são combinações de faixas com comprimentos de ondas específicos para cada elemento, isto pode ser comparado a impressão digital. Deste modo, comparando as informações do elemento químico, a luz que vem dos corpos celestes, torna-se possível descobrir sua composição química.
AI 4680	O processo utilizado pelos cientistas é o espectroscopia e que nele cada elemento assume um comprimento de luz diferente e ao imaginar como funciona eu fiquei bastante interessada.”
AI 4923	“Não faço ideia, mas acredito que seja por meio do espectro das cores emitidas, para estudar outros planetas.”
AI 4545	“Não, acredito que seja por meio de experiências feita com a atmosfera, acredito também que é feito a partir de uma observação, acho que é um estudo muito trabalhoso, mas é interessante, ai da não sabia sobre esse assunto, vou pesquisar mais sobre!”
AI 4834	<p>“Certamente, vou detalhar ainda mais o processo de determinação da composição química de galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós por meio da espectroscopia:</p> <p>A espectroscopia é uma técnica fundamental para analisar a luz ou radiação eletromagnética emitida ou refletida por objetos no espaço. Ela envolve a descomposição da luz em suas diferentes cores, criando um espectro, que pode</p>

	<p>ser interpretado para identificar quais elementos químicos estão presentes. Existem várias técnicas específicas utilizadas para essa finalidade:</p> <p>1. Espectroscopia de Absorção: Nessa abordagem, os cientistas examinam as chamadas linhas de absorção no espectro de luz. Quando a luz de uma fonte distante passa por uma nuvem de gás ou pela atmosfera de um objeto no espaço, os elementos químicos presentes nesses meios absorvem luz em comprimentos de onda específicos. Cada elemento possui um padrão único de linhas de absorção, permitindo a identificação precisa dos elementos presentes.</p> <p>2. Espectroscopia de Emissão: Contrapartida da espectroscopia de absorção, essa técnica se concentra nas linhas de emissão brilhantes do espectro de luz. Quando os átomos ou moléculas de um elemento são excitados a altas temperaturas, eles emitem luz em comprimentos de onda característicos. Novamente, a presença de linhas de emissão em um espectro ajuda a identificar os elementos químicos presentes.</p> <p>3 Espectroscopia de Dispersão Raman:Essa técnica é particularmente sensível às vibrações moleculares e é usada para identificar moléculas complexas, como compostos orgânicos, em objetos celestes.</p> <p>4. Espectroscopia de Massa: Em casos específicos, a espectroscopia de massa é empregada para determinar a composição química de um objeto celeste. Essa técnica envolve a ionização dos elementos e a medição das massas dos íons resultantes, permitindo a identificação precisa dos elementos químicos presentes.</p> <p>5. Análise de Características Espectrais:Além das técnicas mencionadas, os cientistas também consideram características gerais do espectro, como a largura das linhas de absorção ou emissão, a intensidade relativa das linhas e outros detalhes que fornecem informações sobre as condições físicas do objeto celeste que emitiu a luz.</p> <p>Essas técnicas de espectroscopia desempenham um papel crucial na determinação da composição química de objetos astronômicos, fornecendo informações valiosas sobre a história e a evolução do universo. Além disso, ajudam os cientistas a compreender melhor a natureza e as propriedades dos corpos celestes distantes.”</p>
AI 4546	<p>“Sim! Pela espectroscopia: uma técnica extraordinária que permite aos cientistas revelarem os segredos da composição química das entidades celestiais, sejam elas galáxias distantes, planetas do nosso próprio sistema solar ou até mesmo as estrelas que pontilham o firmamento. Essa abordagem se baseia em uma compreensão profunda do comportamento da luz e das propriedades dos elementos químicos.</p>

O processo começa com a coleta da luz proveniente desses objetos no espaço sideral. Por exemplo, quando a luz de uma estrela ou de uma galáxia chega até nós, ela carrega consigo informações valiosas sobre sua composição. No entanto, essa luz é branca e aparentemente uniforme. É aí que a espectroscopia entra em cena.

Ao direcionar a luz através de um prisma ou de uma rede de difração, ocorre a decomposição dessa luz em suas cores componentes, criando um espectro contínuo que se assemelha ao famoso arco-íris. No entanto, o que torna esse espectro especialmente intrigante são as linhas escuras ou brilhantes que aparecem nele.

A descoberta dessas linhas é crucial para a análise. No século XIX, observadores como William Wollaston e Joseph von Fraunhofer perceberam as linhas escuras no espectro solar, que foram posteriormente denominadas "linhas de Fraunhofer". Contudo, a verdadeira compreensão dessas linhas veio com o trabalho de Gustav Robert Kirchhoff e Robert Wilhelm Bunsen.

Kirchhoff e Bunsen descobriram que cada elemento químico emite ou absorve luz em comprimentos de onda específicos, criando um conjunto único de linhas no espectro. Essas linhas brilhantes ou escuras servem como impressões digitais químicas que podem ser usadas para identificar a presença de elementos.

As três leis fundamentais de Kirchhoff na espectroscopia são essenciais para essa análise:

1. Um corpo quente produz um espectro contínuo.
2. Qualquer gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes.
3. Quando a luz de um corpo quente passa por um gás mais frio, este causa o aparecimento de linhas escuras.

Com base nessas leis e no estudo dessas linhas espectrais, os astrônomos podem determinar a composição química de objetos celestes. Quando eles identificam linhas brilhantes em um espectro, sabem quais elementos estão presentes na fonte de luz. Por outro lado, ao detectar linhas escuras, podem deduzir quais elementos estão absorvendo parte da luz.

Essa técnica não se limita à luz visível; astrônomos também a aplicam em faixas do espectro eletromagnético, como o infravermelho e o ultravioleta, para obter informações ainda mais detalhadas sobre a composição e as condições físicas das entidades estudadas.

Em resumo, a espectroscopia é uma ferramenta poderosa e versátil que permite aos cientistas desvendar os segredos da composição química do cosmos. Ela

	desempenha um papel fundamental na compreensão da vastidão e da diversidade do universo que nos cerca, enriquecendo nossa compreensão da natureza das estrelas, dos planetas e das galáxias.”
AI 5324	“Não, nunca ouvir falar, mas com base nos meus conhecimentos, em resumo, a espectroscopia é uma ferramenta essencial na astronomia e astrofísica, permitindo que os cientistas possam desvendar os segredos da composição química e das características físicas dos objetos celestes, tudo com base na luz que nos alcança.”
AI 4472	“Eu nunca ouvi falar sobre como os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz q chega até nós. Porém, eu imagino que cada elemento químico emite uma frequência à medida que a luz passa, possibilitando assim designar qual elemento químico se trata especificamente.”
AI 4462	“Nunca ouvi falar sobre como esse processo ocorre. Imagino que a luz, quando entra em contato com um elemento químico presente no universo, emite uma frequência específica, que pode ser associada à frequência emitida pelos elementos da tabela periódica.”
AI 5365	“Não tenho um conhecimento prévio, mas acredito que cada elemento químico possua uma cor que se refratada irá "brilhar" mais forte, e com algum equipamento específico essa onde emitida pelo elemento irá ser indicada com cor, comprimento de onda e frequência.”
AI 5359	“Não tenho ideia, mas pode se dizer que eles analisam tudo que já temos descoberto, quando forem pesquisar algo novo fora do nosso planeta, galáxia podem fazer comparações de acordo com o modo que tudo chega na nossa visão aqui na Terra por meio da luz.”
AI 4723	“Eu não sei exatamente como os cientistas conseguem descobrir quais são os elementos químicos que estão presentes na galáxia. Mas acredito que eles chegam a essas conclusões através do espectro de luz que está sendo avaliada, por meio da temperatura ou movimentação dos corpos no espaço.”
AI 5345	“Por meio da análise do espectro de uma estrela. No qual seria a Espectroscopia: acho q seria o estudo da interação da radiação eletromagnética e a matéria) exemplo dado na aula, tendo relações com eletromagnetismo”
AI 5386	“Não, porém imagino que deve ser algo relacionado a alguma ferramenta científica que seja relacionado a radiação eletromagnética, já que ela é considerada como um conjunto de ondas que se propaga no vácuo que transporta

	energia, e como foi estudado na aula essas ondas são muito utilizadas no micro-ondas, em lâmpadas incandescentes e principalmente em rádio transmissões.”
AI 5034	“Os cientistas usam a espectroscopia para analisar a luz que chega até nós de galáxias, planetas e estrelas. Cada elemento químico emite ou absorve luz em frequências específicas, criando linhas de absorção ou emissão características em um espectro de luz. Ao examinar essas linhas, os cientistas podem identificar quais elementos estão presentes e obter informações sobre as condições desses objetos astronômicos, como temperatura e pressão. Isso nos ajuda a entender a química do universo e a evolução de seus componentes.”
AI 4530	“De início, eu tinha a ideia de que a forma de descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias e etc eram através de vários estudos e experimentos. Com alguns estudos fui entendendo melhor sobre o assunto, e aprendendo que é feita através de uma técnica chamada Espectroscopia, analisando o “Espectro” produzido pela luz do astro após passar por um prisma ou uma rede de Difração que decompõe a luz vinda do espaço em suas cores primárias. Kirchhoff e Bunsen após muitos estudos *concluíram que cada elemento químico produzia suas próprias linhas vistas através do prisma como uma assinatura própria. Hoje em dia os Espectroscópios não usam mais os Prismas para decompor a luz e sim redes de Difração para espalhar os diversos cumprimentos.”
AI 4685	“Pelo que eu sei sobre esse processo para descobrir quais são os elementos químicos presentes nas galáxias, planetas e estrelas, consiste em analisar o espectro de radiação eletromagnética emitido pelos corpos celestes utilizando a espectroscopia. Identificando as frequências de luz que foram absorvidas ou emitidas, determinando a composição química, entender a formação e evolução do universo para pesquisas relacionadas à vida extraterrestre e outros fenômenos astrofísicos. Permitindo que os cientistas desvendem os segredos presentes em corpos celestes distantes com a ferramenta chamada espectroscopia.”
AI 5389	<p>“Sim, os cientistas têm desenvolvido métodos sofisticados para determinar quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós. Esse campo de estudo é conhecido como espectroscopia astronômica e desempenha um papel crucial na nossa compreensão do universo.</p> <p>O processo de identificação dos elementos químicos nas distantes galáxias e corpos celestes começa com a coleta da luz proveniente desses objetos utilizando telescópios. Essa luz é então dispersa em suas componentes espectrais utilizando dispositivos como espectroscópios. Cada elemento químico emite ou absorve luz em frequências específicas, criando um padrão característico de linhas de absorção ou emissão no espectro.</p> <p>Os cientistas comparam essas linhas espectrais com as linhas conhecidas de elementos químicos na Terra. Se as linhas espectrais coincidem com as do hidrogênio, por exemplo, isso indica a presença de hidrogênio na galáxia, estrela ou planeta observado. Da mesma forma, a detecção de linhas espectrais</p>

	<p>correspondentes a elementos como hélio, oxigênio, ferro e outros permite inferir a composição química do objeto estudado.</p> <p>A espectroscopia astronômica também fornece informações sobre a temperatura, densidade e velocidade das partículas no objeto observado. Além disso, ela pode revelar a presença de moléculas complexas e até mesmo substâncias orgânicas, o que é fundamental para a busca por vida extraterrestre.</p> <p>Outro método importante para determinar a composição química de estrelas é a análise do diagrama de Hertzsprung-Russell, que relaciona a luminosidade e a temperatura das estrelas. Com base nessa relação, os cientistas podem estimar a massa, idade e composição das estrelas.</p> <p>Em resumo, os cientistas utilizam a espectroscopia astronômica e outros métodos para analisar a luz proveniente de galáxias, planetas e estrelas e identificar os elementos químicos presentes. Essas descobertas são fundamentais para nossa compreensão da formação e evolução do universo e dos processos físico-químicos que ocorrem em corpos celestes distantes.”</p>
AI 4522	<p>“Nunca ouvi falar sobre como os cientistas ao redor do mundo conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes nas galáxias, planetas ou estrelas usando apenas a luz que chega até nós. Entretanto, como o assunto que está sendo abordado é a eletroscopia, imagino que seja através dos métodos envolvidos na eletroscopia juntamente com outros assuntos na física, química e matemática que eles façam tal descobertas.”</p>
AI 4463	<p>“Nunca ouvi falar sobre o funcionamento do método de descoberta de elementos químicos em corpos espaciais, no entanto, imagino que ele deve basear-se no fato de que cada corpo possui uma frequência específica que, quando submetido a ela, o faz entrar em estado de ressonância, ou seja, aumentar a amplitude de suas oscilações naturais. Dessa forma, acredito que o processo deve ocorrer da seguinte maneira: emite-se uma onda eletromagnética da frequência do elemento químico desejado na direção de um certo corpo espacial, posteriormente, caso o elemento em questão esteja presente, a onda enviada será refletida e com uma amplitude diferente, já que ela irá se sobrepor com aquela naturalmente emitida pelo elemento químico.”</p>
AI 4759	<p>“Para falar a verdade, nunca escutei falar sobre como os cientistas realizam processo para descobrir os elementos químicos dos corpos celestes. Acho que eles descobrem a partir do tipo da frequência de onda que estes corpos emitem. E já que os elementos químicos possuem certa coloração, quando esta onda chega à Terra, eles conseguem estudar e descobrir a composição química do corpo celeste.”</p>
AI 5157	<p>“Não, nunca ouvi falar, porém eu acho que essa descoberta é possível através da semelhança com os elementos presentes no nosso planeta, por meio do uso de</p>

	telescópios e ferramentas que permitem a visão dos formatos dos elementos por meio da luz”
AI 4479	“Não sei exatamente como, mas penso que, a luz que é feita com a combustão de certos materiais gera cores que quando vistas pelos cientistas, são comparadas as cores de combustão de elementos no vácuo”
AI 4478	“O que eu sei sobre esse assunto é que cada elemento químico reflete uma determinada cor no espectro de luz, que , segundo o modelo atômico de Bohr, ocorre de acordo com a liberação de fótons, que é a energia liberada pelo elétron em forma de luz durante o retorno à camada eletrônica em que estava antes de ser excitado. Dessa forma, essa diferenciação das cores ocorre pela diferenciação dos elementos químicos, cada um com uma quantidade de prótons diferentes em seu núcleo e seus diferentes níveis de atração em relação aos elétrons, resultando na liberação de mais ou menos energia quantizada, que está relacionada com a frequência da luz que será refletida. Logo, quando se faz o estudo dos elementos químicos e da cor que ele reflete, torna-se possível identificar qual é o elemento químico presente em um astro a partir da cor que por ele é refletida.”
AI 4471	<p>“Para descobrir a composição química de galáxias, planetas e estrelas os cientistas costumam fazer uso do método da Espectroscopia, a partir do qual é medida a quantidade de radiação emitida e/ou absorvida pelas moléculas do objeto, então o resultado é comparado com os valores de uma emissão de luz visível, assim, as diferenças entre os espectros indicam as características procuradas, como a composição química.</p> <p>Cada uma das regiões do espectro eletromagnético (raios ultravioleta e infravermelho, por exemplo) fornece informações diferentes sobre a matéria, por isso deve-se adequar o experimento para o uso de regiões específicas de acordo com o que se busca pesquisar.”</p>
AI 4672	“Os cientistas conseguem descobrir por meio do espectroscopia que através da transmissão, absorção ou reflexão da energia radiante gera uma amostra.”
AI 4467	“Os cientistas conseguem descobrir os elementos químicos presente no espaço e galáxias através da luz distante no espaço. Isso acontece, pois, cada elemento brilha de um jeito diferente, é como se cada elemento representasse uma cor do arco-íris e através da luz eles conseguem descobrir os elementos químicos presentes no espaço. Logo, ao analisar a luz vinda desses elementos, torna-se possível identificá-los.”
AI 4517	“Eu ouvi dizer que os cientistas fazem uma análise do espectro, que é a luz que vem do espaço decomposta em suas cores primárias. As medidas espectrais variaram em relação à composição química e temperatura, permitindo que eles consigam classificar as características de cada estrela ou planeta estudado.”

<p>AI 4929</p>	<p>“Antes desse trabalho eu não sabia como os cientistas faziam esse reconhecimento, porém pesquisando e estudando eu descobri que eles usam a espectroscopia. Essa técnica é chamada de “espectroscopia”, que nada mais é do que a análise do “espectro” após ele ter passado por um prisma ou rede de difração e ser capaz de separar a luz do espaço em suas cores primárias. Por causa disso, os cientistas podem usar a espectroscopia para classificar as propriedades das estrelas e dos astros do Sistema Solar.”</p>
<p>AI 4477</p>	<p>“Eu já ouvi falar sobre um método para alcançar esse objetivo. A priori, quando um gás é iluminado, suas moléculas absorvem e refletem essa luz em frequências e quantias distintas. E como cada elemento realiza esse processo de uma maneira única, formando uma espécie de "código de barras", é possível saber a composição química de planetas e galáxias analisando quais frequências de luz chegam de lá até nós (quais estão sendo absorvidas e emitidas pelos corpos observados). Dessa forma, os cientistas conseguem descobrir não somente quais elementos químicos estão presentes em superfícies distantes, como também suas quantidades relativas.</p> <p>Todavia, mesmo sem ver os planetas, ainda somos capazes de determinar as partículas que existem neles, uma vez que ao passarem na frente de sua estrela mãe, seus gases bloqueiam algumas frequências específicas de luz, conforme seu "código de barras". Também é importante destacar que esse processo não é nada fácil, visto que como algumas superfícies são muito rarefeitas, as frequências luminosas que chegam à terra são bem fracas. Nesse cenário, faz-se o uso de telescópios e espectrômetros extremamente avançados e sensíveis.”</p>
<p>AI 4540</p>	<p>“É emocionante pensar a forma como os cientistas desvendam os segredos da composição química das galáxias, planetas e estrelas através da luz que viaja pelo espaço. Embora esse seja um conceito que desafia nossa imaginação, as possibilidades são intrigantes.</p> <p>Uma das maneiras mais conhecidas de desvendar a composição química de corpos celestes é a espectroscopia. A luz que emana das estrelas e outros objetos no universo carrega consigo informações cruciais sobre sua composição química. Ao decompor essa luz em seus componentes fundamentais, os cientistas podem analisar o espectro resultante para determinar quais elementos químicos estão presentes em uma determinada região do espaço.</p> <p>Em resumo, a espectroscopia é uma ferramenta extraordinária que nos permite desvendar os segredos da composição química do universo. Com avanços contínuos na tecnologia e na análise de dados, os cientistas podem vislumbrar um futuro no qual a compreensão dos elementos químicos presentes em</p>

	galáxias, planetas e estrelas será mais precisa do que nunca, revelando os mistérios do cosmos de maneiras que não podemos imaginar hoje.”
AI 4689	“Não. Imagino que seja através das frequências e dos comprimentos de ondas que cada elemento que conhecemos emite, assim quando a luz vinda do espaço reflete a luz dessas galáxias, planetas e até planetas ela chega até nós, e então podemos calcular sua frequência e seu comprimento de onda e descobrir qual elemento está presente neles.”
AI 4937	<p>“Para os cientistas descobrirem os elementos químicos presentes nos corpos celestes com base na luz, é utilizada a espectroscopia. Essa técnica consiste na análise do espectro produzido pela luz da estrela quando a mesma passa por uma rede de difração, decompondo a luz vinda do espaço em suas cores primárias.</p> <p>Kirchhoff foi um físico alemão que formulou as três leis básicas da espectroscopia, sendo elas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Um corpo opaco quente produz um espectro contínuo, sólido, líquido ou gasoso. 2. Qualquer gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes. 3. Se a luz de um sólido passar por um gás com temperatura mais baixa, o gás frio causa o aparecimento de linhas escuras.”
AI 4465	<p>“Sim, os cientistas têm uma maneira interessante de descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós. Esse campo de estudo é conhecido como espectroscopia astronômica, e ele desempenha um papel crucial na compreensão da composição do universo.</p> <p>Quando a luz de um objeto astronômico, como uma estrela ou uma galáxia, atinge os telescópios na Terra ou em órbita, ela carrega consigo informações valiosas sobre sua composição química. Usando a espectroscopia astronômica os cientistas primeiro captam a luz e então esta é direcionada para um espectrômetro, que a descompõe em suas diferentes cores ou comprimentos de onda, criando um espectro. O espectro é uma representação gráfica da intensidade da luz em função do comprimento de onda. Ele se parece com uma série de linhas escuras e claras chamadas linhas espectrais. Cada elemento químico possui padrões de linhas espectrais únicos, como impressões digitais químicas. Os cientistas então comparam as linhas espectrais do objeto astronômico com as linhas espectrais conhecidas de elementos na Terra. Se houver correspondência entre as linhas espectrais observadas e as linhas de um</p>

	<p>elemento específico, isso indica a presença desse elemento no objeto estudado. Assim é feito o mapeamento químico das estrelas, galáxias e corpos celestes distantes.”</p>
AI 4457	<p>“Eu nunca havia parado para pensar em como os cientistas descobrem os elementos químicos presentes em galáxias, planetas e estrelas, muito menos imaginava que fazia isso através da análise da luz. No entanto, o uso da luz para tanto me parece muito lógico. Posso imaginar que os cientistas devem estudar os padrões de absorção e emissão de luz para identificar os elementos químicos presentes. Cada elemento teria um padrão diferente.”</p>
AI 4737	<p>“Os cientistas usam a espectroscopia para determinar quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós. Este método envolve a análise da luz emitida ou refletida por esses objetos. A luz é dividida em suas várias cores ou comprimentos de onda, criando um espectro.”</p>
AI 5234	<p>“Apesar de nunca ter ouvido sobre antes, acredito que os cientistas consigam, a partir das cores das luzes emitidas pelo universo à fora, definir um espectro de materiais que possam emitir tais luzes, e assim consigam definir quais tipos de elementos tem predominantemente naquela área, sem nem ter chegado até lá.”</p>
AI 4730	<p>“Nunca ouvi falar ao certo como essas descobertas são feitas, mas acredito que através de estudos das partículas presentes em meteoritos, ou nos próprios planetas que são coletados a partir de sondas que lá habitam. E depois da coleta, uma série de estudos são realizados até chegarem ao veredito.”</p>
AI 4712	<p>“Certamente! Pelo conhecimento prévio que eu tenho, os cientistas são capazes de determinar quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós através de um processo chamado espectroscopia. Quando a luz de uma fonte distante passa por um prisma ou um instrumento similar, ela se separa em diferentes comprimentos de onda, formando um espectro. Os cientistas podem comparar essas linhas com padrões conhecidos para identificar os elementos presentes na fonte de luz.”</p>
AI 5031	<p>“Nunca ouvi falar sobre a maneira que os cientistas conseguem descobrir elementos presentes em outras posições do universo, mas imagino que seja através de instrumentos que possibilitem ver a composição da matéria encontrada em determinado ponto do universo.”</p>
AI 4941	<p>“Os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós por meio de uma técnica conhecida como espectroscopia, mas como funciona esse processo?”</p>

	<p>A espectroscopia é fundamental para o estudo da radiação absorvida, refletida ou espalhada por uma substância. Desse modo, a técnica de recolhimento de dados físicos e químicos, através da transmissão das ondas das substâncias, ou melhor, do conjunto de ondas elétricas e magnéticas que passou a ser chamado de radiação eletromagnética, tem origem no estudo da luz visível dispersa de acordo com seu comprimento de onda.</p> <p>Tal fenômeno pode ser visto no arco-íris, ou na dispersão da luz branca em um prisma, nos permitindo ver diferentes espectros com características singulares. vale-se ressaltar que a dispersão da luz só é possível por conta de um fenômeno óptico denominado refração, que é responsável por alterar a velocidade da uma onda após ela mudar de meio, como do ar para um prisma transparente, objeto usado na dispersão da luz.</p> <p>Ademais, com o avanço tecnológico, os cientistas passaram a identificar elementos químicos por meio dos espectros que eles emitiam, usando um equipamento chamado espectógrafo. Dessa forma, eles puderam descobrir quais elementos químicos estão presentes nos astros e galáxias ao redor do universo, somente a partir do comprimento de onda que esses astros, estrelas e planetas emitem.”</p>
<p>AI 5005</p>	<p>“não. Eu imagino que eles devem fazer o uso de sondas eletromagnéticas e detectar interferências para saber sobre esses materiais metálicos”</p>
<p>AI 4497</p>	<p>“Em meus conhecimentos sobre o assunto, quando os astrônomos posicionam um telescópio (normalmente espacial) direcionado a um determinado corpo ou aglomerado de corpos se lestes, os mesmos usam a frequência de luz para definir quais matérias estão ali presentes. Assim sabendo que cada elemento reflete um determinado feixe de luz e frequência, utilizam do prisma newtoniano(que já foi objeto de estudo nas nossas aulas) para decompor as cores. Foi dessa forma que os cientistas acabaram descobrindo a existência de moléculas orgânicas complexas com o telescópio James Web a cerca de 12 Bilhões de anos luz da terra. Esses são apenas os meus conhecimentos, posso estar equivocado”</p>
<p>AI 4151</p>	<p>“Nunca ouvi falar sobre como os cientistas conseguem indentificar os elementos químicos presente em galáxias, planetas entre outros. Creio que através de estudos aprofundados com auxílio da tecnologia avançada disponibilizada , utilizando cálculos que já são usados em outros assuntos porém tenha semelhança com esse , creio q hipóteses e experimentos não ficaram de fora no processo de descobrimento desses elementos além de união de várias outras disciplinas para aumentar o conhecimento a fim de um resultado ideal”</p>

AI 5394	<p>“Sim, os cientistas usam uma técnica chamada espectroscopia para determinar quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós. Quando a luz de uma fonte distante atravessa um prisma ou um dispositivo similar, ela se separa em diferentes cores ou espectros. Cada elemento químico tem um padrão de linhas espectrais exclusivo, que funciona como uma "impressão digital" para aquele elemento. Ao analisar essas linhas espectrais no espectro da luz, os cientistas podem identificar quais elementos estão presentes na fonte de luz e até mesmo determinar sua temperatura e composição química.”</p>
AI 4983	<p>“Os cientistas utilizam a luz do planeta ou da galáxia, decompõem essa luz com lentes e prismas de maneira a conseguir as linhas espectrais e vêm as linhas que estão faltando. As linhas faltando mostram que alguma frequência de luz foi absorvida. Como cada elemento químico possui uma assinatura espectral específica, e como cada elemento absorve luz em faixas, da para saber qual elemento está no planeta, estrela ou galáxia pela linha que falta. (Foi assim que descobriram que o sol contém hélio e hidrogênio.)”</p>
AI 4469	<p>“Não tenho certeza sobre como essas substâncias são descobertas. Entretanto, imagino que os cientistas analisem a velocidade que a luz emitida por essas substâncias no espaço; sendo essa uma característica determinante para o desvendamento do componente.”</p>
AI 4460	<p>“Na matéria de química, estudamos que cada elemento químico, em processo de combustão, emite uma cor de chama diferente. Isso está relacionado com a excitação de diferentes elétrons, dispostos em diferentes camadas, e subníveis de energia. Correlacionando com a física, suponho que haja uma relação entre os espectros eletromagnéticos de raios de luz vindos de outras estrelas que estão em processo constante de combustão de seus elementos químicos constituintes.”</p>
AI 4681	<p>“As estrelas são astros luminosos e se diferenciam em vários aspectos (químicos, físicos etc.). E para diferenciá-las é necessário a análise do espectro de sua luz por meio de materiais especiais (não sei quais são).”</p>
AI 4845	<p>“Acredito que os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas através das características físicas e químicas dos elementos, juntamente do espectro de luz.”</p>
AI 5211	<p>“Eu não tenho muita ideia de como os cientistas o fazem e nunca procurei saber como eles conseguem, porém acredito que seja através de uma certa análise da luz ou partícula contida na luz, que chega até nós através dos elementos químicos vindos de galáxias e planetas distantes, acredito que cada partícula seja diferente, possuindo assim uma denominação, sendo possível os cientistas identificarem esse elemento, por mais que esteja muito longe, acredito que eles se baseiam nas poucas partículas de luz que chegam e com o material que</p>

	possuem ou através de um certo parâmetro podem denominar cada elemento e descobrir a composição.”
AI 4461	“Sim, eles pegam uma volta da Terra e analisam a estrela com base no período da Terra, depois medem a distância, calculam a frequência a partir do período da estrela, sabem a cor da luz e aí veem o elemento que emite essa luz. Vi num vídeo de curiosidades científicas, mas não me lembro muito bem”
AI 4458	<p>“Nunca havia pensado sobre o assunto antes, de fato é curioso o fato de conhecermos a composição química de corpos celestes aos quais nenhum homem jamais visitou e nem nenhum pedaço chegou à Terra.</p> <p>Como a única coisa a que temos acesso é a luz que esses corpos emitem, creio que tal descoberta deve estar relacionada à frequência de luz emitida por cada elemento químico, que deve ser semelhante. Dessa forma, creio que os cientistas sabem a composição química de corpos celestes distantes por meio de uma análise do espectro de luz emitido e de um estudo prévio sobre o espectro de luz emitido por cada elemento químico.”</p>
AI 4688	“Nunca ouvi falar e confesso que nunca tive a curiosidade de pesquisar sobre; mas, se fosse para arriscar um palpite - baseado nas aulas do 9º e 1º ano - diria que, através do comprimento de onda dessa luz, seria possível identificar os elementos químicos, como acontece nos fogos de artifício, por exemplo.”
AI 4470	“Estudar sobre esse assunto foi muito curioso e intrigante, a leitura do texto me despertou ainda mais o interesse. Com ele, pude ampliar (compreender de uma vez)os conhecimentos sobre espectroscopia, além de , poder enxergar que a física possui uma familiaridade com a química, principalmente em fenômenos do dia a dia que geram uma reação, facilitando assim o entendimento dos estudos das duas matérias. Ademais, pode-se dizer que o entendimento sobre as coisas que aconteceram ao nosso redor, diariamente, me deixa mais fascinada com o mundo.”
AI 4466	“Nunca ouvi falar. Acredito que haja máquinas e mecanismos que sejam capazes de ter a exatidão de quanto tempo determinada matéria ou elemento se deslocou, conseqüentemente, descobrindo a distância percorrida e assim associando à galáxias, planetas e estrelas mediante a sua distância.”
AI 4455	“Os cientistas descobrem a composição química de seres distantes através da luz proveniente deles. Eles possuem algum instrumento que consegue identificar exatamente quais as cores dos raios de luz que estão sendo emitidos e assim devem relacionar com elementos. Para isso, eles já devem saber quais são as cores que cada elemento emite, por exemplo: o aparelho reconheceu a cor preta, então identificou que o corpo possuía carbono na sua composição. Preto foi dado como exemplo porque no caso não seria uma possibilidade, pois imagino que as cores visíveis seriam as cores do arco-íris.”

AI 4687	“Nunca tinha escutado sobre isso muito menos estudado, mas acredito que os cientistas descobrem essas coisas por meio da espectroscopia, que estuda da luz emitida ou refletida por objetos celestes. Em primeira análise, acho que eles conseguem esse feito captando a luz, como por exemplo o telescópio, além disso, fazem uma análise dessas luzes.”
----------------	---

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B- Discussão no Fórum 1 na segunda etapa da SD no AVA

Quadro 2 – Discussão no Fórum 1 na segunda etapa da SD no AVA

AI 4522	<p>“Em primeira análise, o texto em si já é muito interessante capaz de criar mais curiosidade em nós, alunos, para pesquisarmos mais sobre o assunto, o texto também apresenta uma linguagem simples apesar de tratar de assuntos relacionados à física. Sobre a construção do espectroscópio e o experimento, eu achei muito intrigante e seguindo as instruções corretas é possível fazer tudo corretamente de forma simples.”</p>
AI 4723	<p>“O texto é muito interessante. Eu não tinha conhecimento acerca do assunto e descobrir sobre ele foi muito fácil e de extrema adição para os meus conhecimentos gerias. A construção do telescópio também é muito simples e foi muito interessante.”</p>
AI 5034	<p>“Do meu entendimento, o texto aborda a espectroscopia na astronomia como uma ferramenta essencial para identificar a composição de estrelas e planetas por meio das linhas espectrais emitidas. Esse conhecimento fundamental levou à descoberta do hélio no Sol e também explora as leis de Kirchhoff. Além disso, o texto fornece um guia passo a passo para criar um espectroscópio caseiro, tornando o experimento ainda mais cativante. Devendo um destaque maior ao assunto”</p>
AI 5412	<p>“o texto fala da espectroscopia. que é uma técnica utilizada para analisar e estudar a composição e a propriedade das matérias através das medidas espectrais que variam pela temperatura e a composição química, o texto é muito interessante, não tinha pensado nisso antes.”</p>
AI 5389	<p>“O conteúdo abordado no texto é bastante interessante, nele é possível observar a história da Espectroscopia em como influenciou descobertas- como a descoberta do hélio- e as três leis de Kirchhoff. Além disso, o fato de poder construir um espectroscópio caseiro com tão poucos materiais e de forma simples torna o experimento muito prático, fácil e interessante.”</p>
AI 4530	<p>“Achei muito interessante o texto e os assuntos abordados, informando assuntos legais como: as leis de Kirchhoff, a questão de como a espectroscopia foi usada para entender a luz solar, o fato da decomposição das cores primárias da luz branca num prisma acontecer devido às diferenças de comprimento de onda de cada cor, que vão do vermelho ao violeta e outros aspectos interessantes. Além disso, fiz o espectroscópio caseiro e foi bem pratico e legal de fazer.”</p>

AI 4834	<p>“O conteúdo sobre a composição química dos planetas e estrelas, bem como o funcionamento da espectroscopia, é bastante interessante e informativo. A explicação sobre como os cientistas ao longo do tempo descobriram a composição dos elementos nos corpos celestes é fascinante. A história de como as leis de Kirchhoff foram formuladas a partir dos experimentos de Bunsen e Kirchhoff é um exemplo de como a ciência avança ao longo do tempo. O texto também fornece uma ideia de como um espectroscópio caseiro pode ser construído a partir de materiais simples, como uma caixa de papelão e um pedaço de CD. Essa informação é útil para quem deseja experimentar a espectroscopia de maneira prática e entender melhor como os cientistas analisam a luz vinda dos objetos celestes.”</p>
AI 5386	<p>“O texto apresenta um conteúdo extremamente intrigante, abordando a fascinante história da espectroscopia, as influentes três leis de Kirchhoff. Esse texto realmente me deixou curioso sobre como essas linhas podem fazer mudanças tão grandes no nosso mundo mesmo sendo tão fácil de serem feitas.”</p>
AI 5345	<p>“O texto é MT interessante, pois explica a Espectroscopia, q seria uma técnica usada para analisar e estudar a composição e a propriedade dos matérias através da interação entre eles e a luz. O texto mostra diversas formas e exemplos desses estudos, q fazem o assunto ficar ainda mais interessante.”</p>
AI 5173	<p>“Achei muito interessante que espectroscopia e a sua influência na determinação da composição química dos astros que ser estudo de várias perspectivas e avanços tecnológicos diferentes para só depois atingir o nível de complexidade que esse assunto tem hoje.”</p>
AI 4818	<p>“É muito interessante o texto descrever como a espectroscopia foi usada para entender a luz solar, levando à descoberta do hélio e a composição do Sol. Kirchhoff formulou três leis da espectroscopia, permitindo a análise da composição química de elementos. A espectroscopia revolucionou a astronomia e a astrofísica ao pois permite o estudo das linhas luminosas, espectros e composição de objetos celestes, fornecendo informações sobre suas propriedades físicas e elementais, além das características da matéria. Ademais, isso cresceu para para além do espectro visível, abrangendo o infravermelho(podendo servir pra analisar a assinatura de calor) e o ultravioleta.”</p>
AI 5087	<p>“O conteúdo do texto é de fato bem interessante e explicativo. Não sabia que era com espectroscopia que descobrimos a composição química de outros planetas e estrelas, e agora que sei disso não vou esquecer mais.”</p>

AI 4904	<p>“Achei muito interessante o fato que o texto descreve como a espectroscopia foi usada para entender a luz solar, levando à descoberta do hélio. Kirchhoff formulou três leis da espectroscopia, permitindo a análise da composição química de elementos. A espectroscopia revolucionou a astronomia ao permitir o estudo das linhas luminosas em objetos celestes, fornecendo informações sobre sua composição e propriedades físicas. Além disso, essa técnica se expandiu para além do espectro visível, abrangendo o infravermelho e o ultravioleta. Uma coisa que vale ressaltar é que buracos negros burlam esse sistema, já que são objetos onde nada escapa do seu horizonte de eventos, tirar foto ou captar algum elemento que o envolve é impossível ou quase.”</p>
AI 4682	<p>“Quando respondi a tarefa 1 (antes de ler o texto 1) ainda não sabia de nada, mas não fiquei tão longe da resposta certa. É muito curioso como a tecnologia e o pensamento se desenvolvem para chegarmos a esse resultado. Construí o espectroscópio caseiro e pude observar as raias luminosas de uma vela e uma lâmpada branca, em casa, impressionante como podemos perceber esse com um instrumento tão simples.”</p>
AI 5269	<p>“O texto descreve a técnica e o surgimento da espectroscopia, que é a análise da composição química da luz de uma estrela após passar por um prisma, e ele também comenta o que são as linhas escuras que aparecem quando se analisa a luz do Sol, que foram vistas pela primeira vez por William Wollaston que interpretou essas linhas como sendo o limite entre as cores. Essas linhas aparecem quando uma luz passa por uma fenda e depois passa por um prisma de vidro e elas são as imagens da própria fenda vista em diversos comprimentos de onda. O texto também comenta sobre o experimento realizado por Kirchhoff e Busen, que analisaram a chama de substâncias químicas através de lentes e um prisma e perceberam que essas substâncias também apresentavam suas próprias e inconfundíveis linhas, e perceberam que não foi só a luz do Sol que apresenta linhas. Kirchhoff também foi o responsável pela criação das três leis básicas da espectroscopia, importantes para determinação da composição química de uma mistura. Através do espectroscópio caseiro é possível observar as faixas de cores que aparecem quando se observa uma luz, essas faixas de cores são os elementos químicos presentes na luz que esta sendo analisada.”</p>
AI 5365	<p>“Não imaginava que era possível entender sobre o composição apenas pelo o estudo da espectroscopia, já possuía um certo conhecimento do prisma de Isaac Newton, mas, não tinha noção de suas atribuições nesse ramo. Após a leitura, entendi melhor que cada substância em determinado estado físico possui linhas de determinadas cores, achei muito interessante as Leis de Kirchhoff.”</p>
AI 5324	<p>“O conteúdo abordado no texto é bastante interessante, nele é possível observar a história da Espectroscopia, as três leis de Kirchhoff, como a Espectroscopia desenvolveu-se na área da Astronomia e também, da descoberta do Hélio.</p>

	Entretanto, tenho dúvidas na relação de como identificar as sombras e diferenciar entre os elementos que fazem refletir.”
AI 5257	“O conteúdo abordado no texto é bastante interessante, nele é possível observar a história da Espectroscopia, as três leis de Kirchhoff, a descoberta do Hélio e como a Espectroscopia desenvolveu-se na área da Astronomia. Além disso, fiquei impressionado que pequenas linhas negras permitiram um grande avanço na ciência, e fiquei curioso observando o fato de que era possível construir uma ferramenta tão complexa como o espectroscópio na minha casa com coisas simples irei me aprofundar mais sobre.”
AI 5049	“No artigo apresentado há várias informações e curiosidades sobre o estudo da eletroscopia, desde as primeiras impressões sobre a luz até a descoberta real do elemento químico Hélio, além disso o artigo traz uma construção lúdica para exemplificar o conceito dado, sendo assim, o texto termina sendo de conhecimento geral sem qualquer tipo de informação muito difícil de visualizar, bem inclusivo, ótimo trabalho.”
AI 4737	“A composição química dos objetos celestes ser quase sempre feita através da mesma técnica é algo que me fascina muito”
AI 4545	<p>“Realmente muito interessante a experiência, ao realizar o experimento podemos perceber o quando o assunto é interessante, o espectroscópio caseiro é muito fácil de realizar, ver as teorias na prática foi muito divertido. O assunto abordado no texto é muito relevante, acho que todos deveriam ter conhecimento sobre esse assunto.”</p> <p>Segue Link de vídeo criado por grupo de alunos da turma 201. https://youtu.be/z_pkIVsOIUc</p>
AI 4680	“Sim, o conteúdo me pareceu interessante e o processo de construção foi fácil e divertido.”
AI 4923	“Ao realizar o experimento com meus colegas foi possível observar os conceitos e teorias na prática realmente. Muito interessante isso, saber que a física é tão interligada entre teoria e prática! Muito legal o experimento realizado, é muito fácil de elaborar!”
AI 4757	“Gostei bastante do assunto comentado nesse texto, e acho que deveria ter uma maior relevância. Sobre o experimento, eu achei sua construção bem tranquila, e bem divertida de ser fazer.”
AI 4473	“Li e compreendi o texto, porém dúvidas a cerca de como identificar as sombras e diferenciar entre os elementos me fazem refletir.”
AI 4683	“Pelo o que eu compreendi, o texto aborda sobre o surgimento da Espectroscopia, e como ela influenciou o contexto científico da época, ele também mostra

	curiosidades , como o descobrimento do gás hélio e como construir um espectroscópio caseiro.”
Al 4704	“Pela minha interpretação, o texto explora a espectroscopia na astronomia para identificar a composição de estrelas e planetas através das linhas espectrais (luzes) emitidas. Esse conhecimento nos levou à descoberta do hélio no Sol, também fala sobre algumas leis de Kirchhoff, ele nos ensina a fazer um espectroscópio caseiro passo a passo, muito interessante o experimento”
Al 4926	“Após realizar esse espectroscópio caseiro, passei a achar esse assunto interessante e que deveria ser mais falado. O experimento foi muito legal e fácil de fazer!”
Al 4546	“O texto explora a técnica da espectroscopia usada para determinar a composição química de galáxias, estrelas e planetas. Começa com uma breve explicação sobre como a luz branca se decompõe em cores ao passar por um prisma. Em seguida, destaca a descoberta das linhas escuras no espectro solar por William Wollaston e as linhas de Fraunhofer. A narrativa avança com a história de Kirchhoff e Bunsen, que associaram linhas brilhantes a elementos químicos específicos e identificaram a composição do Sol. As três leis de Kirchhoff na espectroscopia são mencionadas, explicando como diferentes estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) afetam o espectro. A descoberta do hélio por Joseph Norman Lockyer a partir do espectro solar é destacada, e o texto conclui explicando como a espectroscopia transformou a astronomia, permitindo a análise de objetos celestes através de suas assinaturas espectrais. O autor também incentiva a construção de um espectroscópio caseiro como um experimento divertido e educativo. No entanto, é ressaltado o perigo de apontar o espectroscópio diretamente para o Sol, pois isso pode causar danos à visão.”
Al 5109	“Lendo o texto lembrei de uma aula de química ano passado em que fizemos um experimento com o bico de Bunsen e analisamos, com a cor da chama, qual era o elemento químico observado. Além disso, fiz o espectroscópio caseiro e observei as raias luminosas das lâmpadas de casa.”
Al 4679	“Eu achava que para funcionar tinha que se passar uma corrente elétrica pelo material, mas parece que não. Muito interessante saber que só precisa passar a luz.”
Al 4462	“fiz a leitura e compreendi o texto, porém tive dúvidas a cerca de como identificar as sombras e diferenciar entre os elementos.”

AI 5359	<p>“</p> <p>Achei o conteúdo em si, um tanto quanto que curioso, pois apenas com um objeto que foi capaz de decompor a luz branca e revelar as demais cores ocultas e ainda levar a um monte de descobertas sobre as composições químicas de galáxias, estrelas e planetas é muito legal.</p> <p>Quando criança, sempre me perguntei o por quê da luz quando batia no cd produzia aqueles espectros de luzes coloridas, eu tinha noção que tinha algo relacionado a luz, mas não como acontecia, agora sei que tem relação com a difração da luz e o estudo da Espectroscopia.</p> <p>Tive dúvida em entender as linhas escuras que se formavam no espectro colorido quando a luz do sol passava pelas fendas.”</p>
AI 5157	<p>“O conteúdo do texto é bem interessante, e é ótimo ter esclarecimento sobre como os cientistas fazem para identificar os elementos presentes em lugares fora da terra, além também saber como funciona essa análise espectral. Eu realizei o experimento sem dificuldades e achei realmente fascinante ver esses diferentes raios luminosos surgindo sobre o espectro.”</p>
AI 4479	<p>“Achei incrível descobrir o método que os cientistas usam, sendo mais um conhecimento que será útil para estudos mais aprofundados nessa parte de fenômenos ondulatórios.”</p>
AI 4937	<p>“O conteúdo presente no texto é bastante importante para uma análise mais profunda da Espectroscopia, mostrando como os cientistas analisam a composição química dos objetos celestes, através das luzes.</p> <p>Também achei o experimento do espectroscópio caseiro interessante e curioso, além de ser bem simples de executar.”</p>
AI 4471	<p>“A confecção do Espectroscópio caseiro foi um processo simples porém de grande aprendizado, mesmo que não seja um instrumento profissional já nos permite realizar outros experimentos dentro do estudo da Espectroscopia. Entretanto, senti dificuldades quanto às medições para montagem, visto que havendo recortes assimétricos o equipamento fica comprometido e pode não ser possível seu uso correto.”</p>
AI 4517	<p>“Eu tentei fazer o espectroscópio caseiro, entretanto não consegui um CD velho para utilizar como lente. Desta forma, não foi possível realizar o experimento. Fui pesquisar o funcionamento do espectroscópio na internet para entender melhor o assunto.”</p>
AI 4928	<p>“O conteúdo do texto é muito atrativo, além da prática ser muito simples e legal. Depois de realizar o experimento fiquei ainda mais interessada no assunto, acho que poderia ser mais comentado.”</p>

AI 5041	<p>“A confecção do Espectroscópio caseiro foi simples porém de grande entendimento mesmo não sendo uma ferramenta de uso estudantil, já nos deixa capazes de realizar outros experimentos dentro desse estudo.”</p>
AI 4685	<p>“Após a leitura do texto e meus breves conhecimentos sobre tal assunto, facilitou de certa forma a dinâmica do meu conhecimento e uma exploração mais abrangente sobre o tema e me mostrando tópicos que eu não sabia, e agora soube compreender melhor.”</p>
AI 4672	<p>“Após a leitura do texto consegui compreender tal assunto com mais facilidade e clareza”</p>
AI 4540	<p>“O texto inicial evidenciou que, ao utilizar espectrógrafos sensíveis e telescópios especializados, os astrônomos podem estudar o espectro de objetos celestes, conseguindo identificar as linhas espectrais características associadas a elementos específicos. Isso é possível porque, como o texto citou, quando os átomos desses elementos absorvem ou emitem luz, eles o fazem em frequências muito precisas, criando linhas no espectro.</p> <p>Além disso, o espectroscópio caseiro proposto pelo texto me permitiu analisar a luz de diferentes fontes, como lâmpadas, velas e até mesmo a luz do sol. Cada fonte produzia um espectro único e, com a ajuda de um pedaço de papel milimetrado e alguns cálculos simples, pude identificar as linhas espectrais e compreender a composição da luz. Nunca imaginei que uma simples caixa de papelão, um CD velho e alguns materiais de papelaria poderiam me proporcionar uma jornada tão fascinante no mundo da ciência.”</p>
AI 4689	<p>“Achei o conteúdo do texto muito interessante, principalmente a parte histórica, pois eu achava que no âmbito da espectroscopia o único experimento relevante foi o de newton, os outros cientistas só aprimoravam o trabalho dele, mai eu estava enganado.</p> <p>Sobre o espectroscópio caseiro eu consegui fazer e realizar o experimento com bastante facilidade e não tive nenhuma complicação. E no geral eu só tive dificuldade de entender alguns conceitos de física do início do texto, mas após reler o texto consegui compreender melhor e me surgiu bastante curiosidade sobre as variáveis desses experimentos do texto e sobre o assunto.”</p>
AI 4477	<p>“Eu já tinha alguma noção sobre como podíamos descobrir os elementos presentes em corpos do espaço, mas não conhecia a história de todo o trajeto percorrido pelos cientistas até chegarem a esse resultado. Inclusive, para mim foi</p>

	<p>muito chocante quando li que o hélio foi descoberto no Sol 27 anos antes que na Terra.</p> <p>Já acerca do experimento, infelizmente, não consegui fazê-lo, pois não possuía todos os materiais necessários em casa. Precisei me contentar em assistir a um vídeo no YouTube de uma pessoa fazendo o espectrômetro caseiro (é realmente muito interessante). Espero poder fabricá-lo futuramente, entretanto, pois isso despertou minha curiosidade.”</p>
AI 4759	<p>“Achei o texto muito interessante porque aprendi muitas coisas novas. Já sabia que a queima de certas substâncias gerava colorações diferentes na chama. Mas não sabia da parte histórica de como houve tantos estudos para chegarmos nos conhecimentos que temos nos dias atuais.</p> <p>Assim, podemos ver que com muitos estudos que são realizados desde sempre, a sociedade e o meio científico estão sempre caminhando para a evolução.”</p>
AI 4466	<p>“Realmente muito interessante saber que só precisa passar a luz. Sempre acreditei que fosse necessário uma corrente elétrica passando pelo material”</p>
AI 4457	<p>“Os espectrógrafos sensíveis e telescópios especializados permitem que os cientistas estudem o espectro de objetos celestes e identifiquem as linhas espectrais características de cada elemento. Isso porque a absorção e emissão de luz pelos átomos acontece em frequências muito precisas, o que cria linhas no espectro.</p> <p>O espectroscópio caseiro que o texto propõe possibilitou que analisasse a luz de lâmpadas, velas e do sol. Utilizando um pedaço de papel milimetrado pude compreender a composição da luz. Esse foi um experimento muito interessante, que intrigou até mesmo meus familiares.”</p>
AI 5234	<p>“Muito interessante conhecer um pouco mais da história da espectroscopia e como ela funciona na astronomia, e também como fazer um espectroscópio caseiro.”</p>
AI 4472	<p>“Achei muito interessante o texto pois nos permite entender do que é feito as estrelas e planetas. O texto aborda uma técnica chamada espectroscopia que permite analisar o espectro produzido por uma estrela ao passar por um prisma, onde acontece um processo chamado de difração no qual a luz branca decompõe-se nas cores primárias. Até então o célebre intelectual Isaac Newton já havia</p>

	<p>descoberto esse fenômeno. Porém William Wallaston, descobriu q a luz antes de passar pelo prisma passa por uma fenda, produzindo uma série de linhas escuras no espectro de cores primárias. Desse modo, os cientistas conseguem descobrir a composição química das estrelas ao comparar os riscos que a luz das estrelas exercem no espectro colorido com os elementos químicos já existentes no planeta. Cada elemento possui riscos já definidos, sendo possível assim sua identificação.</p> <p>Muito legal esse texto, permitiu a expansão dos meus horizontes, pois até então não sabia como os químicos conseguiam definir a composição das estrelas e a agora eu sei que através do espectograma é possível.”</p>
<p>AI 4688</p>	<p>“O conteúdo do texto é muito interessante e expandiu meus conhecimentos a respeito dos espectros de onda.</p> <p>Isaac Newton, novamente, dando o pontapé inicial para grandes descobertas que revolucionaram a humanidade com seu experimento do prisma.</p> <p>Sobre essa questão das linhas, já havia visto algumas imagens, mas jamais passou pela minha cabeça que tinham ligação com os elementos químicos... Para mim elas só "existiam" mesmo.</p> <p>A terceira lei de Kirchhoff me lembrou das aulas de termodinâmica, pois associei a denominação "espectro de absorção" à absorção que o gás frio faria do calor do corpo opaco quente através da passagem da luz.</p> <p>Sobre o espectrômetro, não consegui construir por falta de materiais, mas parece ser muito interessante e posso tentar no futuro.”</p>
<p>AI 4712</p>	<p>“O conteúdo do texto intriga a curiosidade de uma forma espontânea, a análise da composição química dos objetos celestes através da espectroscopia é um método fascinante e poderoso, envolvendo a decomposição da luz proveniente dos objetos celestes em seu espectro de cores primárias usando um prisma ou uma rede de difração.</p> <p>O espectroscópio caseiro também é um ótimo instrumento para o incentivo da atividade.”</p>

Al 4467	<p>“A construção de um espectroscópio caseiro desempenhou um papel importante na ampliação do meu conhecimento ao oferecer uma compreensão prática da espectroscopia de diferentes objetos luminosos. Este processo possibilitou uma exploração interativa e acessível da ciência, que me permitiu estudar sobre esse assunto mais complexo de uma forma mais prática, melhorando meu entendimento.”</p>
Al 5010	<p>“O texto me despertou uma curiosidade muito grande sobre um assunto na qual nunca tinha ouvido falar, por isso, realizei o experimento e foi de forma muito fácil e tranquila.”</p>
Al 4463	<p>“Achei o texto disponibilizado bastante interessante, pois pude compreender como é possível, de forma tão detalhada, determinar a composição química de corpos celestes tão distantes de nós. Ademais, o artigo despertou-me curiosidade pela área de espectroscopia, pois não sabia ser possível fazer um espectroscópio com materiais tão simples quanto os que tenho em casa. Além disso, também confeccionei o meu próprio espectroscópio e realizei o experimento pedido, apontando-o para objetos luminosos, como a luz da minha sala e a televisão e, assim, pude observar as raias de luz específicas de cada corpo. Por fim, acredito que não tive dificuldade na elaboração do projeto, já que eu detinha todos os materiais em casa”</p>
Al 5031	<p>“Li o texto e achei muito interessante como o texto abordou a técnica de espectroscopia, pois permitiu a expansão do meu conhecimento sobre a funcionalidade da descoberta dos elementos químicos de outros planetas e estrelas, sendo alguns encontrados a muitos anos luz do nosso planeta, ou seja, fora do nosso alcance.”</p>
Al 5394	<p>“Achei o texto abordado muito interessante pois me despertou uma curiosidade muito grande sobre a espectroscopia, assunto no qual nunca tinha ouvido falar, por isso, realizei o experimento e pude compreender de forma fácil como realizá-lo.”</p>
Al 4730	<p>“O texto inicial explica como a composição química dos corpos celestes presente no universo são determinados, que são através da espectroscopia, ou seja, análise do espectro de cores que é resultado da luz ao refletir num prisma.</p> <p>Achei o conteúdo do artigo muito interessante pois pude aprender um pouco mais dessa técnica e entender toda sua história, além disso, fiz o espectroscópio caseiro e pude enxergar com mais clareza os fenômenos abordados no texto”</p>
Al 4469	<p>“O parágrafo inicial descreve como a composição química dos corpos celestes</p>

	<p>presentes no universo é determinada, que ocorre por meio da espectroscopia, ou seja, a análise do espectro de cores resultante da luz que incide em um prisma. O conteúdo do artigo é extremamente fascinante, já que pude adquirir um conhecimento adicional sobre essa técnica e compreender toda a sua história, o que me permitiu compreender de maneira nítida os fenômenos abordados no texto até então desconhecidos por mim.”</p>
AI 4983	<p>“O assunto mostra uma ligação muito interessante entre os elementos químicos e suas características e propriedades físicas. A assinatura espectral é uma dessas propriedades que caracteriza o elemento químico em qualquer parte do universo...”</p>
AI 4460	<p>“Impressionante como os elementos químicos também tem suas impressões digitais!</p> <p>A Luz que é emitida por eles, ao serem decompostas, se separam por cores cortadas por linhas pretas. A quantidade, posição e tamanho destas linhas pretas são o que diferem os elementos químicos, a ponto de esta técnica ser usada por astrônomos para descobrir a composição química de corpos celestes extremamente distantes.”</p>
AI 4681	<p>“Achei muito interessante, porém acho muito importante pontuar algumas pesquisas que fiz. A espectroscopia é usada para análise de estudos das interações entre a matéria e a radiação. Gustav Robert Kirchhoff, conhecido como Kirchhoff, em 1859, mostrou que todas as substâncias puras tem espectros característicos. Linhas espectrais dos vapores químicos, foram descobertas após ele e Bunsen inventarem um novo instrumento, denominado espectrôscópio. O experimento realizado permitia, justamente, a composição de um espectrômetro caseiro, que nos permitiria ver, ou experimentar, esse instrumento.”</p>
AI 4478	<p>“Aprender sobre esse assunto foi muito interessante para mim, e a leitura do texto me despertou ainda mais curiosidade. A partir dele, pude ampliar os meus conhecimentos sobre espectroscopia e ver como a física está intimamente ligada à química, facilitando o aprendizado das duas matérias. Além disso, pude perceber de que forma a espectroscopia se faz presente no meu dia a dia.”</p>
AI 4458	<p>“Achei muito curioso e interessante, a espectroscopia era uma área desconhecida para mim!</p> <p>Incrível como a partir da frequência de luzes podemos descobrir elementos químicos que se localizam a distâncias enormes da Terra.”</p>

AI 4468	“Não consegui fazê-lo todo certinho em casa, porém, ao assistir vários vídeos percebi o quanto, com coisas simples até, podemos ter nosso próprio laboratório de física em casa. Gostei muito! O assunto é interessante e denso.”
AI 5211	“Achei o texto bem válido, por trazer esse assunto de como algo tão distante da nossa realidade pode ser observado e determinado de tão perto. Obtendo a precisão, como também, a riqueza em detalhes do assunto, que se relaciona muito com química.”
AI 4470	“Ouvi um colega dizer que os elementos da química tem uma “impressão digital” e achei o máximo. Isso é a mais pura verdade, amo a natureza e estudar o que ocorre ao meu redor diariamente me deixa mais curiosa e intrigada. A Luz que é emitida ali, decompostas, se separando por cores cortadas por linhas pretas. A quantidade, posição e tamanho destas linhas pretas são o que torna os elementos químicos distintos uns dos outros. Acho fascinante a familiaridade da química com a física, me deu mais animo de entender os dois coexistindo numa mesma matéria. Mas, mesmo assim me desafiou, porque tinha uma dificuldade em entender esse assunto.”
AI 4461	“Achei muito interessante o texto, não sabia que a difração era parte do processo para determinar a composição das estrelas, minhas maiores dificuldades foram encontrar um dvd não em uso e achar um ambiente que não houvesse a interferência de postes. Achei um resultado parecido mas não tinha a luz central que nem nos exemplos? Fiquei meio confusa com o resultado. Mas achei interessante que a espectroscopia é usada até para a luz não visível nos telescópios e que consegue prever a tabela periódica, os elementos através das linhas deles”

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE C- Discussão no Fórum 2, parte da etapa 7 da SD no AVA

Quadro 3 – Discussão no Fórum 2, parte da etapa 7 da SD no AVA

AI 4465	“foi interessante montar as tabelas, mas também cansativo. utilizei de calculadora científica em alguns momentos para facilitar o processo e cheguei a um resultado satisfatório e semelhante ao dos modelos postados pelo professor”
AI 4466	“Acabei tendo algumas dificuldades em realizar os cálculos e aplicar as fórmulas, mas depois de algumas pesquisas e muito esforço consegui solucionar.”
AI 4540	<p>“O procedimento experimental foi bem estruturado, mas desafiador. A configuração do espectroscópio, a colocação das lâmpadas e a medição dos diferentes tipos de raias espectrais exigiram atenção aos detalhes, assim como um trabalho cuidadoso. Foi uma ótima oportunidade para compreender a importância da precisão em experimentos científicos.</p> <p>Observar as linhas espectrais das lâmpadas de Nitrogênio, Mercúrio, Hélio e Sódio foi impressionante. Cada uma delas exibiu um conjunto distinto de linhas, e poder correlacionar essas linhas com elementos específicos foi gratificante.”</p>
AI 4937	“Tive algumas dificuldades para entender os cálculos e executar a tabela, mas no geral meu grupo conseguiu realizar todo o experimento da forma correta.”
AI 4672	“Tive dificuldade em entender algumas partes, porém o vídeo esclareceu algumas dúvidas”
AI 5087	“Dificuldade em realizar os calculos mas com a ajuda da calculadora ficou um pouco mais simples.”
AI 4517	<p>“Dificuldade inicial para entender a medição realizada para efetuar os cálculos.</p> <p>Descobrir como utilizar uma calculadora científica para execução dos cálculos.</p> <p>Muita dificuldade para identificar as raias visíveis nas fotografias do Nitrogênio e do Sódio.”</p>
AI 5109	“Tive certas dificuldades na resolução dos cálculos e aplicação das fórmulas, porém, com o auxílio dos meus amigos consegui resolvê-los.”

AI 5157	<p>“Eu achei um pouco difícil de entender a tabela e realizar os cálculos, porém estou conseguindo finalizar, além de que o material apresentado auxiliou bastante nesse meu entendimento de forma didática e objetiva”</p>
AI 4522	<p>“Pelo fato de eu sentir uma certa dificuldade em alguns assuntos relacionados à cálculos, necessitei da ajuda de alguns colegas e fazer o uso de uma calculadora, também se fez necessário voltar em alguns da eletroscopia para dar continuação à atividade.”</p>
AI 4704	<p>“Sobre a tabela eu e meu grupo achamos algumas partes difíceis de fazer individualmente então nós fizemos uma separação para que todas as partes do trabalho fossem resolvidas com o que cada um tivesse mais facilidade.</p> <p>A maior dificuldade que tive em minha parte foi para o preenchimento da tabela, que apenas com a ajuda de alguns colegas conseguimos fazer por completa.”</p>
AI 4834	<p>“No hélio e no mercúrio não tive dificuldades em analisar as linhas espectrais exceto no nitrogênio e sódio, onde tive dificuldade de enxergar. Sobre os calculos, consegui chegar nos resultados sem muita dificuldade, somente no começo ao tentar achar o ângulo de difração ao demais foi bem tranquilo.”</p>
AI 4983	<p>“Professor, qual o referencial devemos levar em conta para achar o valor da distância, devemos estimar o centro do feixe de luz ou a parte mais à esquerda?</p> <p>Essa diferença vai influenciar o resultado dos cálculos... além disso tem a paralaxe, pois praticamente em todas as medições a foto privilegia apenas uma das faixas de luz... as outras tem que se estimar...”</p>
AI 4471	<p>“Foi necessário fazer o uso de uma calculadora para me auxiliar nos resultados e facilitar o processo, porém tive dificuldade com a parte interpretativa da atividade, foi preciso rever o conteúdo de Espectroscopia para realizar os cálculos e montar a tabela.”</p>
AI 5173	<p>“Eu achei um trabalho interessante para por em prática o assunto, porém achei complicado para entender a elaboração dos cálculos.”</p>
AI 4818	<p>“Tive dificuldade no entendimento na realização dos cálculos, mas assisti os vídeos e consegui entender a mensagem geral”</p>
AI 5204	<p>“Sobre a tabela achei algumas partes confusas então o meu grupo fez uma separação para que todas as partes do trabalho fossem resolvidas com o que cada um tivesse mais facilidade.</p> <p>Além disso a maior dificuldade foi o entendimento dos vídeos, tirando esses fatores não vi dificuldade.”</p>

AI 4546	“A realização do experimento se revelou uma atividade notavelmente produtiva e intelectualmente estimulante, na qual tivemos a oportunidade de imergir profundamente no conteúdo de forma altamente interativa.”
AI 4682	“Achei meio difícil entender a tabela e fazer os cálculos então deixei essa parte pra outra pessoa do meu grupo KKKK. Mas sobre os vídeos e sites de simulação, eu achei muito didático, é mais fácil de entender o assunto quando ele é aplicado no nosso dia a dia.”
AI 4679	“Eu pessoalmente fiz uma corrente de cálculos com o auxílio de uma calculadora de equações, isso aumentou drasticamente a velocidade para achar os resultados. A parte mais difícil foi interpretar o experimento, em alguns casos a posições dos raios de luz era muito ambígua”
AI 5016	“Eu achei bem interessante, tive dificuldade pra entender algumas coisas”
AI 4723	“Eu tive algumas dificuldades de entender o que foi pedido e calcular algumas partes do experimento Principalmente a energia.”
AI 4473	“No espectrograma do Nitrogênio e Sódio, achei um pouco confuso encontrar a distância do valor de referência.”
AI 4457	“Esse experimento foi interessante, porém foi também muito cansativo. Nesse sentido, o uso de calculadora científica se fez necessário. Essa prática também evidenciou a importância do rigor científico em experimentos físicos.”
AI 4479	“O experimento foi cansativo de fazer, sendo necessário o uso de uma calculadora científica, e foi complicado de fazer pela questão do tempo.”
AI 4926	“Nessa etapa do trabalho eu tive bastante dificuldade em calcular o x e a energia, o trabalho exige bastante atenção e cuidado na hora de fazer cada cálculo”
AI 4737	“Achei os cálculos complicados mas o experimento em si fácil”
AI 4683	“No começo, tive certa dificuldade na aplicação das formulas e cm as imagens, mas depois de varias tentativas consegui realizar os cálculos e terminar o experimento”
AI 5234	“Acredito que o mais complicado foi interpretar, para a partir daí realizar os cálculos com a ajuda de uma calculadora científica.”

AI 5049	<p>“Na experiência de fazer os cálculos com as raias espectrais vemos uma dificuldade interessante, primeiramente, o desafio é encontrar certamente x nas fotografias, após isso, podemos enfim encontrar o angulo da espectro outro desafio mais difícil ainda, concluindo os cálculos praticamente a calculadora científica faz o trabalho por nós, e conseguimos com êxito ou com aproximações terminar os cálculos.”</p>
AI 4472	<p>“O experimento é muito informativo e interessante, porém muito trabalhoso também. No vídeo feito pelo professor Ten Leonardo, através de uma rede de difração, uma régua, uma fonte de de alta tensão polarizada de 4kv com disparador e uma lâmpada, foi possível a visualização, após apagar as luzes do ambiente, do raio luminoso emitido pelo pela lâmpada acoplada ao sistema do experimento que quando passou pelo elemento químico hélio e entrou na rede de difração, marcando assim riscos em algumas cores do espectro colorido.</p> <p>É bom ressaltar que através desse experimento é possível fazer cálculos como o do comprimento de onda emitido pelo hélio ao passar pela rede de difração, a frequência da onda e energia quantizada.</p> <p>Experimento shom de bola!!!”</p>
AI 4712	<p>“Tive dificuldade de entender a tabela, ainda mais que não tenho tanto afeto com cálculos porém com ajuda de alguns colegas e auxílio do professor, a compreensão de tornou mais fácil. O uso da calculadora científica foi de extrema importância.”</p>
AI 5010	<p>“Senti dificuldade para a realização, porém com os materiais disponibilizados e com a ajuda em sala através do professor consegui finalizar.”</p>
AI 5389	<p>“Foi necessário fazer o uso de uma calculadora científica para me auxiliar a achar os valores corretos e facilitar o processo.”</p>
AI 5394	<p>“Pelo fato de eu sentir uma certa dúvida em alguns assuntos relacionados à física, precisei consultar outras plataformas, pedir ajuda aos meus colegas e fazer o uso de uma calculadora, também foi necessário realizar algumas atividades envolvendo a espectroscopia para entender melhor sobre o assunto.”</p>
AI 5031	<p>“Tive algumas dificuldades com a resolução deste devido à algumas complicações com cálculos.”</p>
AI 4730	<p>“Tive algumas dificuldades acerca dos cálculos, por serem com números muito grandes, mas com o auxílio de uma calculadora científica consegui concluir a tabela, e achei muito interessante assim como os assuntos sobre a espectroscopia.”</p>
AI 5365	<p>“Foi um experiência interessante, apresentei dificuldade para identificar a as distâncias de cada raia espectral até a raia referencial, mas, com a ajuda do</p>

	professor, a atividade se mostrou fácil depois de entendida. É de extrema importância a utilização de uma calculadora científica para facilitar os cálculos.”
Al 4463	<p>“Achei o experimento em questão bastante interessante, é fantástico como cada elemento manifesta-se de uma forma particular na régua utilizada no experimento e como nós, no laboratório de Física do colégio pudemos ter contato com a forma pela qual é descoberta, por cientistas, a composição de astros celestes tão distantes de nós.</p> <p>Já com relação aos cálculos realizados no processo, acredito que, apesar de bastante trabalhosos, eles nos possibilitaram algo muito interessante: o primeiro contato nosso com a Física quântica, área tão intrigante e que norteia os estudos da Física contemporânea. Por fim, para a obtenção das medidas exigidas, nos guiamos pelas fórmulas disponibilizadas no documento da tabela e fizemos uso da calculadora científica para simplificar as nossas tarefas.”</p>
Al 4484	<p>“Tive dificuldade de entender a tabela, já não sou muito simpatizante com cálculos porém com ajuda de alguns colegas e auxílio do professor, a compreensão de tornou mais fácil. O uso da calculadora científica foi muito importante.”</p>
Al 4476	<p>“Num primeiro momento, tentei fazer os cálculos por conta própria, sem auxílio de colegas ou do professor, e não consegui. Quando foi possível, pedi ao professor que ensinasse como realizar os cálculos. Com o auxílio de uma calculadora científica (essencial para o cálculo de tangente e seno) e um pouco de paciência para observar a distância das raias espectrais para o ponto inicial foi possível realizar os cálculos com mais tranquilidade.”</p>
Al 4685	<p>“A calculadora científica foi crucial para essa atividade. Ela se mostrou um exercício um pouco complexo, por causa de seus cálculos, mas com a ajuda de colegas e do professor se tornou mais fácil.”</p>
Al 4478	<p>“Tive dificuldades de compreender a tabela e as figuras para a realização dos cálculos, por isso acabou se tornando uma atividade bem complexa. Quanto aos cálculos, o uso da calculadora científica foi imprescindível.”</p>
Al 4681	<p>“Os cálculos são extremamente difíceis. Tive que utilizar calculadora, mas não foi o suficiente. Então optei por assistir algumas vídeo-aulas, porém o que me ajudou de fato foi o uso da calculadora científica.”</p>
Al 4983	<p>“Como os cálculos são repetitivos, é mais prático organizar uma planilha e automatizar os cálculos. O passo seguinte é só acrescentar as medições e distâncias.</p> <p>Quanto a análise, conforme aumenta o comprimento de onda, diminuem a frequência e a energia, conforme os cálculos mostram.”</p>

AI 5257	“Gostei de fazer os experimentos e gostei de observar tudo. Inicialmente eu fiquei com dúvida em alguns cálculos, mas com ajuda do professor consegui desenvolver bem o trabalho.”
AI 4477	“Foi bastante trabalhoso e desafiador, mas após o professor ensinar a realizar os cálculos tudo se tornou mais claro para mim. Com o auxílio de uma calculadora e paciência, pude fazer os cálculos. Inclusive, gostaria de registrar que percebi que conforme o comprimento de onda aumentava, a variação de energia diminuía. Gostei da atividade!”
AI 4470	“Assim como todos, creio eu, tive um bloqueio e uma dificuldade pra entender os cálculos e as fórmulas. No final, decidimos nos unir pra entender e fazer essa parte das atividades.”
AI 5211	“Acredito que a atividade tenha sido trabalhosa, porém com as explicações do professor e dos materiais disponíveis para o experimento tornou-se mais fácil a compreensão do assunto, como a realização da atividade.”
AI 4759	<p>“No início da atividade, tive algumas dificuldades para entender como fazia os cálculos. Mas depois de praticar algumas vezes, consegui resolver os cálculos das raias espectrais.</p> <p>Gostei da atividade, pois era um assunto que nunca tinha estudado antes e foi interessante entender como a luz funciona em determinadas frequências.”</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE D-Transcrição dos vídeos produzidos pelos alunos na nona e última etapa da SD no AVA

Quadro 4 – Transcrição dos vídeos produzidos pelos alunos na nona e última etapa da SD no AVA

<p>AI 4723</p>	<p>“Meu nome é Carolina Santos (AI 4723). Eu sou da turma 203. E hoje eu vim falar um pouco sobre o que aprendi no projeto que o professor de física passou para a gente fazer em relação a espectroscopia. Bom, no início das atividades, nas primeiras atividades pro pessoal. Passou um artigo que falava sobre como é que os cientistas sabiam a composição química dos astros no universo, sem nunca ter ido até lá ou nunca ter tido contato com nenhum planeta. E aí eu descobri que esse processo acontece, com o estudo da irradiação das luzes que esses planetas tanto do Sol quanto dos outros corpos celestes emitem, e como cada elemento químico, tem uma característica específica.</p> <p>E isso meio que auxilia em como descobrir os elementos químicos que comportam cada cor celeste do universo. Essa foi a primeira coisa que eu aprendi. Foi muito interessante, porque realmente não fazia ideia, eu sabia que tinha alguma coisa a ver com a irradiação das luzes, mas eu não tinha ideia de como tinha como funcionava esse processo.</p> <p>Muito menos de toda a história por trás disso tudo. Todo o contexto científico e como os cientistas chegaram nessa conclusão, então foi muito interessante.</p> <p>Essa parte foi uma das minhas partes preferidas e também foi a parte mais fácil de entender o artigo que a gente leu, foi muito simples, então foi muito fácil de entender como esse processo ocorria. E a parte mais trabalhosa também foi em relação ao cálculo, ao cálculo destes espectros em relação às cores de cada elemento, emitem. Foi passada uma atividade que a gente precisa fazer. O cálculo é da emissão de cada elemento químico e aí é foi talvez a parte mais difícil de todas as atividades, porque realmente, por mais que existisse a fórmula pronta e um guia de como as coisas deveriam acontecer, foi a parte mais difícil dessas atividades inteiras, mas eu acabei aprendendo também, como é que faz esses cálculos que eu também não tinha conhecimento. Então, foi uma parte muito importante desse estudo, mais por ter sido uma parte um pouco difícil de entender como funciona e principalmente de fazer, mas eu acho que deu tudo certo no final. Essa foi uma parte um pouco menos interessante para mim do que a primeira em relação a ler os artigos e ver os vídeos. Mas também foi uma parte muito importante, tanto para o meu aprendizado individual, tanto para os meus conhecimentos gerais, então eu achei muito legal também.”</p>
<p>AI 4514</p>	<p>“Boa tarde, minha experiência com espectroscopia foi interessante porque pude aprender como os cientistas conseguem analisar a composição química dos planetas e das estrelas usando apenas a luz, aprendi como a calcular o</p>

	<p>comprimento da onda, sua frequência e energia. Uma possível aplicação para essa técnica seria em Criminalística para verificar fibras, cabelo e tecido humano.”</p>
<p>AI 4928 e AI 4660.</p>	<p>“Bom dia, hoje vamos falar um pouco sobre as aplicações da espectroscopia na sociedade. A espectroscopia é importante para todos os campos da ciência e tecnologia, podendo ser achada na física, biomedicina, astronomia, engenharia dos alimentos, entre outras aplicações.</p> <p>Bom, as aplicações são:</p> <p>Forense e criminais, validação de obras de arte, genética e astronomia. Forense e criminais: usaram para caracterizar, fluídos biológicos e evidência de traços como resíduos de disparos ou cabelo. Nas drogas ilícitas conseguem identificar o tipo de droga dentro de uma ampla gama de drogas de aparência similar.</p> <p>Obras de arte, desta análise pode determinar o período de criação da arte ou a necessidade de restauração da mesma. O benefício dessa técnica é que não prejudica o objeto estudado.</p> <p>Genética, desde 1970, os pesquisadores têm usado essa técnica para explorar quase todos os aspectos da biologia e biomedicina, incluindo o DNA.</p> <p>Astronomia, ajuda a detectar e analisar o espectro de uma estrela. Espero que tenha gostado do vídeo essa foi a nossa apresentação.”</p>
<p>AI 4473</p>	<p>“Bom pessoal aqui é o Levi da turma 204. E agora gostaria de passar um pouco da minha experiência no experimento de espectroscopia.</p> <p>Bom, inicialmente, apesar de ter alguma dificuldade para encontrar o valor de X, né, que seria a diferença do raio espectral referencial do raio espectral da luz, principalmente dos elementos de sódio e Nitrogênio, eu consegui fazer o experimento, é um experimento bem interessante. E aprendi que cada elemento ele vai é possuir um, alguns raios espectrais diferentes do outro, e com isso, conseguimos identificar qual elemento é, qual a partir desse experimento. Pesquisando um pouco sobre o assunto, descobri que esse experimento da espectroscopia é muito importante para os astrônomos, pois é a partir dele que os elementos de cada corpo celeste podem ser identificado. Né? O que pois, muitos estão a anos-luz distantes da Terra, que não é possível chegarmos lá para identificar, pesquisar quais são os elementos que formam cada corpo celeste e a luz, né? Os raios eletromagnéticos. As ondas eletromagnéticas chegam até nós, podemos utilizá-la e a partir da espectroscopia descobrir qual elemento está associado àquela onda”.</p>
<p>AI 4522</p>	<p>“Até agora, vimos muitas coisas interessantes em relação à espectroscopia, assistimos vídeos, fizemos cálculos e combinamos mais sobre o assunto. Agora, nesse vídeo iremos falar sobre outra aplicação da eletroscopia no nosso</p>

	<p>cotidiano. Na Criminalística, a eletroscopia é uma técnica baseada nos estudos das propriedades e comportamentos de cargas elétricas estáticas. Tradicionalmente, utiliza-se um dispositivo chamado eletroscópio, que consiste em um arte metálica com duas folhas finas de metal ligadas a um eletrodo. Apesar de este ser de uso clássico, a ciência Moderna hoje desenvolveu várias abordagens mais sofisticadas para explorar os princípios da eletroscopia em diferentes campos, incluindo, a Criminalística forense.</p> <p>O que a gente vai fazer no nosso vídeo de hoje é falar sobre Criminalística forense. A eletroscopia pode ser aplicada de diversas maneiras, detecção de resíduos alguns resíduos deixados em cenas de crimes. Po ter propriedades eletrostáticas distintas, por exemplo, certos tipos de metais ou fibras podem ser atraídos ou impelidos em presença de campo elétrico. Isso pode ajudar os investigadores a detectarem e coletar evidentes que seriam difíceis de identificar a olho nu.</p> <p>Análise de impressões. Em algumas situações, impressões, patentes, como pegadas ou marcas de dedos podem ser visualizadas usando técnicas que exploram propriedades eletrostáticas, por exemplo, ao aplicar um pó eletronicamente carregado em uma superfície, é possível revelar marcas que não eram visíveis anteriormente. Estudos de materiais a resposta em diferentes materiais a campo elétricos pode fornecer informações valiosas sobre sua composição e origem, e isso pode ser útil quando se tenta determinar a procedência de uma evidência coletada.</p> <p>Transferência de evidências em crimes onde ocorre contato físico pode haver uma transferência de cargas eletrostáticas estudar transferência pode fornecer informações sobre a natureza do contato ou até mesmo sobre a sequência de eventos. O desenvolvimento de imagens, algumas técnicas fotográficas e de imagem digital se beneficiam da aplicação de princípios eletrostáticos para realçar detalhes.</p> <p>Ou desenvolver imagens latentes. Em resumo, a eletroscopia, com suas técnicas derivada, oferece uma contribuição valiosa para o estudo da Criminalística forense, ajudando os especialistas a detectar, analisar e interpretar evidências e, conseqüentemente, a esclarecer eventos e chegar mais perto da verdade.”</p>
<p>AI 4682</p>	<p>“Olá, eu sou Ana Giovana Marques. Por meio dos vídeos. E sites e atividades, podemos ampliar e aprofundar o nosso conhecimento acerca do assunto estudado em sala e ver como ele se conecta na sua realidade.</p> <p>As suas aplicações são diversas, como em sistemas biológicos, aplicações biométricas, aplicações, referências e criminalísticas, validação de obras de arte, aplicação arqueológica genéticas da Paleontologia e muitos outros. Nas aplicações correntes e criminalísticas, por exemplo, a espectroscopia pode ser usada para caracterização dos fluídos biológicos, tecido humano, ossos e evidências de traços como resíduos de traços de disparos, fibras e cabelos.</p>

	<p>Para a Criminalística. A espectrometria é uma óbvia solução para, por ser confirmatória, não destrutiva, seletiva e de natureza rápida. No caso das drogas ilícitas, a espectroscopia consegue identificar o tipo de droga dentro de uma ampla gama de drogas de aparência parecida. Como podemos ver na imagem. Outro exemplo é a validação de obras de arte, que podem ser identificadas mediante espectrometria e a grande importância dessa técnica é que não modifique o objeto estudado. Dessa análise pode se determinar o período de criação da obra por outra parte, no caso de ser necessária restauração, se o conheceria a composição química dos componentes.”</p>
<p>AI 4683</p>	<p>“Bom dia, meu nome é Filipe Augusto. Boa tarde. Na verdade, eu vou falar um pouco sobre minha jornada, não é o que eu aprendi, o que eu desenvolvi de conhecimento sobre os espectroscopia é, primeiramente, eu aprendi primeiro com o que o primeiro, com as atividades que o professor mandou, eu aprendi a origem de desde o começo de como o Newton é, demonstrou que a luz branca é, ao passar do prisma de vidro, ela se decompõe por várias cores e depois como depois de um tempo, como William wollstone, eu tinha experimento, mas descobri o que a luz do Sol passa por uma fenda. A gente passar pelo prisma e que produz uma série de linha no gás escuras e que ao lado podia é, fez vários espectros coloridos e como também é o sobre o surgimento mesmo, né? Como Robert Bolsem</p> <p>Foi-me em todo o vivo bolsa, e não é todo mundo deve conhecer a maioria das pessoas deve conhecer quem o conhecimento básico é. Ele tinha e fez, ele colaborou muito com o físico chamado Gustav Robert Kirchhoff, que eles fizeram uma lei de comportamento, uma lei que ganhava um comportamento dos círculos elétricos e que levou seu nome. Foi ele sugeriu para corda em chama, valorizar o bico de gás seria a melhor observada passada através do conjunto de lentes, com isso foi com isso se descobriu que, ao depender da cor, era um elemento e com isso e que aí surgiu a espectroscopia que ao você descobrir a luz, você descobrir a cor que a luz possui e o elemento. Como é que eu posso te explicar que os raios de Luz,</p> <p>Fiz, faziam aquelas cores que o raio eles faziam é, você poderia determinar o elemento que o elemento da composição daquele raio de luz, por exemplo, do Sol ou das estrelas do Sol, por exemplo, o hélio foi descobrindo nessa mesma mesma época por causa desse experimento. Hélio também que a gente que vai que denominar o hélio por causa que a composição só é feito basicamente dele, inteiramente dele e que dá mitologia grega ao Deus do Sol, é o Deus hélio. Então, por causa disso, denominaram em tudo isso. Isso foi algo que eu descobri também a partir do trabalho. Mas eu posso falar a partir do que o professor pediu pra gente fazer, né pra gente. Ele pediu pra gente dar uma revisada sobre o surgimento em si. O que era espectroscopia ao todo e não só o superficial, que eu achei muito interessante. Isso também porque às vezes, aí não importa só da gente saber o que é ou saber aplicação de aquelas formas em si, mas também saber um pouco da história do contexto geral daquilo. Achei muito divertido e muito interessante também. Realizar as realizar as fórmulas físicas e os experimentos que o professor pediu, eu nunca tinha feito nada</p>

	<p>daquele modelo, não sabia como realizar, mas o professor, ajudou muito nessa parte. Ele fez com que a gente conseguisse cada etapa de maneira fácil e rápida, explicando e mostrando para a gente como são, quais é, quais equações a gente poderia utilizar naquele quais equações o modo que a gente, o modo que a gente poderia fazer, as equações, né. De jeito mais fácil, mais rápido, mas não atrapalhasse no final. Sempre a forma de resolver o problema e que com e que não atrapalhasse aí o estado final. Eu achei muito interessante, eu gostei muito. Queria agradecer ao professor Leonardo por esse experimento. Não é porque geralmente isso não é uma forma engessada de educação. Pode ser levada. Obrigado, boa tarde."</p>
<p>AI 4730, AI 5234 e 5394</p>	<p>“Boa tarde, agora eu vou falar um pouco sobre a minha jornada na espectroscopia. Bom, a jornada espectroscopia é muito interessante, e a gente aprende muita coisa com ela e consegue é tirar muito proveito. A gente consegue analisar, é bastante coisa sobre a luz, é sobre a substância, elementos químicos que envolvem todo esse processo da espectroscopia. E todo esse processo eles acabam resultando em várias partes da espectroscopia, assim como matemática, quer ai vem os cálculos e aí a gente consegue encontrar alguns desafios e tal de entendimento para a gente conseguir completar os exercícios, né? Então, na jornada a gente vai tendo alguns desafios. Mas no final a gente consegue passar por todos eles e ter um bom resultado.</p> <p>É, e nessa jornada toda, uma aplicação que eu achei interessante da foi da Área da medicina que nós podemos utilizar para analisar várias coisas e diagnosticar algumas doenças. É, e a espectroscopia. Ela trabalha é com infravermelho para identificar algumas anomalias algum diagnóstico do paciente. Isso é muito interessante, porque a gente pode ver que há espectroscopia, ela, ela trabalha em várias áreas do conhecimento. Algumas outras problemas</p> <p>que também a espectroscopia, não só os médicos, mas também no ramo alimentício, ramo de investigação, do mar e tal, vários lugares recentes podem ver a esse respeito. É a fim de estudo. É muito interessante. Essa. Essa ideia do que a espectroscopia RE para que que ela é usada.”</p>
<p>AI 5394</p>	<p>“Através dos nossos estudos, pude compreender que a espectroscopia é uma técnica que permite a identificação da estrutura química do material, analisado. As informações obtidas são extraídas a partir do espalhamento sofrido pela radiação eletromagnética após a interação dela com o material, que pode ser inorgânico ou orgânico. A espectroscopia possui diversas aplicações, como em sistemas biológicos, aplicações Biomédicas, aplicações forenses e criminalísticas, validação de obras de arte, aplicações arqueológicas, genética, Paleontologia etc.”</p>
<p>AI 4467, AI 4469, AI 4463, AI 4472, AI 4478, AI 4458,</p>	<p>“Boa tarde, esse aqui é o nosso vídeo sobre espectrometria. Sobre o que achamos dessa área do conhecimento o que nós aprendemos de novo, o que a gente ficou com dúvida. E quais aplicações que a gente imagina poderia ter também essa área do conhecimento. Bom, no que se refere sobre o que a gente achou dessa área. Em particular, achamos interessantíssima , e além disso, bastante intrigante como a gente pode obter detalhes tão precisos de uma</p>

<p>4460, AI 4466, AI 4759</p>	<p>composição química tão distante da gente como nas estrelas, cometas asteroides e por ai vai, diversos corpos celestes, então assim é algo que deu um plus na gente, a gente nem imagina que fosse capaz de obter dados tão precisos assim né, e essa área do conhecimento nós propicia isso, é, e além disso a facilidade como se obtém essa informação, achamos interessante a facilidade com que, eu acredito, obtemos essa informação. A gente pensava que fosse algo muito mais complexo do que somente, baseado no fenômeno da difração da luz, né? Que é um fenômeno. Qual a luz branca ela vai passar por esse meio, ela sofrer a refração, e com isso ela é sofrerá uma separação</p> <p>Com o surgimentos de diversos comprimentos de ondas de luz que acompanha porque como a gente sabe que ela composto de vários comprimentos de onda, de luz, além disso também, nós achamos bastante legal, o fato de que botemos fazer um instrumento capaz de mensurar as raias espectrais e assim descobrir os elementos químicos, é através de materiais que a gente dispõe em nossa própria casa, a gente pode fazer isso de forma bastante simples. É, e isso é foi algo bastante interessante. A gente pode ter um tanto prático como aquilo que a gente está trabalhando aqui. Nesse trabalho, é. Confessamos que nós tivemos algumas dificuldades, entender algumas partes dos cálculos, mas aos poucos estamos superando essa adversidade. É no que se refere à aplicabilidade se possíveis. Essa área do conhecimento pode ter, acreditamos que ela pode ser bastante útil, por exemplo, na determinação do da gasolina, né? E eu acredito que realmente eu até lembro que participei de um evento de que estava tendo amostra na área de perícia, e o próprio perito falou que usa a espectrometria para determinar se a gasolina estava ou não adulterada. Além disso, também acreditamos que a espectrometria pareça bastante útil para a determinação da veracidade de determinadas pedras preciosas, como por exemplo, a esmeralda.</p> <p>Também. Quem sabe, né? Poderia ser usada para determinar se a aliança ela é composta realmente daquele material que se deseja ou será falsificada. Apesar de que talvez ficasse um pouco mais, fosse um pouco mais complexo, né? Enfim, mas então, de forma geral, é nós gostamos bastante desse trabalho, gostamos bastante dos conhecimentos que nós adquirimos</p> <p>É, foi, de fato, algo bastante prazeroso sobre esse assunto. Algo que vamos carregar na vida. Bom, obrigado por todo professor e por disponibilizar essa oportunidade para gente, e esse foi o nosso vídeo.”</p>
<p>Al 4540 e mais 7 Al</p>	<p>“A espectroscopia é um campo da ciência que estuda a interação entre a luz e a matéria durante um longo trabalho, podemos aprender que essa técnica é essencial para identificar e analisar a composição química dos materiais, desde análise de elementos químicos e estrelas, galáxias e outros corpos celestes, até a identificação de substâncias e amostras no laboratório. Além disso, a espectroscopia é crucial em muitos campos científicos, como a química, a física, a astronomia, a medicina a biologia.</p> <p>Sendo assim, realizamos uma lista dos principais pontos compreendidos no estudo de espectroscopia.</p>

	<p>Emissão e absorção. A espectroscopia é baseada na capacidade dos átomos moléculas, de emitir, absorver ou dispersar luz em frequências específicas. Essas frequências correspondem a linhas espectrais características que podem ser usadas para identificar os elementos químicos presentes. Espectros, as linhas espectrais são representadas em um gráfico chamado espectro, que exibe a intensidade da luz em função do comprimento de onda, cada elemento existente contém seu próprio padrão de linhas espectrais. Técnicas espectroscópicas existem várias técnicas espectroscópicas, incluindo a espectroscopia de absorção, a espectroscopia de emissão, a espectroscopia de fluorescência e a ressonância magnética nuclear. Cada uma delas tem aplicações específicas.</p> <p>Uso diversificados da espectroscopia usada em muitas áreas como análise química. Identificação de compostos orgânicos, estudo da atmosfera terrestre, análise de alimentos, detecção de elementos, astronomia e muito mais. O que mais percebo através de tudo é a complexidade matemática envolvida na análise de espectros, especialmente o contexto mais avançado, como espectroscopia de RMN que é a ressonância magnética nuclear, cálculos complexos de ressonância magnética nuclear. Além disso, a física por trás da formação das linhas espectrais é intrincada e requer conhecimento avançado em ótica.</p> <p>Uma possível aplicação da espectroscopia além das mencionadas anteriormente na vida cotidiana é a detecção de fraudes em obras de arte e antiguidades, análise de aspectos de luz visível e infravermelha pode revelar informações sobre a composição dos materiais utilizados nas obras de arte, bem como evidências de restaurações não autorizadas. Essa técnica pode ajudar a verificar a autenticidade de pinturas esculturas valiosas, protegendo o mercado de arte e o patrimônio cultural.”</p>
<p>Al 4476</p>	<p>“Boa noite, eu sou Guilherme Damasceno do 2º ano do CMS. E eu vou falar como foi minha experiência tendo contato com a espectroscopia né. É, eu não vou mentir, não foi meu primeiro contato, eu tinha visto um podcast chamado inteligência limitada que tinha convidado na época o Sérgio Sacani do canal Space Today e eu já conhecia o canal um pouquinho antes, então eu vou ver o vídeo, não custa nada, foi um podcast bem longo, mas enfim, eu me diverti bastante ouvindo, ai eu acabei ouvindo, sobre espectroscopia por que no podcast tinham perguntado pro Sérgio se ele sabia como funcionava esse mecanismo para saber a composição química dos planetas, e ele explicou por cima lá, eu tinha uma ideia de como funcionava, mas não passou disso, ai o professor de Física do segundo ano foi dar essa aula pra gente e ai veio a parte difícil que era os cálculos, ai com os cálculos foi uma barbárie, eu não consegui, a gente tinha que calcular o comprimento de onda a frequência e a variação da energia, a energia do raio de luz, ai foi um sufoco, eu não conseguir fazer nenhum dos três cálculos, eu tentei fazer, mas não consegui, e ai vou ter que esperar para sala de aula mesmo, e na sala de aula a gente fez o Mercúrio, agente fez a frequência a energia e o comprimento de onda do Mercúrio, e até aquele momento eu não tinha entendido muito bem, por que tinha alguns</p>

	<p>valores, que eu não tinha entendido bem como funcionava, se mudava se mantinha, mas depois que eu entendi foi, foi tranquilo, a gente fez o primeiro cálculo com o mercúrio como acabei de falar, e daí foi ficando mecânico, foi repetindo quase o mesmo cálculo, a estrutura é bem próxima uma da outra pras outras lâmpadas que a gente viu, aí aqui, não sei se da para enxergar bem, tem os cálculos que eu fiz aqui, cada marcação dessa aqui, tinha que achar o ângulo também, da, da, tinha que decidir um raio vindo da lâmpada com gás e tinha o ângulo que abria para achar a raia espectral, aí a gente tinha que descobrir esse ângulo também, aí cada negocinho aqui, um é o ângulo, o pequenininho aqui é o ângulo, aqui em baixo é o comprimento de onda, aqui é a frequência e aqui é a energia e assim vai repetindo para todos os cálculos, e até que foi rápido cara, eu achei que iria demorar umas três horas fazendo isso, mais depois que pega jeito, vai, um atrás do outro mesmo e foi bem mais tranquilo e é isso, estudem física é divertido.”</p>
<p>Al 4355 e mais 5 Al</p>	<p>“Bom, acho que essa jornada serviu de aprendizado para todo mundo, por que além da gente mergulhar nesse universo de espectroscopia entender como ela funciona? Entender como Ela É aplicada na nas descobertas científicas. A gente também aprendeu a utilizar as fórmulas a aplicar a gente a gente praticou e viu de perto, né? Como funciona espectroscopia, e tenha achado complicado, mas quando você vai pesquisando, vê no vídeo, você vai entendendo melhor e então pra mim foi muito importante esse aprendizado. Por mais que quando eu bati o olho eu não tenha entendido muito e tenha achado complicado, mas quando você vai pesquisar, vê no vídeo, você vai entendendo melhor, quando você vai errando também praticando os cálculos, você depois pega o jeito e foi assim que funcionou comigo.</p> <p>Palestrante 2</p> <p>Durante o trabalho, aprendemos sobre as propriedades da luz que estão presentes nos elementos e como elas podem ser modificadas para trazer benefícios aos seres humanos. Que estão presentes desde a exploração espacial, até mesmo na detecção de raios luminosos, que acabam sendo presentes e estando presentes na Terra. A principal aplicação da espectroscopia está presente na detecção de elementos químicos no espaço através de telescópios espaciais e terrestres, como o telescópio James Webb, que detectou moléculas orgânicas a 900 bilhões de anos luz da terra, e em uma galáxia distante. Bom, me chamo V.H e vou falar o que eu e o meu grupo adquirimos em relação a questão da espectrometria.</p> <p>Adquirimos conhecimentos valiosos e diversas áreas da ciência química e física. Vemos a importância da espectrometria que envolve a mediação da interação entre radiação e matéria.</p> <p>E, aprendemos esses princípios básicos da mesma. Emissão, absorção e dispersão da radiação eletromagnéticas, vemos as diferentes técnicas espectroscópicas que são espectros de absorção, da emissão do infravermelho. A Ressonância Magnética Nuclear, a espectrometria de massa entre outros. Vemos também que tem duas formas de análise a quantitativa e a qualitativa,</p>

	<p>para identificar compostos químicos e determinar concentrações. Vemos que com os avanços tecnológicos que são atualizados na área de espectroscopia, ela está em constante evolução também, temos como ela é aplicada na indústria e na pesquisa científica, que é utilizado na indústria de uma forma muito gratificante, por estar, ele adquire habilidades analíticas valiosas e conhecimento que pode ser aplicado em diversas áreas profissionais, além disso, ela desempenha um papel fundamental em vários problemas científicos e tecnológicos, como na resolução.</p> <p>Palestrante 3</p> <p>O estudo que fizemos foi muito importante, principalmente quando realizamos o experimento para ver basicamente a lâmpada de hélio e também a régua. Como você conseguia enxergar com muita nitidez o que acontecia nessa área da espectroscopia e com essa nitidez permitiu realizar os cálculos com mais facilidade. Como também, questionamentos sobre porque quanto melhor o material, mais fácil fica pra você querer buscar mais aquilo e também observar que essa área pode ser utilizada em diversos momentos da nossa vida e também faz uma correlação com outras disciplinas, como química e biologia, tanto pelo fato como as moléculas, que contem nessas partículas em si, as energias que tem, uma camada mudando para outra entre a luz, e lembrar algumas aulas que nós já tivemos, entre outras coisas, por que realmente ela quer desvendar esses segredos, por exemplo com os cientistas sabem que uma substância que está lá, com tal elemento, como eles descobrem a composição química, então ao estudar essa interação entre a luz e a matéria, a gente pode entender a composição química, a estrutura molecular e até mesmo como essa matéria chega da que pra lá, como realmente essa matéria é vista e utilizada, é utilizada em diversas áreas né? Na química na física na astronomia, podendo analisar os elementos químicos, explorar toda essa parte do universo pra outras pesquisas futuras e graças a isso podemos chegar ao que estar distante de nós.”</p>
<p>Al 4471</p>	<p>“Olá eu sou a aluna E. S n° 4471, turma 204, eu vou falar um pouco como meu grupo analisou o experimento referente as raias espectrais, bom a gente teve que fazer a montagem do relatório a partir do que a gente entendeu do experimento, primeiro eu vou falar um pouco do que era necessário para realizar o experimento das raias espectrais, bom a gente precisa ter o banco óptico e ele vai ter diversas partes, como o anteparo com janela, uma rede de difração, a usada nesse caso foi a de $(1 \times 10^{-6} \text{m})$, tem que ter um suporte para o tubo espectral, e a lâmpada usada foi a de Hélio, mas pode ser para diferentes elementos, mas nesse experimento específico foi utilizada a de Hélio, e uma régua né, pra gente poder tirar as medidas, bom a régua no caso a gente usaria para medir a distância da raia espectral até o ponto de referência que foi tomado como zero, e também é necessário ter uma fonte para acender a lâmpada, e a partir do momento em que se acende a lâmpada né, os cálculos que a gente pode fazer a partir desse experimento é calcular o comprimento de onda, a frequência e a energia de cada raia espectral, na elaboração desse trabalho, a gente construiu um relatório, comentário no fórum e tudo mais, a gente pode entender melhor como é que funciona todo assunto de espectroscopia, e eu particularmente achei bastante interessante, a questão de estudo de como a luz</p>

	<p>se forma emitindo comprimento de onda, coisa assim, a formação da matéria, comprimento de onda, frequência e tudo isso tá muito ligado a matéria de química, e no experimento fica muito evidente como isso ocorre, pois a depender qual a lâmpada que você usa, que nesse caso foi de Hélio, mas se fosse usado a de Nitrogênio, você teria resultado completamente diferente, então isso eu achei bem interessante.</p> <p>Bom eu sou a Aluna Y, nº 4758, eu vou estar falando da dificuldade que eu e meu grupo tivemos na execução de nosso experimento e logo em seguida vou estar falando de aplicações da espectroscopia, bom vou começar pela dificuldade né, a gente não teve muitas, foi mais a questão dos cálculos que demorou, dificultou ali, muito extenso por isso a gente optou pelo uso da calculadora para obter resultados mais precisos, e conseguir fazer ali, a nossa tabela, e executar todo o nosso experimento. Agora a questão das aplicações, existe diversas aplicações da espectroscopia né, ela pode ser aplicada em sistemas biológicos, nas operações biomédicas, em aplicações forenses criminalística, que eu vou estar falando um pouco mais dela pra vocês, bom nas aplicações forenses, criminalísticas o uso da espectroscopia RAMO, estudo biológicos, tecidos humanos entre outros e como eu posso associar o nosso experimento com essa aplicação, bom pelo nosso experimento é possível obter os dados que precisa para aplicar na área da pesquisa forense, então a gente pode associar a aplicação como experimento dessa forma.”.</p>
<p>Al 4834</p>	<p>“Boa noite, dependendo do horário, estiver apenas esse livro é aqui, é o aluno L. M e eu vou falar um pouquinho sobre minha jornada sobre o experimento da Espectroscopia, eu dividi aqui em alguns tópicos, aí, por isso que eu estou olhando para a frente para falar aqui para não errar nada. A minha introdução vai ser o quê, eu, vi o vídeo, não é? Que o senhor postou no AVA, achei muito interessante, e aí vai, eu vou fazer uma, é a minha primeira experiência assim. Quando eu fui realizar os cálculos, eu tive dificuldade, é só na parte de pegar o ângulo de difração e aplicar na fórmula para achar λ, mais aí depois, com o tempo, fui praticando e fui fazendo os cálculos e aí foi dando certo, conseguindo o resultado, certo? É o que eu aprendi, que a espectroscopia, é uma técnica, né? Que vai, que vai estudar a interação entre luz e matéria, e ela vai nos ajudar a analisar a composição química, estrutura molecular e propriedade de substâncias, eu vi isso aqui fazendo o trabalho e depois eu fui pesquisar sobre o porquê depois, depois daquele vídeo que você colocou no AVA, eu falei, cara, como é que funciona isso? Como é que calcula realmente essas medidas, da onde que tiraram isso?, aí eu pesquisei em outros lugares etc.. E aqui deixa ver o que mais eu coloquei,</p> <p>Tá? Minha contribuição imaginada seria que eu, se pudesse pensar em uma aplicação da espectroscopia, consideraria usar para analisar a qualidade dos alimentos? É como se fosse um aplicativo de um smartphone que com a câmera você pudesse detectar a frescura, os legumes com uma base da espectroscopia. Isso foi uma ideia que eu tive, eu achei bacana.</p> <p>E tá legal, continua uma ideia que eu tive vendo e estudando aqui o assunto.</p>

	<p>Eu acho que agora concluindo que é um assunto bastante interessante e que vai agregar, né?</p> <p>Além da parte didática etc.. de fazer provas etc.. E sim, parte do conhecimento, né? Então, em resumo, minha jornada, foi diferença, ensinou a apreciar a capacidade da ciência de revelar os segredos invisíveis. Embora ainda tenho que aprender mais para explorar os segredos do espectro. Essa foi meu vídeo, e esclarecimento aqui para você e é isso.”</p>
AI 4983	<p>“O experimento de espectroscopia desenvolvimento com as experiências mostradas no AVA e a orientação dos trabalhos, foi possível realizar os cálculos. Um problema é definir a diferença das cores por vez com dificuldade em definir a diferenciação do violeta para amarelo e laranja, laranja e Vermelho. Outro problema foi a leitura das escalas, por vezes estimadas devido à pouca nitidez da fotografia disponibilizada. Uma parte da régua estava nítida e a outra desfocada. Profundidade de campo e fotografia um outro problema é a paralaxe da leitura, ou seja, ao ser realizada uma leitura de um valor muito na diagonal, ocorre um erro conhecido. Erro, então, paralaxe, oferta da leitura correta desse valor como os cálculos, repetitivos o trabalho após ser feito as leituras era braçal. Portanto, se a automatizarem, o cálculo com uma planilha bastava apenas inserir o valor da leitura e a distância que o resta era calculado de maneira automática. Conclusão da análise dos números apresentados, percebe. É se que quanto maior o comprimento de onda, menor é a frequência calculada e a energia daquela faixa do espectro, interessante é a quantidade de conhecimento empregados para a obtenção dos números, argumento matemático tendo o arco tangente para calcular relação métrica, conhecimento de química e as características dos elementos astronautas e a interação com astrofísica e ótica, possibilitando conhecer a constituição de estrelas, planetas e galáxias, dessa forma, o experimento é muito interessante por mostrar como ciência pode contribuir em diversos ramos. Uma informação extra, meu pai repassou que para preparar a manutenção na aviação. A análise, espectrométrica de óleo das turbinas do motor e caixas de Transmissão é importante para definir as intervenções e otimizar a manutenção dos equipamentos. Melhor disponibilidade. Ou se verificar de onde o desgaste é proveniente e se está dentro da normalidade ou não na manutenção preventiva.”</p>
AI 5049	<p>“Boa tarde, agora eu vou falar um pouco sobre a minha jornada na espectroscopia, bom a jornada espectroscopia é muito interessante, é a gente aprende muita coisa com ele, consegue tirar muito proveito. A gente consegue analisar, é bastante coisa sobre a luz, é sobre fracionamento químicos que envolvem todo esse processo da espectroscopia. E todos esses processos, é, eles acabam resultando em várias partes na espectroscopia, como matemática, que é meus cálculos, e aí a gente consegue encontrar alguns desafios e tal de entendimento para a gente conseguir completar. É os exercícios, né? Então, na jornada, desafios. Mas no final a gente consegue passar por todos eles e ter um bom resultado e nessa aplicação da espectroscopia nessa jornada toda, a aplicação que eu achei interessante é da área de medicina, nós podemos utilizar</p>

	<p>para analisar várias coisas, diagnostica algumas doenças. E a espectroscopia. Ela trabalha, é com infravermelho para identificar algumas anomalias ou alguma, diagnóstico paciente. Isso é muito interessante, porque a gente pode ver que a espectroscopia, ela, ela trabalha em várias áreas do nosso mundo, inclusive no espaço, também tem algumas outras profissões que também utilizam espectroscopia não só os médicos, mas também do ramo alimentício. Ramo de investigação no ramo de é, por exemplo, de do mar e tal. É muito interessante. Vários lugares recentes a gente pode ver essa aplicação da espectroscopia como objeto de conhecimento, então. Essa ideia do que a espectroscopia é e pra que ela é usada a fim de estudo.</p>
<p>Al 5173 , Al 5004, Al 4904, Al 4818, Al 4704, Al 4770</p>	<p>Al 5173, Al 5004, Al 4904, Al 4818, Al 4704, Al 4570 “Oi, professor, eu sou C., eu estou, como representante do meu grupo. Eu vou responder as perguntas que está na jornada da espectroscopia, responder a primeira pergunta, que é basicamente como a gente desenvolveu hoje para espectroscopia etc. Então eu acho que posso falar como representante do meu grupo que a gente explorou, começa a pesquisar na rede. As interações entre matéria e radiação eletromagnética, e como diferentes técnicas, existentes, mas a espectroscopia de absorção e a espectroscopia de emissão é, oferece uma janela única para entender a composição e a propriedade dos materiais, então, não sei, a gente pode entender como essa ciência acontece, e o que a gente deixou de entender, eu acho. Entre outras coisas a gente entendeu, eu acho que todas as coisas, consegui entender por que é, essa jornada, quando a gente ficou aprendendo, sobre as espectroscopias, a gente acabou, tirando muitas dúvidas, mais uns com os outros, não sei, eu acho, que juntos aprendemos mais sobre o próprio conteúdo, então tudo. Muito benefício durante esse trabalho, entendendo mais e com a ajuda das. A segunda parte é, imaginando a construção de uma aplicação de espectroscopia, seria interessante explorar a criação de um dispositivo portátil de análise espectral, esse dispositivo pode ser utilizado em diferentes áreas, desde a identificação de substâncias químicas. É em alimentos para garantir a saúde alimentar, até clicar nas graças industriais para controle e qualidade de tempo real. Além disso, poderia ser integrado em ambientes médicos para a análise de amostras biológicas. É e dá para ver como a variedade dos espectros oferece uma gama de possibilidade para inovação, melhoria em vários setores, mostrando que tem assim um exemplo e que, foi muito bom nos ensinado, você fez com que cada um entendesse, um pouquinho da matéria, e foi isso.</p>
<p>Al 5365</p>	<p>“Hoje eu vim falar um pouco sobre minha experiência da atividade da A7, proposta pelo professor tenente Leonardo. Bom, eu confesso que antes desse experimento eu nunca tive nenhum conhecimento prévio acerca da espectroscopia e no decorrer que eu fui fazendo, confesso que senti dificuldade, né? Mas eu assisti nos vídeos que o professor postou no AVA e fui criando certa noção antes de realizar aquela tabela propriamente dita. Na realização da tabela também tive dificuldade, nunca tinha escutado falar e não fazer a mínima ideia de como calcular, por exemplo, é como calcular o seno a partir do ângulo de difração, por exemplo. É, nunca tinha escutado falar da constante de Planck e de tudo lá. Eu já tinha um conhecimento prévio acerca da velocidade da luz, do vácuo. É também apresentei dificuldade na hora de</p>

	<p>entender, meio a distância da raia espectral até a referencial, mas depois que eu apresentei as minhas dúvidas pro professor, ficou mais fácil a realização do trabalho. Realizei os cálculos juntamente com os meus colegas e percebemos certa similaridade entre os cálculos e com, é as cores né. O comprimento, a frequência das cores, de verdade, né? As cores oficiais, digamos assim, mas não chegou a bater. Exato, né? Porque o professor disse que realmente não, nunca vai bater, exatamente porque tem um erro associado, tanto por causa que na imagem estavam é estava grossa, digamos assim, a raia e do realmente dificultava um pouco. Mas depois que eu apresentei as minhas dúvidas do professor o trabalho se mostrou mais fácil e fluido, eu não apresentei muito mais dificuldade depois que eu conversei com ele e no geral, achei uma experiência muito interessante, né? Entender um pouco dessas experiências sobre espectroscopia, como ela surgiu, o surgimento do Hélio e tudo mais, achei muito interessante. É um conhecimento que é que é uma área que eu vou utilizar, então no geral, gostei bastante da atividade e foi um pouco mais fácil do que pensei, obrigado.”</p>
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE E - Produto Educacional



UNEB
UNIVERSIDADE DO
ESTADO DA BAHIA



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA- CAMPUS I
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 60

Leonardo Luis de Almeida Araújo

PRODUTO EDUCACIONAL

Salvador
2024

Leonardo Luis de Almeida Araújo

Uma sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem

Este produto educacional é parte integrante da dissertação “Desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de espectroscopia no ambiente virtual de aprendizagem visando à promoção da aprendizagem significativa”, vinculado ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Ensino de Física do Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Campus I, Universidade do Estado da Bahia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Doutor José Carlos Oliveira de Jesus

Coorientador: Doutor Mário de Jesus Ferreira

Salvador
2024

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
FLUXOGRAMA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	4
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 1.....	5
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 2.....	6
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 3.....	7
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 4.....	8
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 5.....	9
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 6.....	10
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 7.....	24
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 8.....	26
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 9.....	28
REFERÊNCIAS	29
APÊNDICE A- Observando os Espectros	30

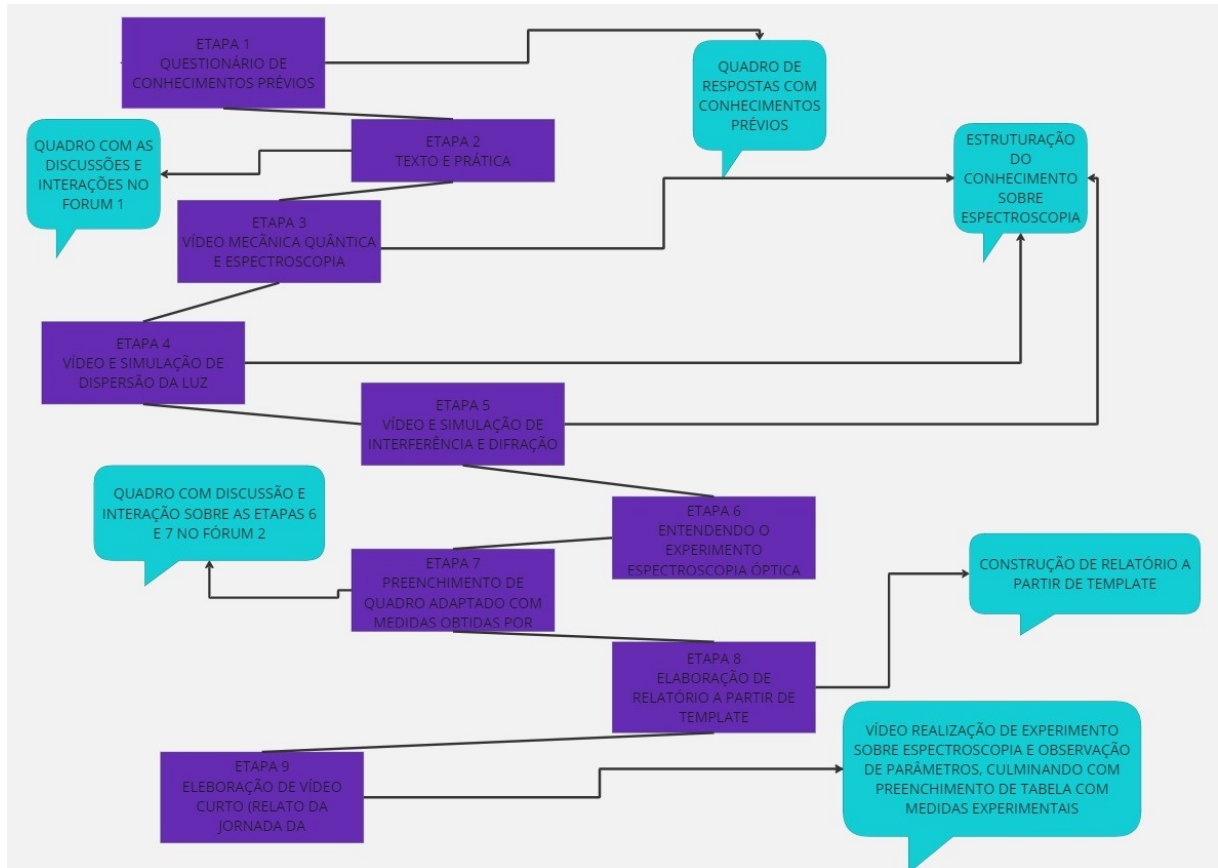
APRESENTAÇÃO

Olá, caro professor!

O texto apresenta um produto educacional desenvolvido a partir de uma pesquisa em Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), que resultou em uma sequência didática para o ensino de espectroscopia. O objetivo é tornar o estudo da espectroscopia, uma técnica analítica complexa que investiga a interação da luz com a matéria, mais acessível e interativo para alunos do Ensino Médio. A sequência didática inclui uma introdução teórica, simulações, atividades práticas virtuais, vídeos instrutivos, questionários e fóruns de discussão. O material foi projetado para ser didático e adaptado às limitações dos alunos, visando uma experiência de aprendizado enriquecedora. Por favor, sinta-se à vontade para entrar em contato através do e-mail abaixo.

leoluisalmeida@gmail.com

FLUXOGRAMA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 1

No AVA que funciona na plataforma Moodle foi formatado uma mensagem de boas vindas à “Jornada da Espectroscopia” (Título que foi dado a SD), convidando os alunos a ser parte integrante no processo de desenvolvimento do conhecimento sobre espectroscopia, comentando sobre as ferramentas disponíveis na plataforma e o que espera-se ao final do curso, que tem início com a Etapa 1.

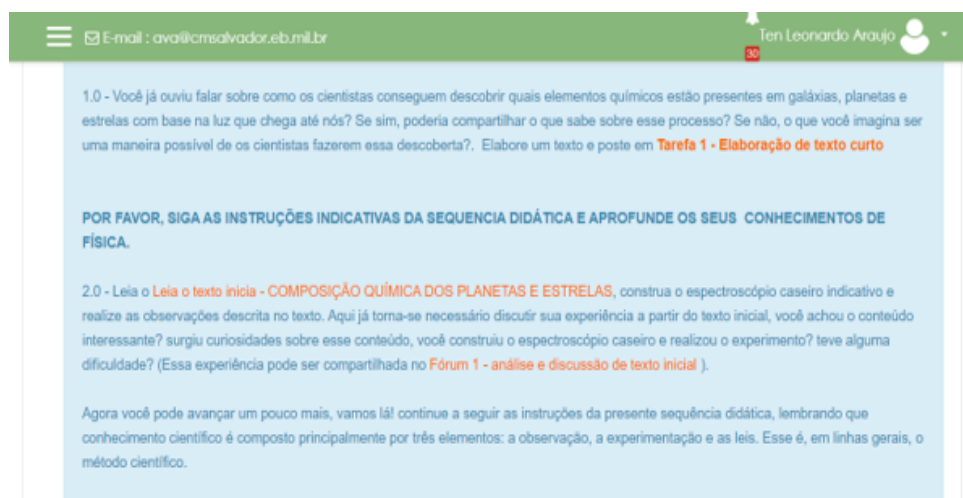
Descrição da Etapa 1: Foi elaborado com a ferramenta Questionário no AVA (texto livre), a seguinte pergunta: “você já ouviu falar sobre como os cientistas conseguem descobrir quais elementos químicos estão presentes em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega até nós? Se sim, poderia compartilhar o que sabe sobre esse processo? Se não, o que você imagina ser uma maneira possível de os cientistas fazerem essa descoberta?”

Nesta etapa inicial, os alunos são convidados a refletir sobre a espectroscopia, um tema novo para muitos deles. Eles são solicitados a compartilhar seus conhecimentos prévios, se os tiverem, sobre como os cientistas descobrem os elementos químicos em galáxias, planetas e estrelas com base na luz que chega à Terra. Caso não tenham conhecimentos prévios, são incentivados a imaginar possíveis processos. Os alunos devem elaborar um texto curto com suas respostas e postá-lo na plataforma, como parte da “Tarefa 1: Elaboração de texto curto”.

A partir das respostas ao questionário, o professor obtém uma noção dos conhecimentos prévios dos alunos, o que possibilita uma intervenção durante a aplicação da sequência didática.

A figura a seguir é um print da área de trabalho no AVA, onde pode ser vista essa etapa da sequência didática, tal como foi formatada.

Figura 1 – Estrutura da SD no AVA



Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 2

Descrição da Etapa 2: Na plataforma AVA, é fornecido um link para o site <https://brazilastronomy.wordpress.com/composicao-quimica-dos-planetas-e-estrelas/>, onde os alunos podem acessar o texto intitulado “Composição química dos planetas e estrelas”. Além disso, é criado um espaço de discussão, denominado Fórum 1, para que os alunos compartilhem suas impressões sobre o texto.

Na segunda etapa, os alunos iniciam a leitura do documento intitulado “Texto Inicial - Composição Química dos Planetas e Estrelas”. Após a leitura, são orientados a construir um espectroscópio caseiro seguindo as instruções detalhadas presentes no texto. Com o espectroscópio montado, eles devem realizar as observações e experimentos descritos nas orientações fornecidas. Para complementar a atividade prática, os alunos são convidados a compartilhar suas experiências e reflexões sobre o conteúdo do texto e a prática realizada no espaço reservado para discussões, denominado “Fórum 1 - Análise do Texto Inicial”. Este fórum serve como uma plataforma para a troca de impressões e fomenta uma discussão interativa sobre o tema abordado, promovendo a participação ativa e o engajamento dos alunos. Através da Figura 1, é possível verificar essa etapa tal como foi formatada no AVA.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 3

Descrição da Etapa 3: Na plataforma AVA, é disponibilizado um vídeo do YouTube intitulado “Como a mecânica quântica prevê todos os elementos”, patrocinado por uma revista eletrônica de divulgação científica. O vídeo pode ser acessado pelo link: https://youtu.be/tq_y1qOmUBE?si=K1b-EbfRjQVOL0Uj.

Nesta etapa, os alunos assistem a um vídeo que explora em detalhes como a mecânica quântica está relacionada à previsão dos elementos químicos. O vídeo, disponível na plataforma YouTube e patrocinado por uma revista eletrônica de divulgação científica, oferece uma explicação abrangente sobre como os princípios da mecânica quântica podem prever a existência e as propriedades dos elementos químicos. Ao assistir ao vídeo, os alunos obtêm uma base teórica fundamental que lhes permitirá entender melhor os conceitos da espectroscopia, preparando-os para aplicar esses conhecimentos em atividades práticas e análises subsequentes.

Na Figura 2, é possível observar a formatação dessa etapa no AVA, que inclui também as etapas 4, 5 e parte da 6. A escrita em vermelho é um link direto para a atividade.

Figura 2 – Estrutura da SD no AVA (continuação)

3.0 - ASSISTA O VÍDEO **Como a mecânica quântica prevê todos os elementos**

4.0 - ASSISTA O Vídeo - **Simulação de dispersão da luz** E REALIZE A **Simulação de dispersão da luz**

5.0 - ASSISTA O Vídeo de **simulação de interferência e difração de ondas** E REALIZE A **Simulação de interferência e difração de ondas**

Se você chegou até aqui. Parabéns! foi um longo e interessante caminho, base do conhecimento, foco da nossa pesquisa (Espectroscopia). Então, acredito que já é capaz de novos desafios. Continue seguindo as instruções da sequência didática. (vai valer mais scores, risos infinitos KKKKKKKKKKKKKKKKKKKKK...)

6.0 - ASSISTA O Vídeo - **Realização de experimento de espectroscopia no laboratório de física do CMS, TAMBEM É IMPORTANTE VERIFICAR AS IMAGENS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA EXPERIMENTAÇÃO, VOCÊ TERÁ QUE DESCUBRIR, O COMPRIMENTO DE ONDA, A FREQUÊNCIA E A ENERGIA QUANTIZADA DAS RAIAS ESPECTRAIS PARA CADA LÂMPADA.**

6.1- **Imagem de régua graduada, com 70cm de comprimento, são 35cm do centro para os dois lados.**
Sobre essa régua é observado as raias espectrais de cada lâmpada com as respectivas distâncias até a raia central, distância x na **Imagem de esquema experimental**

6.2-**Imagem de rede de difração utilizada.** Rede de difração com espaçamento entre as fendas de $(6 \times 10^{-6} \text{m})$

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 4

Descrição da Etapa 4: Na plataforma AVA, os alunos têm acesso a um vídeo do YouTube intitulado “Simulação de Dispersão da Luz na Plataforma PhET Colorado”, disponível no link:

https://youtu.be/cKme_ot2cKk?si=czoPH2CR7vsvCXyi. Além disso, é fornecido um link direto para a simulação interativa na plataforma PhET Colorado, que pode ser acessado em:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html

Na Etapa 4 da sequência didática para o estudo da espectroscopia no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), os alunos são convidados a aprofundar sua compreensão sobre a dispersão da luz, um fenômeno fundamental para a espectroscopia. Primeiro, os alunos assistem a um vídeo educativo disponível na plataforma PhET Colorado, que explora a dispersão da luz. O vídeo ilustra o conceito de dispersão espectral, mostrando como diferentes comprimentos de onda da luz são desviados em ângulos variados ao passar por um meio transparente, como um prisma ou uma lente. Assistir ao vídeo ajuda na realização da simulação e na manipulação de variáveis.

Após assistirem ao vídeo, os alunos são guiados a realizar uma simulação interativa que representa o fenômeno da dispersão da luz. Esta simulação, disponível na plataforma PhET Colorado, oferece uma visualização prática e dinâmica dos conceitos apresentados no vídeo. Por meio da simulação, os alunos podem manipular variáveis, como o ângulo de incidência da luz e o tipo de prisma utilizado, observando como essas mudanças afetam a dispersão da luz e a formação do espectro.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 5

Descrição da Etapa 5: Na plataforma AVA, os alunos têm acesso a um vídeo do YouTube intitulado “Simulação de interferência e difração de ondas na Plataforma PhET Colorado”, disponível no link:

<https://youtu.be/zvdTJE1zhKk?si=TwFiMNSyP8qx2dnW>. Além disso, é fornecido um link direto para a simulação interativa sobre interferência e difração de ondas na plataforma PhET Colorado, que pode ser acessado em:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html

Na Etapa 5 da sequência didática para o estudo da espectroscopia, os alunos são introduzidos aos conceitos de interferência e difração de ondas, que são fundamentais para uma compreensão mais profunda da espectroscopia. Esta etapa começa com a visualização de um vídeo educativo intitulado “Simulador de Interferência e Difração na Plataforma PhET Colorado”. O vídeo explica como manipular a simulação interativa de interferência e difração na plataforma PhET Colorado.

Após assistir ao vídeo, os alunos têm a oportunidade de realizar simulações interativas que replicam os fenômenos de interferência e difração. Essas simulações, disponíveis na mesma plataforma utilizada na etapa anterior, permitem que os alunos manipulem diferentes parâmetros, como a distância entre fendas, o comprimento de onda das ondas e a intensidade da luz, observando como essas variáveis afetam os padrões resultantes.

A interação com as simulações proporciona uma experiência prática, permitindo aos alunos observarem como a interferência e a difração afetam a formação de padrões e como esses padrões podem ser utilizados para analisar e interpretar a luz e outros tipos de ondas. Ao explorar essas simulações, os alunos aprofundam sua compreensão dos conceitos essenciais da espectroscopia, como a análise dos padrões de difração e interferência para estudar a composição e as propriedades das fontes de luz. Essa experiência prática é crucial para conectar a teoria à aplicação prática dos princípios espectroscópicos, preparando os alunos para aplicar esses conceitos em experimentos e análises futuras.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 6

Descrição da Etapa 6: Nesta etapa, os alunos assistem a um vídeo de produção própria intitulado “Entendendo o Experimento de Espectroscopia no Laboratório de Física do CMS”, disponível no link <https://youtu.be/lryNJNdIHw0> . O vídeo fornece uma visão detalhada do experimento de espectroscopia realizado no laboratório de Física da escola.

Além do vídeo, são fornecidas imagens detalhadas de cada componente do equipamento utilizado no laboratório para a prática da espectroscopia, bem como dos espectros característicos obtidos experimentalmente. As imagens incluem parâmetros experimentais e estão disponibilizadas para estudo, permitindo que os alunos realizem medições e análises práticas do fenômeno em questão.

Observação: em breve, essas imagens serão disponibilizadas para você, professor.

Descrição da Atividade de Observação e Análise:

Nesta fase, os alunos assistem a um vídeo autoral que detalha o experimento de espectroscopia realizado em um laboratório de física. O vídeo fornece uma visão geral do procedimento experimental e do equipamento utilizado. Após assistir ao vídeo, os alunos são orientados a examinar atentamente um conjunto de imagens relacionadas ao experimento.

As imagens disponibilizadas incluem:

- **Imagem da Régua Graduada:** Esta imagem mostra o instrumento utilizado para medir as distâncias entre as raias espectrais produzidas por cada lâmpada e a raia central do espectro. Os alunos devem prestar atenção às escalas e marcações para compreender como as medidas são feitas.

Figura 3 – Suporte para as lâmpadas e régua de parâmetros dos espectros



Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

- **Imagem da Rede de Difração:** Apresenta o equipamento que possui fendas espaçadas regularmente e é fundamental para a dispersão da luz em espectros. Os alunos devem observar o espaçamento entre as fendas e entender seu papel na formação dos padrões espectrais.

Figura 4 – Rede de difração utilizada no laboratório e apresentada na SD no AVA

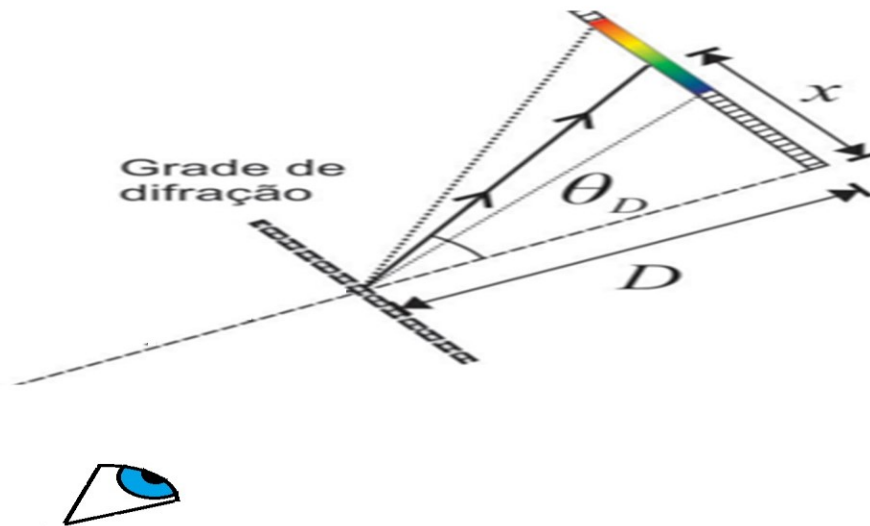


Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

- **Imagem do Esquema Experimental:** Destaca o arranjo do experimento, incluindo a medida variável “D” e a indicação de que foram realizadas múltiplas medições para cada lâmpada. Este esquema ajuda os alunos a visualizarem como o experimento foi configurado e como as medições foram organizadas. A medida “x” é a distância sobre

a régua de cada linha espectral até o zero da régua, onde as lâmpadas são acopladas ao suporte. Conhecendo a medida de “D” e de “x”, possibilita encontrar o ângulo de difração e todas as outras medidas, tais como o comprimento de onda, a frequência e a energia quantizada de cada raia espectral. Segue imagem do esquema experimental.

Figura 5 – Esquema Experimental

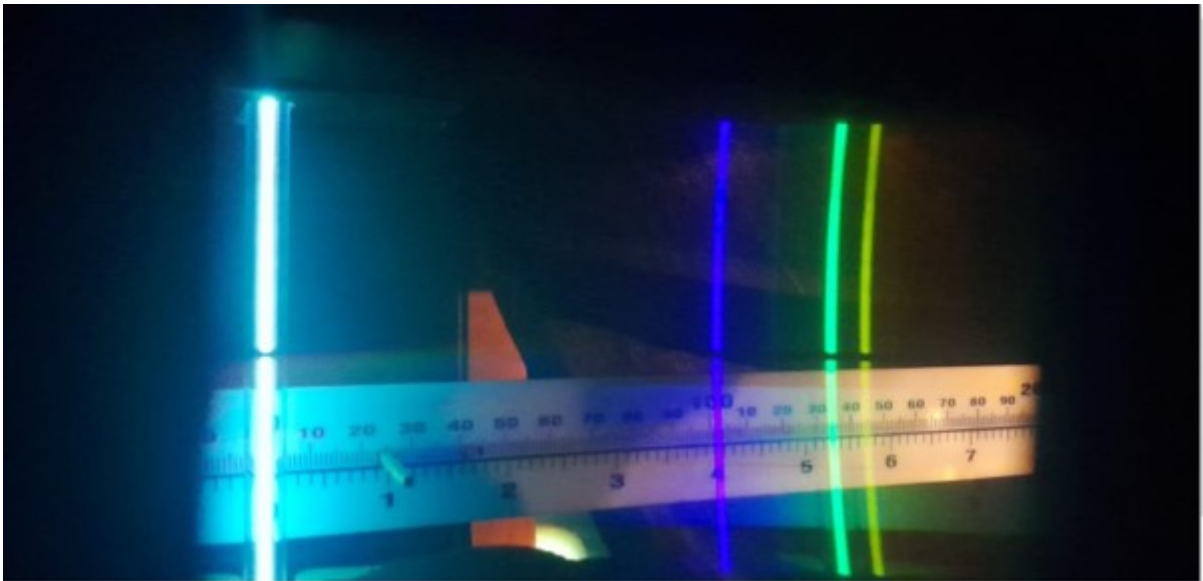


Fonte: Elaborado pelo autor

- **Imagens das Raias Espectrais:** Incluem espectros obtidos a partir de diferentes lâmpadas, como Mercúrio, Hélio, Nitrogênio e Sódio (em experimento adaptado). Os alunos devem observar e comparar as características das raias espectrais para cada tipo de lâmpada, ajudando a identificar os padrões únicos de emissão de cada elemento.

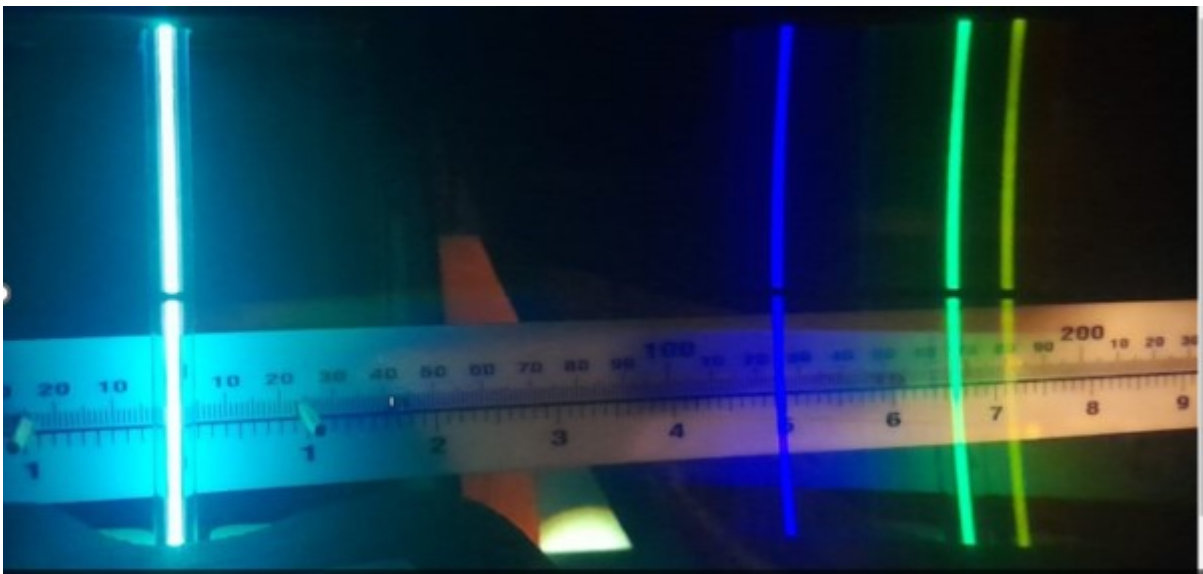
Os alunos devem analisar cada imagem com atenção para compreender como os materiais e o equipamento influenciam os resultados do experimento de espectroscopia, bem como como as medições são realizadas e interpretadas.

Figura 6 – Mercúrio D=20cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7 – Mercúrio D =25cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 – Mercúrio D = 30cm



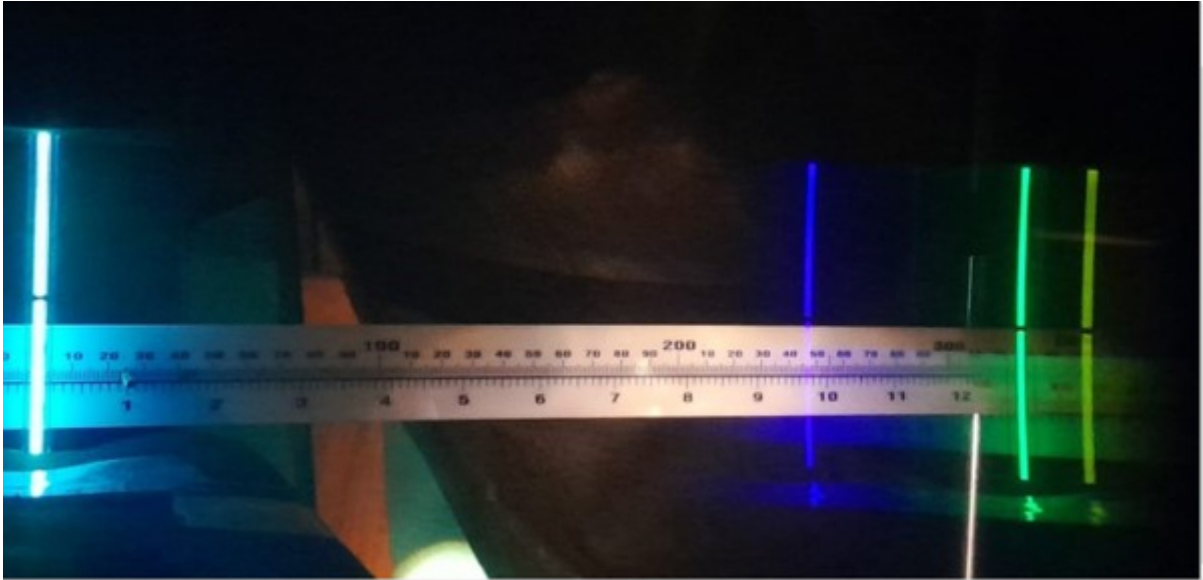
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9 – Mercúrio D =40cm



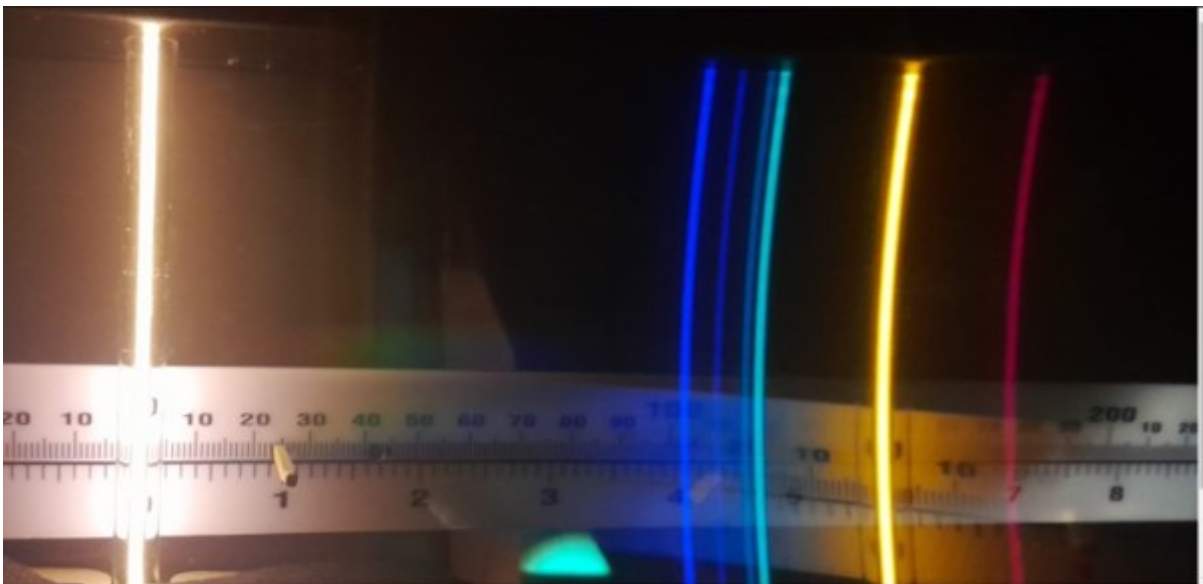
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 – Mercúrio D = 50cm



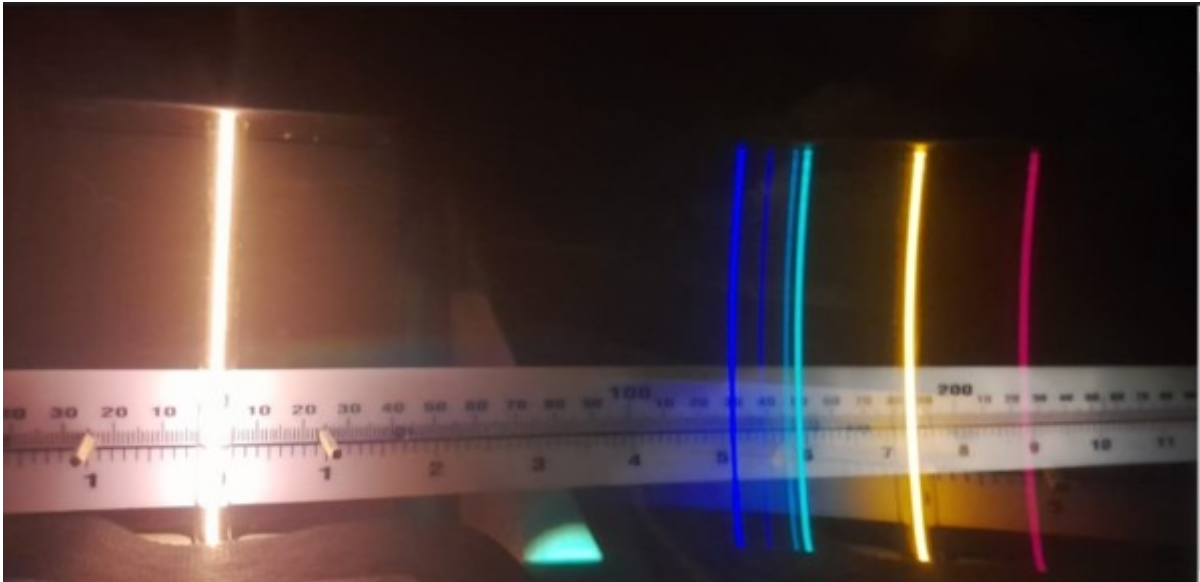
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 – Hélio D = 20cm



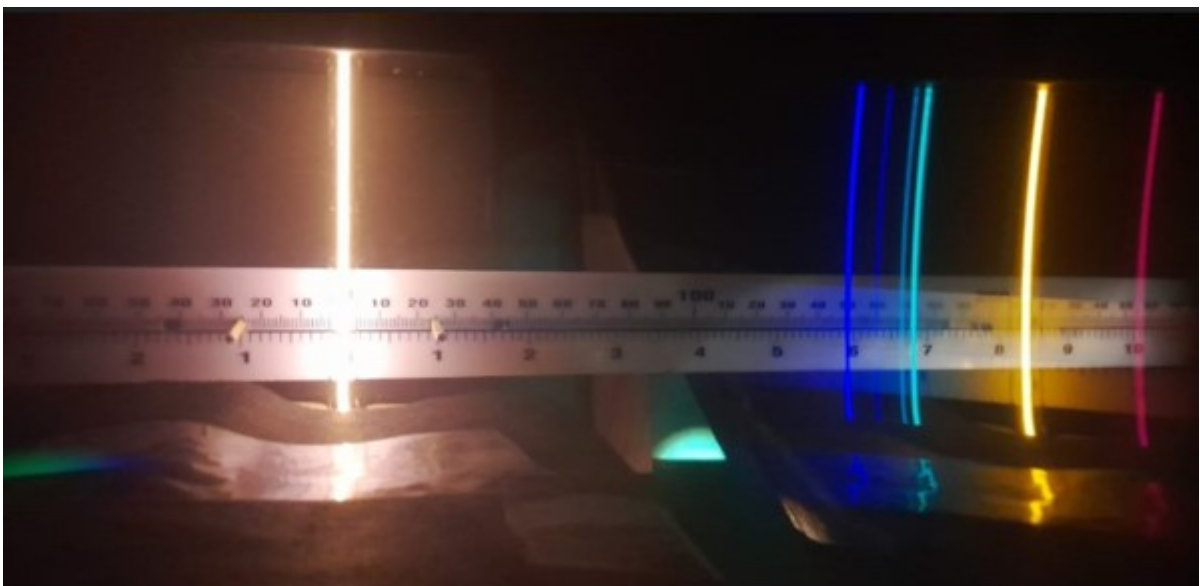
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 – Hélio D = 25cm



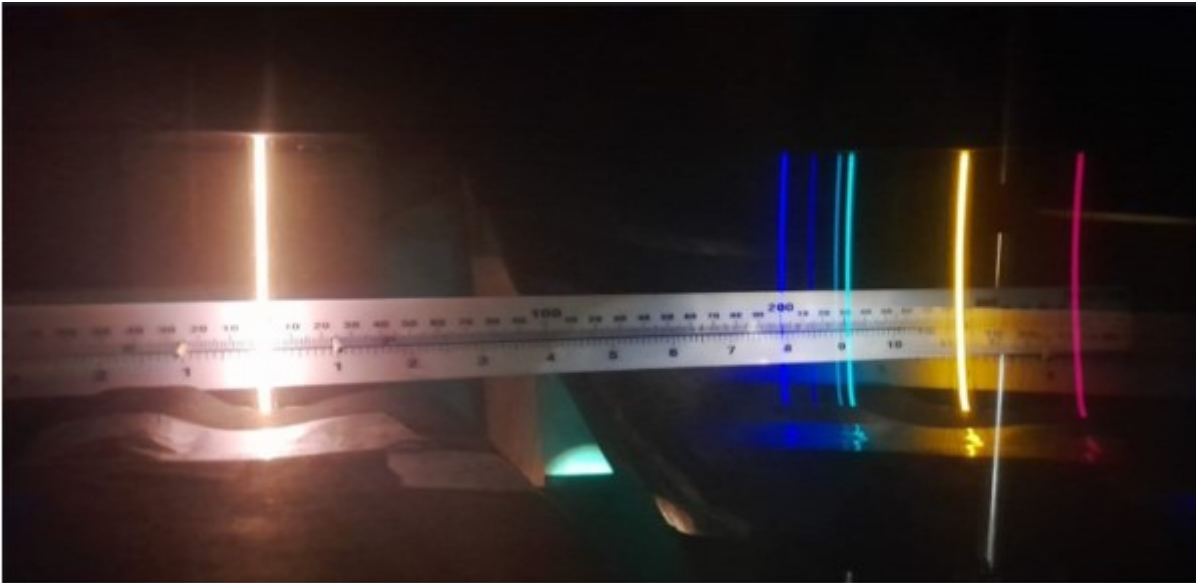
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 13 – Hélio D = 30cm



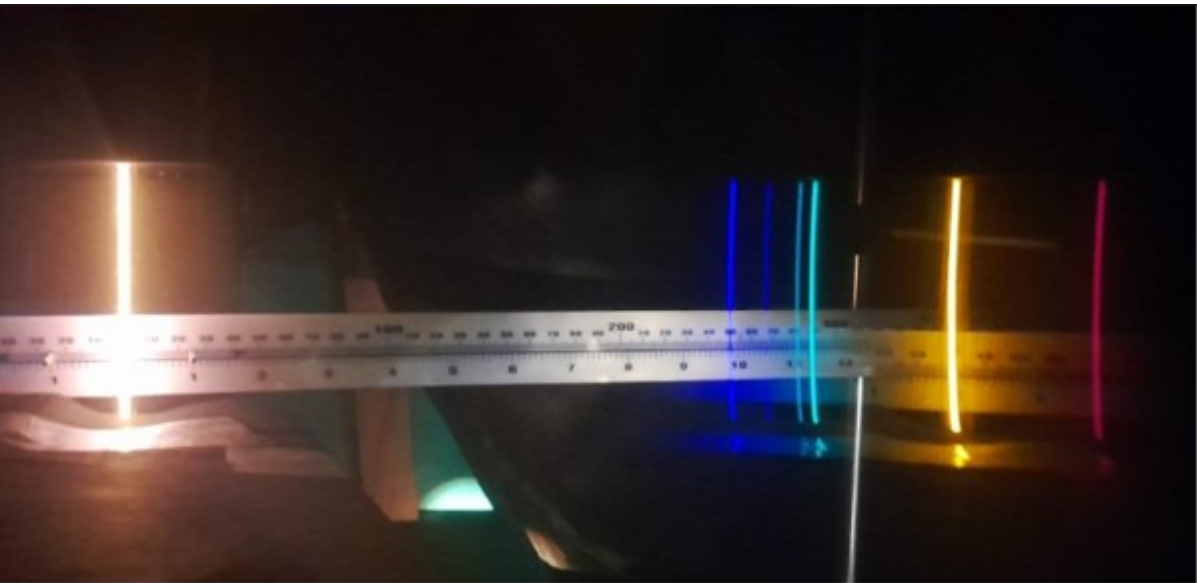
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 – Hélio D = 40cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15 – Hélio D = 50cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 – Nitrogênio $D = 25\text{cm}$ 

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 17 – Nitrogênio $D = 30\text{cm}$ 

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 18 – Nitrogênio D = 35cm



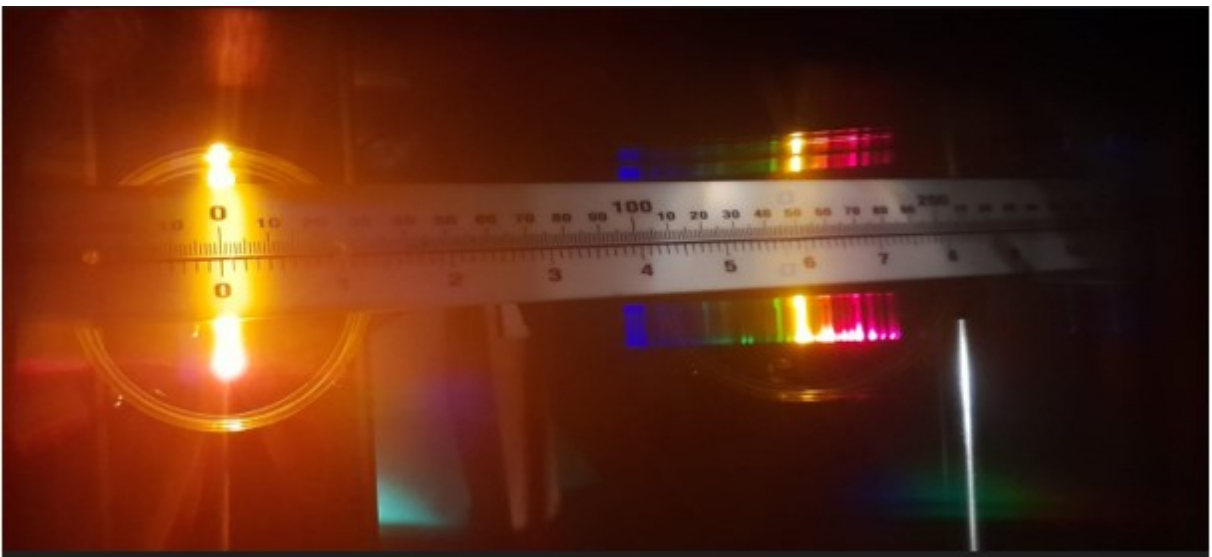
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 19 – Nitrogênio D = 40cm



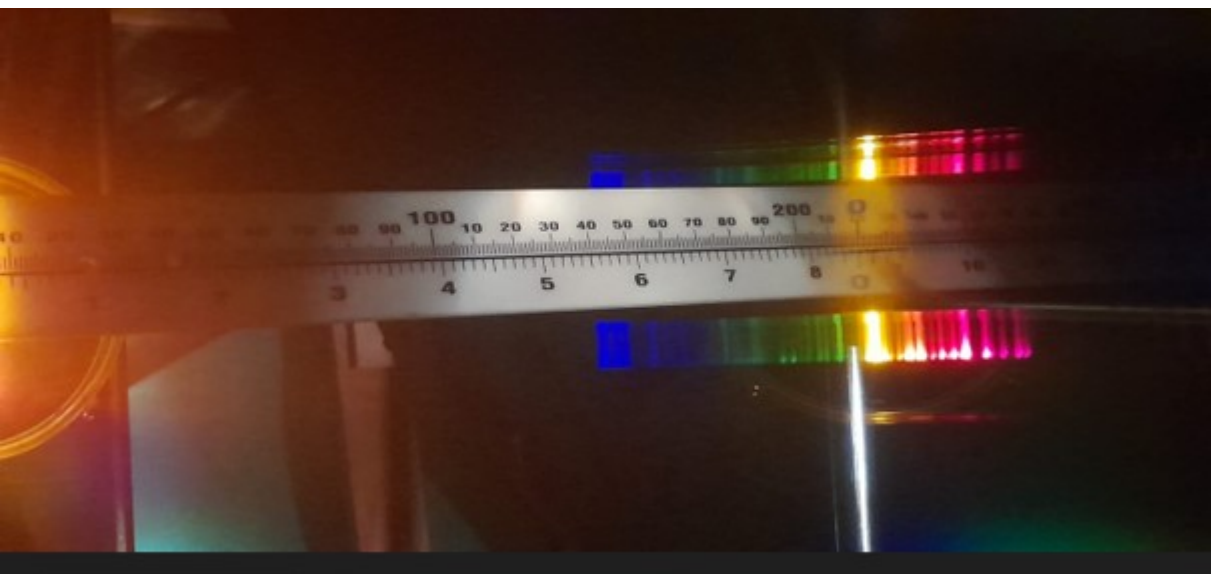
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 20 – Sódio D = 20cm



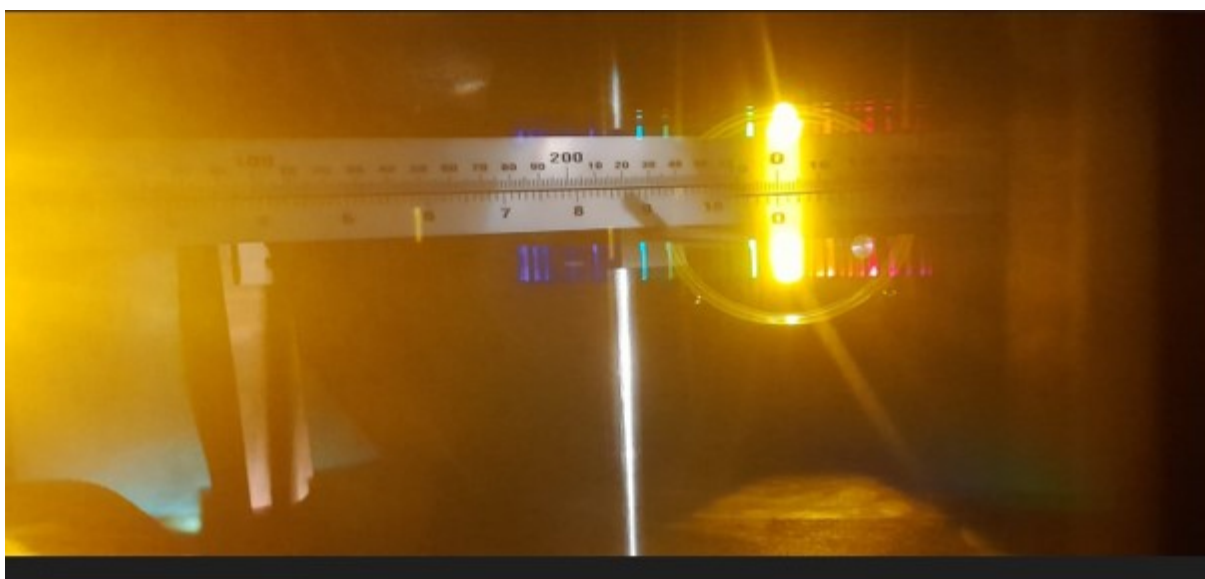
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 21 – Sódio D = 30cm



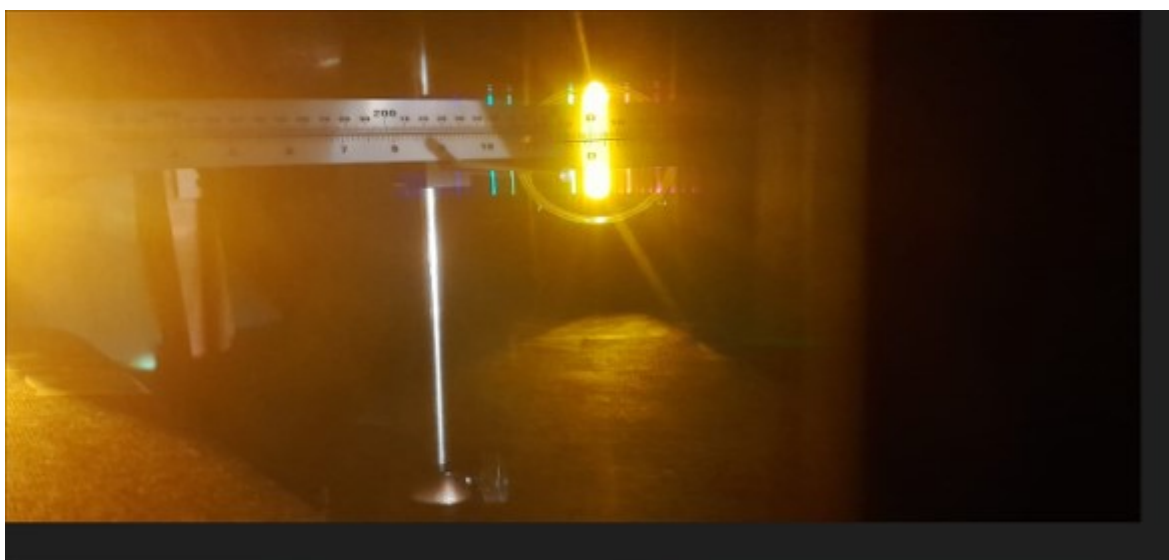
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 22 – Sódio D = 40cm



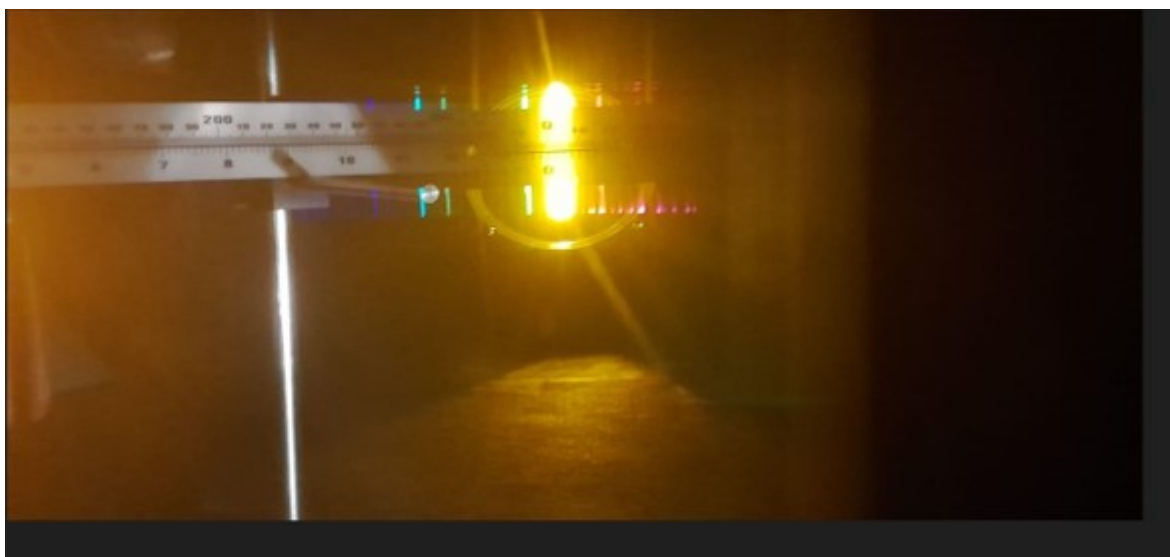
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 23 – Sódio D = 45cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 24 – Sódio D = 50cm



Fonte: Elaborado pelo autor

Caro professor,

Na próxima etapa, o aluno deve realizar cálculos experimentais para preencher um quadro com as medidas obtidas, comparando-as com o modelo proposto pelo fabricante das lâmpadas. Para isso, será necessário retornar à Etapa 6 e fazer observações detalhadas dos espectros das lâmpadas, focando principalmente na distância "x" para cada linha espectral.

Foram fornecidas imagens dos espectros característicos para diferentes distâncias "D" (entre a rede de difração e a régua onde os espectros são formados), totalizando 5 imagens para a lâmpada de vapor de mercúrio, com $D = 20$ cm, 25 cm, 30 cm, 40 cm e 50 cm. Imagens semelhantes foram obtidas para cada tipo de lâmpada, totalizando 19 imagens.

Observação: diante do volume de dados, realizar medições para todas as imagens pode ser exaustivo. Portanto, é sugerido que o aluno realize as medições e preencha o quadro apenas para um valor de "D" por lâmpada. Acreditamos que isso será suficiente para uma análise adequada do fenômeno da espectroscopia óptica. Durante a aplicação do nosso produto, o aluno preencheu o quadro com $D = 40$ cm para a lâmpada de vapor de mercúrio e $D = 25$ cm para a lâmpada de hélio. Já para as lâmpadas de nitrogênio e sódio adaptado, o aluno foi orientado a escolher um ponto na régua de fundo (parâmetro experimental) para cada cor visível do espectro característico, devido à baixa resolução dessas lâmpadas, que gerou espectros com linhas espectrais quase contínuas.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 7

Descrição da Etapa 7: Nesta etapa, é disponibilizada uma pasta com um modelo de quadro para registrar as medidas experimentais, como comprimento de onda, frequência e energia de transição de cada raia espectral para cada lâmpada. Este quadro deve ser preenchido e comparado com o modelo proposto pelo fabricante das lâmpadas, apenas para o comprimento de onda. As medidas de frequência e energia de transição são adaptações adicionais. Também é criado o “fórum de discussão 2” (ferramenta AVA), permitindo a interação entre alunos e professor.

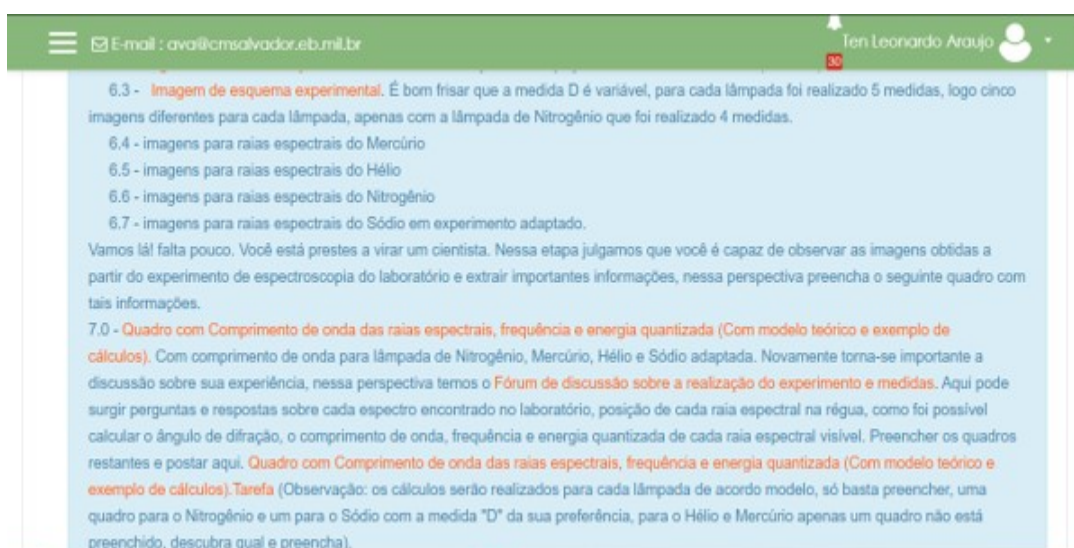
Observação: O quadro modelo mencionado está disponível no Apêndice A deste material educacional

Nesta etapa, os alunos recebem uma pasta contendo um modelo de quadro para a coleta e registro das medidas experimentais. Esse quadro deve ser utilizado para anotar o comprimento de onda, a frequência e a energia de transição de cada linha espectral observada em cada lâmpada testada. As informações registradas no quadro serão posteriormente comparadas com o modelo fornecido pelo fabricante das lâmpadas; no entanto, esta comparação será feita apenas para o comprimento de onda. As medidas de frequência e energia de transição, que não são especificadas diretamente pelo fabricante, são consideradas extensões adicionais ao modelo original e são de responsabilidade dos alunos.

Além disso, é disponibilizado o “Fórum de Discussão 2” por meio da ferramenta AVA, onde os alunos têm a oportunidade de interagir com seus colegas e com o professor. Neste fórum, os alunos podem compartilhar e discutir suas descobertas, levantar dúvidas e responder a questões relacionadas ao experimento. A interação no fórum visa promover uma análise colaborativa do experimento e dos cálculos realizados, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos resultados obtidos.

Na Figura 8, pode ser vista a estruturação no AVA com a passagem das etapas 6 e 7, conforme foi formatado.

Figura 25 – Estrutura da SD no AVA (continuação)



The screenshot shows a user interface for a virtual learning environment. At the top, there is a green header bar with a hamburger menu icon on the left, an email address 'ava@cmsalvador.eb.mil.br', and a user profile for 'Ten Leonardo Araujo' on the right. The main content area is light blue and contains the following text:

6.3 - **Imagem de esquema experimental.** É bom frisar que a medida D é variável, para cada lâmpada foi realizado 5 medidas, logo cinco imagens diferentes para cada lâmpada, apenas com a lâmpada de Nitrogênio que foi realizado 4 medidas.

6.4 - imagens para raias espectrais do Mercúrio

6.5 - imagens para raias espectrais do Hélio

6.6 - imagens para raias espectrais do Nitrogênio

6.7 - imagens para raias espectrais do Sódio em experimento adaptado.

Vamos lá! falta pouco. Você está prestes a virar um cientista. Nessa etapa julgamos que você é capaz de observar as imagens obtidas a partir do experimento de espectroscopia do laboratório e extrair importantes informações, nessa perspectiva preencha o seguinte quadro com tais informações.

7.0 - **Quadro com Comprimento de onda das raias espectrais, frequência e energia quantizada (Com modelo teórico e exemplo de cálculos).** Com comprimento de onda para lâmpada de Nitrogênio, Mercúrio, Hélio e Sódio adaptada. Novamente torna-se importante a discussão sobre sua experiência, nessa perspectiva temos o **Fórum de discussão sobre a realização do experimento e medidas.** Aqui pode surgir perguntas e respostas sobre cada espectro encontrado no laboratório, posição de cada raia espectral na régua, como foi possível calcular o ângulo de difração, o comprimento de onda, frequência e energia quantizada de cada raia espectral visível. Preencher os quadros restantes e postar aqui. **Quadro com Comprimento de onda das raias espectrais, frequência e energia quantizada (Com modelo teórico e exemplo de cálculos).** **Tarefa** (Observação: os cálculos serão realizados para cada lâmpada de acordo modelo, só basta preencher, uma quadro para o Nitrogênio e um para o Sódio com a medida "D" da sua preferência, para o Hélio e Mercúrio apenas um quadro não está preenchido, descubra qual e preencha).

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 8

Descrição da Etapa 8: Nessa etapa solicitamos que o aluno realize um relatório simplificado sobre o experimento de espectroscopia a partir de um template. Aqui é gerada um pasta no AVA, através de ferramenta arquivo de texto, onde é postado todos os relatórios.

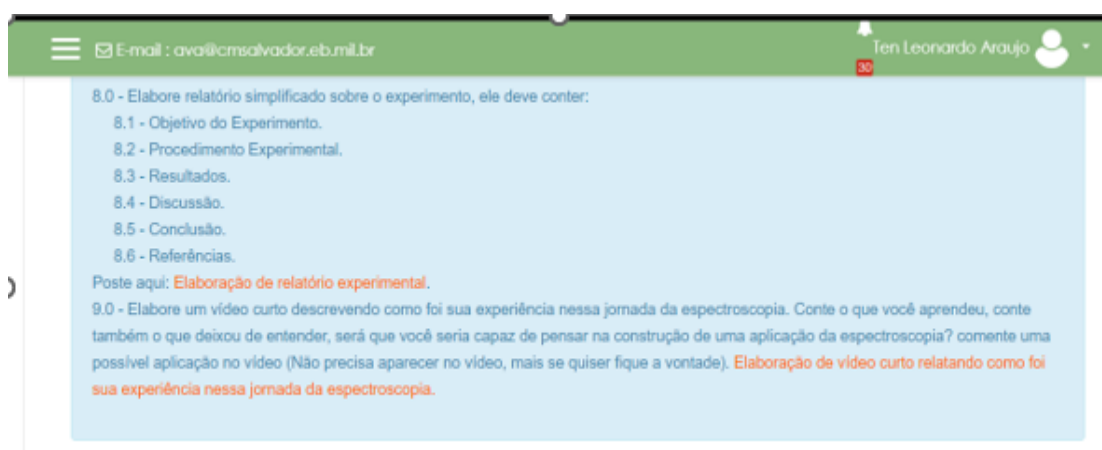
No experimento de espectroscopia óptica realizado com o instrumento experimental da Cidepe, os alunos analisaram os espectros característicos produzidos por lâmpadas de vapor de mercúrio, hélio, nitrogênio e sódio. O objetivo foi identificar e medir os comprimentos de onda, frequências e energias de transição das linhas espectrais desses gases.

Metodologia

No laboratório de Física, o equipamento da Cidepe foi utilizado para capturar imagens dos espectros característicos das lâmpadas, com a resolução adequada, conforme disponibilizado na Etapa 6 do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). A partir dos parâmetros das imagens obtidas, foram determinados os ângulos de difração, comprimentos de onda, frequências e energias de transição das linhas espectrais, cujos resultados foram registrados na Etapa 7 da sequência didática. Utilizando esses dados no AVA, os alunos devem elaborar um relatório simplificado. O relatório deve seguir um template específico, contendo as seções: Objetivo do Experimento, Procedimento Experimental, Resultados, Discussão, Conclusão e Referências. Esta etapa é essencial para consolidar o conhecimento adquirido e aprimorar as habilidades de comunicação escrita dos alunos.

Na Figura 25, é possível verificar a estrutura da SD no AVA, com a passagem das etapas 8 e 9, conforme foi formatado.

Figura 25 – Estrutura da SD no AVA



The screenshot shows a user interface for an AVA (Virtual Learning Environment). At the top, there is a green header bar with a hamburger menu icon on the left, an email address 'ava@cmsalvador.eb.mil.br' in the center, and the user's name 'Ten Leonardo Araujo' with a profile picture icon on the right. Below the header, the main content area is light blue and contains the following text:

8.0 - Elabore relatório simplificado sobre o experimento, ele deve conter:

- 8.1 - Objetivo do Experimento.
- 8.2 - Procedimento Experimental.
- 8.3 - Resultados.
- 8.4 - Discussão.
- 8.5 - Conclusão.
- 8.6 - Referências.

Poste aqui: **Elaboração de relatório experimental.**

9.0 - Elabore um vídeo curto descrevendo como foi sua experiência nessa jornada da espectroscopia. Conte o que você aprendeu, conte também o que deixou de entender, será que você seria capaz de pensar na construção de uma aplicação da espectroscopia? comente uma possível aplicação no vídeo (Não precisa aparecer no vídeo, mais se quiser fique a vontade). **Elaboração de vídeo curto relatando como foi sua experiência nessa jornada da espectroscopia.**

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ETAPA 9

Descrição da Etapa 9: nesta etapa, os alunos devem criar um vídeo de até 3 minutos compartilhando suas experiências com a espectroscopia. O vídeo deve ser postado em uma pasta específica no AVA, criada para esse fim.

Na última etapa, os alunos são convidados a criar um vídeo curto descrevendo sua experiência ao longo da jornada de estudo da espectroscopia. Eles devem compartilhar o que aprenderam, as dificuldades enfrentadas e suas percepções sobre possíveis aplicações da espectroscopia. O vídeo deve ser postado em formato de link no YouTube para compartilhamento.

Observação: Todas as etapas da sequência didática foram cuidadosamente projetadas para promover a aprendizagem significativa, envolvendo os alunos em atividades práticas, discussões, análises e sínteses, culminando na criação de um vídeo que consolida seus conhecimentos e experiências.

REFERÊNCIAS

Apolo11.com. Composição química dos planetas e estrelas. <https://brazilastronomy.wordpress.com/composicao-quimica-dos-planetas-e-estrelas/>. Acesso em: 26 set. 2023.

How Quantum Mechanics Predicts All The Elements. Gravação de Arvin Ash. Youtube: Wondrium, 2020. Disponível em: https://youtu.be/tq_y1qOmUBE?si=K1b-EbfRjQVOL0Uj. Acesso em: 13 set. 2023.

Ótica-simulador phet colorado-dispersão/decomposição da luz branca. Gravação de Lucas Melo. Youtube: Projetos integradores, UNCISAL 2019. Disponível em: https://youtu.be/cKme_ot2cKk?si=czoPH2CR7vsvCXyi. Acesso em: 13 ago. 2023.

PhET Interactive Simulations. *Dispersão da luz branca*. University of Colorado Boulder. https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations

Interferência de Onda - Experimento de Young - Simulador Interativo Phet. Gravação de Andre Vieira. Youtube: Física toda hora 2020. Disponível em: <https://youtu.be/zvdTJE1zhKk?si=TwFiMNSyP8qx2dnW>. Acesso em: 13 ago. 2023.

PhET Interactive Simulations. *Interferência e Difração de ondas*. University of Colorado Boulder. https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations

Entendendo o Experimento de Espectroscopia no Laboratório de Física do CMS. Gravação de Leonardo Araújo. Youtube: SD de Espectroscopia Óptica 2023. Disponível em: <https://youtu.be/lryNJNdIHw0>.

APÊNDICE A- Observando os Espectros

Ao final desse quadro teórico e experimental, temos exemplo de como calcular o comprimento de onda, a frequência e a energia. Aqui você ou equipe precisa preencher ao menos uma tabela, com $D = 25\text{cm}$ para o Hélio, com $D = 40\text{cm}$ para o mercúrio, e uma medida para cada cor da raia para o Nitrogênio e Sódio, independente da distância D . Observe que as tabelas para o Mercúrio e Hélio já estão preenchidas, faltando apenas as de 40cm e 25cm respectivamente. (Observação: essas tabelas e resultados precisam ser discutidas tanto no fórum, quanto na elaboração do relatório, faça comparação dos resultados obtidos com o que diz a teoria, discuta da melhor forma, com seriedade e honestidade). Lembrando que temos ao menos 60% da nota da A7.

OBSERVANDO OS ESPECTROS

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)
Violeta	4000
Violeta	4000
Violeta	4000
Azul	4500
Azul	4550
Azul	4550
Azul	4800
Verde	5000
Verde	5100
Amarelo	5850
Vermelho	6500
Vermelho	6800
Vermelho	7200

D = 20cm

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Violeta	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			

Azul			
Azul	$4,543 \times 10^{-7} \text{m} = 4543 \text{Å}$	$6,6 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,378 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul	$4,751 \times 10^{-7} \text{m} = 4751 \text{Å}$	$6,31 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,18 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul	$4,919 \times 10^{-7} \text{m} = 4919 \text{Å}$	$6,22 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,12 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde	$5,049 \times 10^{-7} \text{m} = 5049 \text{Å}$	$5,941 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,939 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde			
Amarelo	$5,707 \times 10^{-7} \text{m} = 5707 \text{Å}$	$5,256 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,485 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho	$6,363 \times 10^{-7} \text{m} = 6363 \text{Å}$	$4,714 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,125 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho			
Vermelho			

D = 25cm

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Violeta	$\lambda_V = d \cdot \sin(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			
Azul			
Azul			
Azul			
Azul			
Verde			
Verde			
Amarelo			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

D = 30cm

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Violeta	$\lambda_V = d \cdot \sin(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			

Violeta	$4,472 \times 10^{-7} \text{m} = 4472 \text{Å}$	$6,708 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,447 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul			
Azul			
Azul			
Azul	$4,705 \times 10^{-7} \text{m} = 4705 \text{Å}$	$6,376 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,227 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde	$4,886 \times 10^{-7} \text{m} = 4886 \text{Å}$	$6,139 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,070 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde	$4,973 \times 10^{-7} \text{m} = 4973 \text{Å}$	$6,032 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,999 \times 10^{-19} \text{J}$
Amarelo	$5,825 \times 10^{-7} \text{m} = 5825 \text{Å}$	$5,510 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,314 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho	$6,476 \times 10^{-7} \text{m} = 6476 \text{Å}$	$4,632 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,071 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho			
Vermelho			

D = 40cm

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Violeta	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			
Azul	$4,472 \times 10^{-7} \text{m} = 4472 \text{Å}$	$6,708 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,447 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul			
Azul			
Azul	$4,734 \times 10^{-7} \text{m} = 4734 \text{Å}$	$6,337 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,201 \times 10^{-19} \text{J}$
	$4,902 \times 10^{-7} \text{m} = 4902 \text{Å}$	$6,119 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,057 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde	$5,001 \times 10^{-7} \text{m} = 5001 \text{Å}$	$5,998 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,977 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde			
Amarelo	$5,802 \times 10^{-7} \text{m} = 5802 \text{Å}$	$5,170 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,428 \times 10^{-19} \text{J}$

Vermelho	$6585 \times 10^{-7} \text{m} = 6585 \text{Å}$	$4,555 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,020 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho			
Vermelho			

D = 50cm

MODELO 4604 HÉLIO (He GÁS). ESPECTRO FORTE COM 2 LINHAS VIOLETAS, 2 VERDES, 1 AMARELA E 2 VERMELHAS SENDO PROMINENTES

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Violeta	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			
Azul	$4,472 \times 10^{-7} \text{m} = 4472 \text{Å}$	$6,708 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,447 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul			
Azul	$4,710 \times 10^{-7} \text{m} = 4710 \text{Å}$	$6,369 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,222 \times 10^{-19} \text{J}$
Azul	$4,899 \times 10^{-7} \text{m} = 4899 \text{Å}$	$6,123 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,060 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde	$5,017 \times 10^{-7} \text{m} = 5017 \text{Å}$	$5,979 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,964 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde			
Amarelo	$5,843 \times 10^{-7} \text{m} = 5843 \text{Å}$	$5,134 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,404 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho	$6,340 \times 10^{-7} \text{m} = 6340 \text{Å}$	$4,731 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,137 \times 10^{-19} \text{J}$
Vermelho			
Vermelho			

MODELO 4609 NITROGENIO (N₂ GÁS). FORTE ESPECTRO DE MUITAS LINHAS DO VIOLETA AO VERMELHO

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)
Violeta	4000
Violeta	4050
Violeta	4100
Violeta	4150
Violeta	4200
Violeta	4250
Violeta	4400

Amarelo	5900
Amarelo	5900
Vermelho	6100
Vermelho	6250
Vermelho	6600
Vermelho	6800
Vermelho	7200
Vermelho	7300

D = 20cm

MODELO 4607 MERCÚRIO (Hg VAPOR). ESPECTRO FORTE COMPOSTO POR 3 LINHAS VIOLETA, 1 VERDE, 1 AMARELA E 1 LARANJA. LÂMPADAS DE MERCÚRIO SÃO USADAS COMO FONTES DE LUZ PARA ESTES COMPRIMENTOS DE ONDA

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Violeta	4,507x10⁻⁷m = 4507 Å	6,65x10¹⁴Hz	4,42x10⁻¹⁹J
Verde			
Verde			
Verde	5,594x10⁻⁷m = 5594 Å	5,366x10¹⁴Hz	3,55x10⁻¹⁹J
Amarelo	5,843x10⁻⁷m = 5843 Å	5,134x10¹⁴Hz	3,40x10⁻¹⁹J
Amarelo			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

D = 25cm

MODELO 4607 MERCÚRIO (Hg VAPOR). ESPECTRO FORTE COMPOSTO POR 3 LINHAS VIOLETA, 1 VERDE, 1 AMARELA E 1 LARANJA. LÂMPADAS DE MERCÚRIO SÃO USADAS COMO FONTES DE LUZ PARA ESTES COMPRIMENTOS DE ONDA

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
-----	-------------------------	-----------------	-------------

	$\lambda_V = d \cdot \sin(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta	$4,472 \times 10^{-7} \text{m} = 4472 \text{ \AA}$	$6,708 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,44 \times 10^{-19} \text{J}$
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Verde			
Verde			
Verde	$5,554 \times 10^{-7} \text{m} = 5554 \text{ \AA}$	$5,41 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,58 \times 10^{-19} \text{J}$
Amarelo	$5,843 \times 10^{-7} \text{m} = 5843 \text{ \AA}$	$5,134 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,40 \times 10^{-19} \text{J}$
Amarelo			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

D = 30cm

MODELO 4607 MERCÚRIO (Hg VAPOR). ESPECTRO FORTE COMPOSTO POR 3 LINHAS VIOLETA, 1 VERDE, 1 AMARELA E 1 LARANJA. LÂMPADAS DE MERCÚRIO SÃO USADAS COMO FONTES DE LUZ PARA ESTES COMPRIMENTOS DE ONDA

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
	$\lambda_V = d \cdot \sin(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta	$3,924 \times 10^{-7} \text{m} = 3924 \text{ \AA}$	$7,6452 \times 10^{14} \text{Hz}$	$5,06 \times 10^{-19} \text{J}$
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Verde	$4,908 \times 10^{-7} \text{m} = 4908 \text{ \AA}$	$6,11 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,05 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde	$5,207 \times 10^{-7} \text{m} = 5207 \text{ \AA}$	$5,76 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,819 \times 10^{-19} \text{J}$
Verde			
Amarelo			
Amarelo			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

D = 40cm

MODELO 4607 MERCÚRIO (Hg VAPOR). ESPECTRO FORTE COMPOSTO POR 3 LINHAS VIOLETA, 1 VERDE, 1 AMARELA E 1 LARANJA. LÂMPADAS DE MERCÚRIO SÃO USADAS COMO FONTES DE LUZ PARA ESTES COMPRIMENTOS DE ONDA

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Verde			
Verde			
Verde			
Amarelo			
Amarelo			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

D = 50cm

MODELO 4607 MERCÚRIO (Hg VAPOR). ESPECTRO FORTE COMPOSTO POR 3 LINHAS VIOLETA, 1 VERDE, 1 AMARELA E 1 LARANJA. LÂMPADAS DE MERCÚRIO SÃO USADAS COMO FONTES DE LUZ PARA ESTES COMPRIMENTOS DE ONDA

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
	$\lambda_V = d \cdot \text{sen}(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta	$4,429 \times 10^{-7} \text{m} = 4429 \text{Å}$	$6,77 \times 10^{14} \text{Hz}$	$4,49 \times 10^{-19} \text{J}$
Violeta			
Violeta			
Violeta			

Verde			
Verde			
Verde	$5,449 \times 10^{-7} \text{m} = 5449 \text{Å}$	$5,505 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,650 \times 10^{-19} \text{J}$
	$5,767 \times 10^{-7} \text{m} = 5767 \text{Å}$	$5,202 \times 10^{14} \text{Hz}$	$3,448 \times 10^{-19} \text{J}$
Amarelo			
Amarelo			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

MODELO ADAPTADO SÓDIO (Na VAPOR). ESPECTRO DA LUZ EMITIDA POR UMA LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO DE BAIXA PRESSÃO.

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (Å)	FREQUÊNCIA (Hz)	ENERGIA (J)
	$\lambda_V = d \cdot \sin(\theta_D) / m$	$c = \lambda_V \cdot f$	$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V$
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Violeta			
Azul			
Azul			
Azul			
Azul			
Verde			
Verde			
Verde			
Verde			
Amarelo			
Amarelo			
Amarelo			
Amarelo			
Laranja			
Laranja			
Laranja			
Laranja			
Vermelho			

Vermelho			
Vermelho			
Vermelho			

$\lambda_V =$ Comprimento de onda da raia espectral

$d =$ espaçamento da rede de difração fixo (1×10^{-6}) metros

$\theta_D =$ Angulo de difração calculado a partir de $\theta_D = \tan^{-1} \frac{x}{D}$

$x =$ distância de cada raia espectral a raia central de referência

$D =$ distância entre a rede de difração e o anteparo, em acordo ao esquema experimental

$f =$ frequência da raia espectral

$c =$ velocidade da luz no vacuo $\cong 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

$h =$ constante de Planck = $6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

$m =$ ordem da raia espectral $m = 0, 1, 2 \dots$

Exemplo de cálculo para a lâmpada de vapor de hélio com $D = 20 \text{ cm}$ e $m = 1$

1ª raia visível (Azul)

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{x}{D} = \tan^{-1} \frac{10,2}{20} = 27,02^\circ$$

$$\lambda_V = d \cdot \frac{\text{sen}(\theta_D)}{m} = (1 \times 10^{-6}) \cdot \frac{\text{sen}(27,02)}{1} = 4,543 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \lambda_V \cdot f \quad f = c/\lambda_V = (3 \times 10^8)/(4,543 \times 10^{-7}) = 6,6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c/\lambda_V = [(6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)]/(4,543 \times 10^{-7}) = 4,378 \times 10^{-19} \text{ J}$$

2ª raia visível (Azul)

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{x}{D} = \tan^{-1} \frac{10,8}{20} = 28,36^\circ$$

$$\lambda_V = d \cdot \frac{\text{sen}(\theta_D)}{m} = (1 \times 10^{-6}) \cdot \frac{\text{sen}(28,36)}{1} = 4,751 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \lambda_V \cdot f \quad f = c/\lambda_V = (3 \times 10^8)/(4,751 \times 10^{-7}) = 6,31 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c/\lambda_V = [(6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)]/(4,751 \times 10^{-7}) = 4,186 \times 10^{-19} \text{ J}$$

3° raia visível (Azul)

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{x}{D} = \tan^{-1} \frac{11,3}{20} = 29,46^\circ$$

$$\lambda_V = d \cdot \frac{\text{sen}(\theta_D)}{m} = (1 \times 10^{-6}) \cdot \frac{\text{sen}(29,46)}{1} = 4,919 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \lambda_V \cdot f \quad f = c/\lambda_V = (3 \times 10^8)/(4,919 \times 10^{-7}) = 6,098 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c/\lambda_V = [(6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)]/(4,919 \times 10^{-7}) = 4,043 \times 10^{-19} \text{ J}$$

4° raia visível (Verde)

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{x}{D} = \tan^{-1} \frac{11,7}{20} = 30,32^\circ$$

$$\lambda_V = d \cdot \frac{\text{sen}(\theta_D)}{m} = (1 \times 10^{-6}) \cdot \frac{\text{sen}(30,32)}{1} = 5,049 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \lambda_V \cdot f \quad f = c/\lambda_V = (3 \times 10^8)/(5,049 \times 10^{-7}) = 5,941 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c/\lambda_V = [(6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)]/(5,049 \times 10^{-7}) = 3,939 \times 10^{-19} \text{ J}$$

5° raia visível (amarelo)

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{x}{D} = \tan^{-1} \frac{13,9}{20} = 34,79^\circ$$

$$\lambda_V = d \cdot \frac{\text{sen}(\theta_D)}{m} = (1 \times 10^{-6}) \cdot \frac{\text{sen}(34,79)}{1} = 5,707 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \lambda_V \cdot f \quad f = c/\lambda_V = (3 \times 10^8)/(5,707 \times 10^{-7}) = 5,256 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V = [(6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)] / (5,707 \times 10^{-7}) = 3,485 \times 10^{-19} \text{ J}$$

6° raia visível (Vermelho)

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{x}{D} = \tan^{-1} \frac{16,5}{20} = 39,52^\circ$$

$$\lambda_V = d \cdot \frac{\sin(\theta_D)}{m} = (1 \times 10^{-6}) \cdot \frac{\sin(39,52)}{1} = 6,363 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \lambda_V \cdot f \quad f = c / \lambda_V = (3 \times 10^8) / (6,363 \times 10^{-7}) = 4,714 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot c / \lambda_V = [(6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)] / (6,363 \times 10^{-7}) = 3,125 \times 10^{-19} \text{ J}$$