

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Campus de Presidente Prudente

Programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

MAIKON CESAR SELMINI

**O USO DE MAPAS MENTAIS NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA**

PRESIDENTE PRUDENTE, SP

2019

**O USO DE MAPAS MENTAIS NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA**

MAIKON CESAR SELMINI

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Profa. Dra. Agda Eunice de Souza Albas

PRESIDENTE PRUDENTE, SP

2019

S468u Selmini, Maikon Cesar
O uso de mapas mentais no processo de ensino-aprendizagem de física contemporânea / Maikon Cesar Selmini. -- Presidente Prudente, 2019
183 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientadora: Agda Eunice de Souza Albas

1. Física (Ensino médio). 2. Física quântica. 3. Processo de aprendizagem. 4. Espectros atômicos. 5. David Ausubel. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: O uso de mapas mentais no processo de Ensino-Aprendizagem de Física Contemporânea

AUTOR: MAIKON CESAR SELMINI

ORIENTADORA: AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENSINO DE FÍSICA, área: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS 
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Profa. Dra. ANA MARIA OSORIO ARAYA 
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Profa. Dra. PATRICIA ALEXANDRA ANTUNES 
UNOESTE / Universidade do Oeste Paulista

Presidente Prudente, 03 de julho de 2019

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado Diretor (a),

Sou estudante do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física na Universidade Estadual Paulista (UNESP), no campus de Presidente Prudente/SP. Estou realizando uma pesquisa sob supervisão da professora Dra. Agda Eunice de Souza Albas.

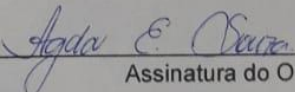
O objetivo geral desta pesquisa é aplicar a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel para ensinar os conceitos de Física Contemporânea, utilizando o material (livro) confeccionado pelo professor, em conjunto a um plano complementar de atividades, para um melhor aprendizado aos estudantes.

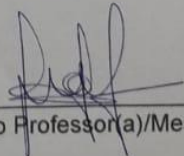
Para essa pesquisa serão colhidos alguns dados dos alunos através de questionários que abordam suas crenças, seus interesses e seus conhecimentos acerca da Física. Além disso, durante as aulas, serão recolhidas as resoluções de exercícios e os Mapas Mentais que confeccionados pelos alunos, que servirão de dados, apenas para fins acadêmicos.

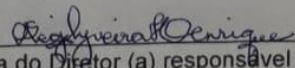
Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pelo professor mestrando, Maikon Cesar Selmini, pelo e-mail: maikonselmini@hotmail.com ou pela Profa. Dra. Agda Eunice de Souza Albas, pelo e-mail: agda.souza@unesp.br.

Eu, Regina Celia de Oliveira R. Henrique, RG 4.993.106-4
diretor (a) do Colégio N. D. L. D. declaro que fui igualmente informado(a) e estou de acordo que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (dissertação de mestrado, elaboração de artigos científicos, palestras, seminários, etc.) sem trazer a identificação dos(as) alunos(as) e do Colégio.

Presidente Prudente, 07 de agosto de 2018.


Assinatura do Orientador(a)


Assinatura do Professor(a)/Mestrando(a)


Assinatura do Diretor (a) responsável do Colégio.

Dedico este trabalho a minha avó (*in memoriam*) Geni Selmini e em especial, ao meu Sagrado, Bábá Mi Lógunèdè.

AGRADECIMENTOS

A Profa. Dra. Agda, minha orientadora, minha veterana no curso de Física, por todos os conselhos, incentivos e orientação deste trabalho. Gratidão.

Aos meus familiares em especial ao meu irmão, Prof. Dr. Antônio Marcos Selmini, pelo apoio e incentivo.

A grande amiga Andréia B. Brito que sempre me incentivou, apoiou e acreditou em mim. Uma grande amizade construída na UNESP que se mantém até os dias hoje, mesmo com a distâncias e os novos rumos da vida.

Aos meus zeladores de santo, Bàbálórìsà Flávio Ty Odé e Bàbálórìsà Alex Ty Lógunèdè pelo apoio e orientação perante as minhas escolhas; por se dedicarem incondicionalmente ao cuidado de meu equilíbrio espiritual.

Ao Colégio Delta de Presidente Bernardes (SP), por permitir que o trabalho pudesse ser aplicado junto as aulas, em especial a Dona Célia Regina e a Roberta, pessoas incríveis, que apoiaram esse trabalho.

A todos meus alunos e ex-alunos, motivo pela qual me faz feliz e completo como Professor.

A Solange Ribeiro, por todos os maravilhosos conselhos e total apoio.

A Carla e Ulisses, este casal incrível por todas as conversas, paciência e risadas.

A todos os professores que participaram das bancas, por todas as preciosas e incríveis sugestões.

Ao Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pela oportunidade de proporcionar-me uma formação continuada tão significativa e necessária.

Aos professores e colegas do MNPEF, por compartilharem seus conhecimentos e experiencias como Professores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

“Me movo como educador, porque, primeiro,
me movo como gente.”

Paulo Freire

RESUMO

O USO DE MAPAS MENTAIS NO PROCESSO DE ENSINO- APRENDIZAGEM DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA

A busca por novas metodologias e ferramentas didáticas, aplicada às aulas, têm sido discutidos em vários trabalhos na área de Ensino de Ciências, especificadamente, no Ensino de Física. Uma alternativa tem sido o uso da aprendizagem significativa de Ausubel, utilizando o processo de ancoragem na aprendizagem dos novos conceitos, proporcionando a verificação das relações entre os conceitos gerais e os específicos. Os Mapas Mentais é uma potencial ferramenta de pensamento para verificação das relações conceituais já que trata-se de um diagrama que busca relacionar os conceitos trabalhados através de palavras-chaves organizando-os através de tópicos e subtópicos relacionando conhecimentos específicos a um assunto geral proposto na construção do Mapa Mental. Isto permite ao aluno relacionar os conteúdos, através das regras de construção dos Mapas Mentais, utilizando cores, ilustrações e pequenas sínteses dos assuntos fazendo dessa ferramenta de pensamento, uma proposta potencialmente para o acompanhamento da Aprendizagem Significativa. Este trabalho descreve o uso de Mapas Mentais, como uma possível ferramenta associada ao processo de ensino-aprendizagem, aplicados aos conceitos da Física Contemporânea, em específico, ao estudo dos Espectros Atômicos utilizando a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Palavras Chave: Física Contemporânea, Física Moderna, David Ausubel, Mapas Mentais, Espectros Atômicos.

ABSTRACT

THE USE OF MIND MAPS IN THE CONTEMPORARY PHYSICS TEACHING AND LEARNING PROCESS

The search for new methodologies and teaching tools, applied to classes, have been discussed in several researches papers in the area of Science Teaching, specifically in Physics Teaching. An alternative has been the use of meaningful learning by Ausubel, utilizing the anchoring process in learning the new concepts of this, providing verification of the relationships between general and specific concepts. The Mind Maps is a potential thinking tool for checking conceptual relationships because it is a diagram that seeks to relate the concepts worked through keywords organizing them through topics and subtopics relating specific knowledge to a general subject proposed in construction of the Mind Map. This allows the student to relate the contents, through the rules of mind map construction, using colors, illustrations and short syntheses of the subjects, making this thinking tool a potential proposal for the accompaniment of meaningful learning. This paper describes the use of Mind Maps as a possible tool associated with the teaching-learning process, applied to the concepts of Contemporary Physics, specifically, the study of Atomic Spectrums using David Ausubel's Meaningful Learning Theory.

Keywords: Contemporary Physics, Modern Physics, David Ausubel, Mind Maps, Atomic Spectra.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da densidade de radiação emitida por um corpo negro.	4
Figura 2 – O gráfico compara a destruição da energia radiante de um corpo negro entre as Leis de Planck, Wien e Rayleigh-Jeans.	5
Figura 3 – Espectros de absorção e emissão formados ao incidir luz branca sobre um gás frio.....	7
Figura 4 – A comparação entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica.....	10
Figura 5 – Representação da diferenciação progressiva (setas contínuas) e a reconciliação integrativa (setas descontínuas).....	11
Figura 6 – Exemplo de Mapa Mental relacionando seus objetivos e funcionalidades. ..	14
Figura 7 – Exemplo de Mapa Conceitual que relaciona as características e ligações entre Mapas Mentais e Mapas Conceituais.	18
Figura 8 – Opinião dos alunos sobre gastarem de estudar Física.	24
Figura 9 – Opinião dos sobre a possível existência de diferenças entre as disciplinas de Física e Matemática.	24
Figura 10 – Opinião dos alunos sobre o que difere a Física da Matemática.	25
Figura 11 – Opinião dos alunos em relação a dificuldade da disciplina de Física.....	25
Figura 12 – Dificuldades dos alunos na disciplina de Física.	26
Figura 13 – A importância do ensino da Física para os alunos na vida cotidiana.	27
Figura 14 – Opinião dos alunos sobre relacionar os conteúdos de Física ao seu cotidiano e as tecnologias presentes ao seu redor.....	27
Figura 15 – Interesse despertado pelos alunos em relação aos conteúdos estudados em Física.	28
Figura 16 – Incidência dos critérios de verificação dos Mapas Mentais.....	37
Figura 17 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.	38
Figura 18 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.	39
Figura 19 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.	40
Figura 20 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.	41
Figura 21 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.	41
Figura 22 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.	42
Figura 23 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.	43
Figura 24 – Opinião dos alunos sobre as aulas de Física Contemporânea.	45
Figura 25 – Opinião dos alunos sobre aprenderem Física Contemporânea.	45
Figura 26 – Opinião dos alunos sobre o uso dos Mapas Mentais.....	46
Figura 27 – Opinião dos alunos sobre a utilização dos Mapas Mentais em outras disciplinas do currículo escolar.	47
Figura 28 – Disciplinas em que os alunos também utilizaram os Mapas Mentais.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Passo a passo para a confecção de um Mapa Mental.....	15
Tabela 2 – A Tabela relaciona os conteúdos trabalhados no livro e os objetivos gerais	21
Tabela 3 – Conteúdos trabalhados nos dois primeiros anos do Ensino Médio que são potencialmente significativos para o ensino dos Espectros Atômicos.....	29
Tabela 4 – Relação dos tópicos do livro utilizados no reforço e aquisição dos organizadores prévios necessários para a aplicação do presente trabalho.....	30
Tabela 5 – Descrição da metodologia utilizada na execução do presente trabalho.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REFERENCIAL	3
3.1. A FÍSICA CONTEMPORÂNEA	3
3.2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	8
3.3. MAPAS MENTAIS: USO E CONSTRUÇÃO	12
4. METODOLOGIA	19
4.1. O PRODUTO: UMA BREVE CONSIDERAÇÃO.....	19
4.2. DADOS SOBRE OS ALUNOS ENVOLVIDOS NO TRABALHO.....	23
4.3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	28
4.3.1. LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES	28
4.3.2. APLICAÇÃO DO TÓPICO ESCOLHIDO.....	32
4.3.3. CRITÉRIOS PARA A ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS.....	34
5. RESULTADOS	36
5.1. ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS	36
5.2. PESQUISA DE OPINIÃO	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
7. BIBLIOGRAFIA	51
8. APÊNDICES	54
APÊNDICE A	54
APÊNDICE B	89
APÊNDICE C	144
APÊNDICE D	156
APÊNDICE E	158
APÊNDICE F	162

1. INTRODUÇÃO

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 1999), a Física é uma área de conhecimento que permite elaborar modelos e investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar materiais, produtos e tecnologias.

Contudo a necessidade do aprimoramento do conhecimento científico prevalece até hoje, com o surgimento das novas tecnologias a busca pela compreensão de seus funcionamentos tem se dividido com o desânimo aparente dos nossos adolescentes dentro da sala de aula.

O Currículo do Estado de São Paulo (SEE/SP) destaca que:

A Física ensinada na escola deve ser pensada como um elemento básico para a compreensão e a ação no mundo contemporâneo e para a satisfação cultural do cidadão de hoje. No entanto, a escola média tem tido dificuldade em lidar adequadamente com os conhecimentos físicos na perspectiva de uma formação para a cidadania. Os currículos e programas de Física destinados ao Ensino Médio, tradicionalmente, têm seguido uma estrutura conceitual linear e hierárquica, sem transpor as fronteiras das teorias clássicas produzidas até o século XIX, insuficientes assim para contemplar os desafios da sociedade moderna (SEE/SP, 2011, p. 96).

As constantes mudanças na base curricular têm buscado maneiras de amenizar essas dificuldades apresentadas nas salas de aulas, tentando promover aulas mais dinâmicas e conteúdos mais atrativos à realidade do aluno. A inserção do ensino da Física Contemporânea no Ensino Médio, por exemplo, busca aprimorar o conhecimento científico dos alunos em prol de compreender as novas tecnologias que tornaram-se cotidianas em suas vidas.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (PCN, 1999, p.22).

Entretanto, no ensino da Física, algumas dificuldades podem ser evidenciadas, tal como, a precária formação dos professores em seu processo de graduação.

Atualmente, programas de pós graduação, como o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e, um aumento significativo de publicações em revistas e periódicos na área de Ensino de Física, têm evidenciado preocupação sobre práticas docentes à serem potencialmente adotadas pelos professores, em sala de aula, para que possa ocorrer uma melhoria na aprendizagem dos alunos, assim como, instigar o interesse em aprender Física.

É de senso comum, entre os educadores, a necessidade de dar um significado ao que é ensinado nas aulas de Física, contextualizando já no momento do aprendizado, na própria escola média, através de um movimento investigação e reflexão (SEE/SP, 2011).

A utilização de uma aprendizagem significativa, para o Ensino da Física, pode ajudar os alunos a entenderem melhor os conceitos científicos envolvidos em seu cotidiano visto que os alunos chegam ao Ensino Médio com algum tipo de conhecimento que deve ser considerado no processo de ensino-aprendizagem. O uso desse conhecimento preexistente, se sustenta na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. Tais conhecimentos são considerados organizadores prévios e são utilizados no processo de ancoragem dos novos conhecimentos formando os subsunçores, elementos fundamentais para a Aprendizagem Significativa.

Desta forma os conteúdos aprendidos ficam ancorados nos conhecimentos preexistentes, portanto, este processo de ancoragem de uma nova informação resultará modificação destes subsunçores (MOREIRA, 2015), que servirão de subsunçores para os novos conhecimentos que serão trabalhados pelo professor.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo:

- Ensinar o conteúdo de Espectros Atômicos utilizando a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel;
- Utilizar Mapas Mentais como ferramenta de acompanhamento no processo de ensino-aprendizagem, verificando as relações entre os conceitos trabalhados;

- Verificar o uso dos Mapas Mentais como uma potencial ferramenta para identificação da Aprendizagem Significativa;
- Verificar o uso dos Mapas Mentais como uma ferramenta de pensamento, de interesse dos alunos, para o estudo da Física;

3. REFERENCIAL

3.1. A FÍSICA CONTEMPORÂNEA

A Física é uma das ciências que permite compreender os fenômenos da natureza. Desde os primeiros estudos sobre estes fenômenos, na Grécia antiga, pelos filósofos naturalistas, modelos teóricos foram surgindo, como a primeira ideia de átomo, proposta por Leucipo e Demócrito, no século V a.C., com interesse de compreender as propriedades da matéria e seu comportamento.

A busca por explicações sempre foi um dos mecanismos que permitiu o desenvolvimento da ciência, com os experimentos de Galileu Galilei (1564-1642) e as leis da mecânica propostas por Isaac Newton (1643-1727), entre os séculos XVI e XVII, levando a Física a um patamar experimental, validando suas teorias através da realização de experimentos.

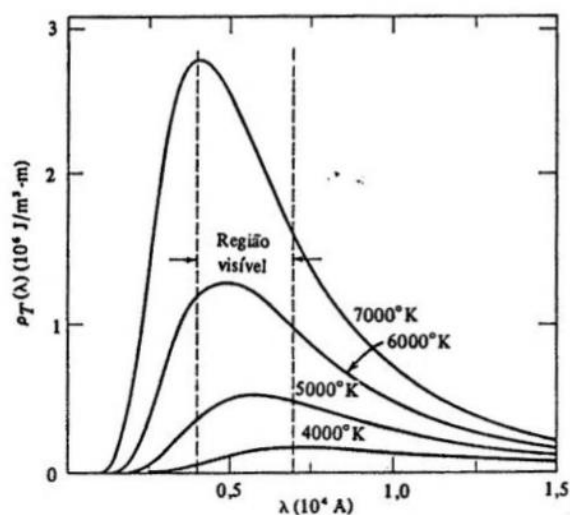
Contudo, no final do século XIX, o físico britânico Lorde Kelvin (1824-1907), chegou a ironizar que a Física estava praticamente toda concluída, que “existiam apenas duas nuvenzinhas no céu da Física” (SCHULZ, 2007), referindo-se às questões relacionadas a não existência do éter, no experimento de Michelson-Morley, e a distribuição de energia de um corpo negro que não podia ser descrita através da Física Clássica. Essas duas questões por fim, acabaram sendo pretexto para mecânica relativística e a mecânica quântica.

Todo corpo, com temperatura acima do zero absoluto, emite radiações eletromagnéticas na forma de calor, pois, quando a altas temperaturas, podemos ver o brilho desses corpos já que emitem uma radiação dentro da região do visível, do espectro eletromagnético. Com os estudos de Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), os corpos têm capacidade tanto de absorverem quanto emitirem

radiações. A intensidade da radiação emitida é denominada de radiância e pode ser calculada através da relação $R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ em que ε é a emissividade do material, σ é a constante de Stefan-Boltzmann e T é a temperatura do corpo na escala absoluta.

Um material é denominado de corpo negro quando apresenta emissividade perfeita, $\varepsilon = 1$. Todo corpo negro absorve a radiação nele incidente assim como irá emití-la. A densidade da radiação emitida pelo corpo negro depende da temperatura do corpo e do comprimento de onda da radiação.

Figura 1 Distribuição da densidade de radiação emitida por um corpo negro¹. FONTE: EINSBERG; RESNICK, 1979, p.38.



Uma das dificuldades era determinar uma relação matemática que estivesse de acordo com os dados experimentais. Wilhelm Wien (1864-1928) em 1893, propõe uma relação para a distribuição da energia radiante, porém só apresentava resultado satisfatório para radiações de baixo comprimento de onda. Entretanto, Wien conclui que o produto do comprimento de onda máximo da radiação pela temperatura é sempre constante.

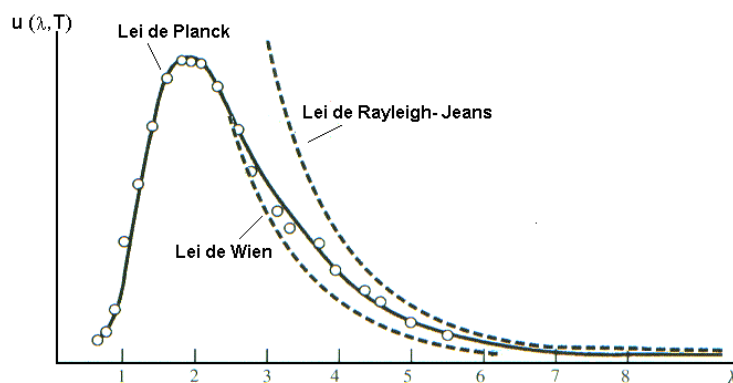
Os cientistas Rayleigh (1842-1919) e Jeans (1877-1946), no início do século XX, propuseram uma nova relação para a distribuição da energia radiante a partir dos conceitos clássicos do eletromagnetismo e da termodinâmica. Contudo só era satisfatória para radiações com valores altos de comprimento de

¹ O gráfico relaciona a densidade de radiação emitida por um corpo negro para diferentes temperaturas em função do comprimento de onda. Note que pico da distribuição, diminui conforme ocorre a diminuição da temperatura.

onda e, além disso, quanto menor fosse o valor o comprimento de onda da radiação, maior era a energia radiante, chegando a valores altíssimos para radiações na região do ultravioleta, ficando conhecido como catástrofe do ultravioleta.

O físico alemão Max Planck (1854-1947), chega a uma relação para energia radiante utilizando um pensamento um pouco ousado para a época. Planck considera que todos os átomos que compõem a cavidade do corpo negro, são osciladores harmônicos com frequências específicas e, portanto, só podem vibrar se receberem quantidades de energia específica, discreta. Desta forma, Planck chega a uma relação matemática que condiz com os resultados experimentais e, entretanto, introduz o conceito dos quantas de energia, ou seja, uma quantização de energia.

Figura 2 - O gráfico compara a distribuição da energia radiante de um corpo negro entre as Leis de Planck, Wien e Rayleigh-Jeans.
FONTE: Disponível em <<http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/QG/aula-3/aula-3.html>>, acessado set. 2018.



A ideia dos quantas de energia ajudou a entender um dos problemas da Física, entretanto, Planck tentou relacionar o seu novo pensamento com as teorias clássicas e não obteve sucesso. “Posso caracterizar todo o processo como um ato de desespero, já que, por natureza, sou pacato e avesso a aventuras duvidosas” (TIPLER; LLEWELLYN, 2000, p.86).

No ano de 1905, o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) publica um artigo explicando o efeito fotoelétrico, a emissão de elétrons em materiais metálicos a partir da incidência de uma radiação eletromagnética, utilizando a ideia dos quantas de energia de Planck.

[...] Einstein propôs que a quantização da energia usada por Planck no problema do corpo negro fosse uma característica universal da luz. Em vez de estar distribuída uniformemente no espaço no qual se propaga, a luz é constituída por quanta isolado de energia hf . Quando um desses quanta, denominado *fótons*, chega à superfície do catodo, toda a energia é transferida para um elétron [...] (TIPLER; LLEWELLYN, 2000, p.89, grifos do autor).

Em 1914, Robert A. Millikan (1868-1953), comprova experimentalmente a teoria proposta por Einstein para o Efeito Fotoelétrico e no ano de 1921, pela explicação do efeito fotoelétrico, Einstein recebe Prêmio Nobel de Física e então, a hipótese da quantização de energia proposta por Planck, não foi apenas um ato de desespero (TIPLER; LLEWELLYN, 2000) e sim, o início de uma nova fase para a Física.

O efeito fotoelétrico [...] fornece uma prova independente da fornecida pela radiação de corpo negro, da exatidão da hipótese fundamental da teoria quântica, ou seja, a hipótese da emissão descontínua ou explosiva da energia que é absorvida das ondas pelos constituintes eletrônicos dos átomos. Ele materializa, por assim dizer, a quantidade h descoberta por Planck em seu estudo da radiação de corpo negro e, como nenhum outro fenômeno, nos faz acreditar que o conceito físico básico que está por trás do trabalho de Planck corresponde à realidade (MILLIKAN, 1914 apud EINSBERG; RESNICK, 2000, p.56, grifos do autor).

Niels Bohr (1885-1962), em 1913, propõe quatro postulados (BOHR, 1913; EINSBERG; RESNICK, 2000) para corrigir uma inconsistência no modelo atômico proposto por Ernest Rutherford (1871-1937), em 1911 (RUTHERFORD, 1911). De acordo com o modelo planetário de Rutherford, e a teoria eletromagnética de Maxwell, um elétron em movimento acelerado, na órbita circular em torno do núcleo atômico, tende a emitir radiação eletromagnética e colidiria com o núcleo. Dentre os postulados, dois foram extremamente revolucionários:

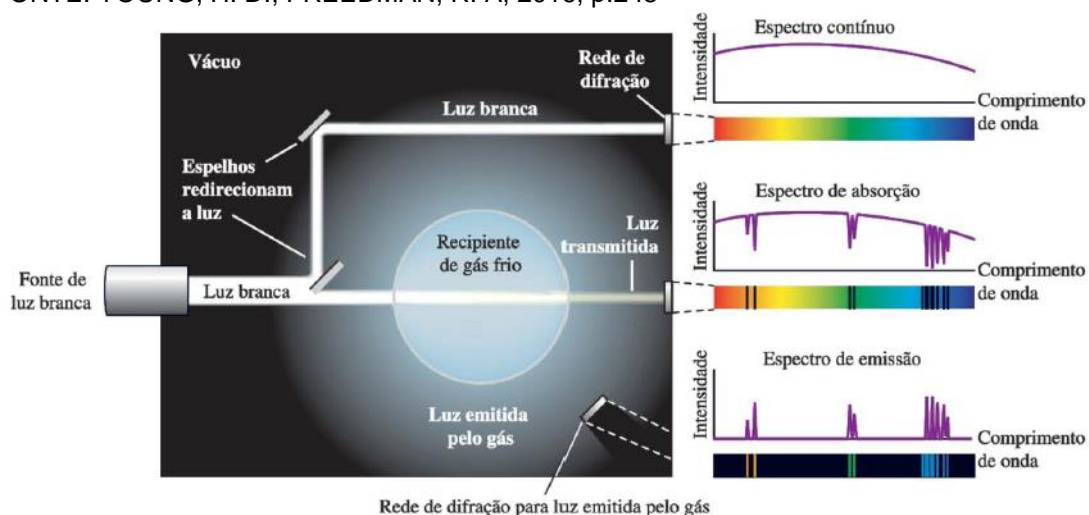
O primeiro foi o de que os elétrons se movem em certas órbitas sem irradiar energia. Bohr chamou essas órbitas de estados estacionários. O segundo postulado foi o de que os átomos irradiam quando um elétron sofre uma transição de um estado estacionário para outro e a frequência f da radiação emitida está relacionada às energias das órbitas através da equação $hf = E_i - E_f$ (TIPLER; LLEWELLYN, 2000, p.111, grifos do autor).

Com essa correção do modelo atômico, foi possível explicar as linhas escuras que eram observadas na decomposição da luz solar. As transições ocorridas pelos fótons, nos níveis energéticos do átomo, permitiram compreender os espectros de emissão e absorção.

Um átomo excitado para um nível de energia alto, seja por absorção do fóton, seja por colisão, não permanece lá por muito tempo. [...] o átomo excitado emitirá um fóton e fará uma transição para um nível excitado mais baixo ou para um nível mais básico. Um gás frio que é iluminado pela luz branca para criar uma linha espectral de *absorção*, portanto, também produz uma linha espectral de *emissão* quando visto de lado, pois, quando os átomos perdem a excitação, eles emitem fótons em todas as direções (YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A, 2016, p.245, grifos do autor).

A Figura 3 mostra a formação dos espectros da luz branca ao passar por um gás a baixa temperatura. A luz branca apresenta um espectro contínuo. Ao passar por um gás frio, a luz transmitida terá um espectro de absorção devido a absorção de energia pelos elétrons dos átomos que compõem o gás. A energia absorvida da luz, excita os elétrons, emitindo luz própria gerando um espectro de emissão (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

Figura 3 – Espectros de absorção e emissão formados ao incidir luz branca sobre um gás frio. FONTE: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A, 2016, p.245



A ideia da quantização de energia é essencial para compreender as linhas espectrais (série de Lyman, Balmer, Paschen) de emissão e absorção, além de compreender os fenômenos decorrentes que a Física Clássica não conseguia explicar plausivelmente.

Em 1924, Louis De Broglie (1892-1987) propõe, em sua tese de doutorado (TIPLER; LLEWELLYN, 2000) que o elétron possui um comportamento onda-partícula. Ele percebeu que “o dualismo onda-partícula de Einstein era um fenômeno absolutamente geral, que se estendia por toda natureza” (DE BROGLIE, 1962 apud TIPLER; LLEWELLYN, 2000, p. 129) e, portanto, como a natureza é composta por matéria e energia, então o elétron deveria possuir o mesmo comportamento.

Esta teoria deu margem para reflexões sobre o comportamento dos elétrons nos níveis de energia, e trazendo o conceito de orbitais moleculares, visto que os elétrons não se movimentavam em orbitas circulares, mas, em um movimento ondulatório em torno do núcleo atômico. Com isso, Werner Heisenberg (1901-1976) propõem, em 1927, que não podemos determinar, simultaneamente, a posição e a velocidade de um elétron (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Precisamente determinamos a posição do elétron ou, precisamente, determinamos a velocidade da partícula (NOVAIS, 1981).

O físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961), por volta de 1927, propõem uma teoria de caráter ondulatório para o elétron, expondo em sua solução, informações básicas de um comportamento dual onda-partícula. A teoria de Schrödinger dá início a mecânica quântica pois, as equações geradas a partir de seu trabalho, descreve o comportamento dos estados quânticos em função do tempo, assim como possibilita determinar suas condições de contorno de um sistema.

3.2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1968, 2000) é uma teoria cognitiva que leva em consideração os conhecimentos já existentes do aluno, inserindo-os no processo de ensino e aprendizagem de forma substantiva e não arbitrária. Durante esta aprendizagem, novas informações devem ser incorporadas na estrutura cognitiva do aluno considerando a essência da informação apresentada e não de maneira literal. Para isso, a informação dever-se-á interagir, cognitivamente, com os conhecimentos específicos e relevantes do aluno, que Ausubel denomina de subsunçores (MOREIRA, 2011).

[...] aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificadamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo [...] envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor*, ou simplesmente *subsunçor*. (MOREIRA, 2015, p. 161, grifos do autor).

Conceito subsunçor é o nome dado aos conhecimentos existentes no indivíduo que servem para dar um novo significado ao conhecimento que será apresentado pelo professor, por meio da aprendizagem por recepção, ou até mesmo será descoberto por ele mesmo, através da aprendizagem por descoberta (MOREIRA, 2011).

Na aprendizagem por recepção, o aluno irá receber todo o conteúdo de forma explícita e através dos subsunçores, o conteúdo é ancorado e posteriormente, o aluno deverá internalizá-lo. Entretanto, na aprendizagem por descoberta, o aluno deverá construir os conceitos, utilizando seus subsunçores, do conteúdo e, em seguida, incorporá-lo em sua estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 apud GOBARA; CALUZI, 2016, p.14-15). Desta forma, os subsunçores vão se aprimorando cada vez mais em significados permitindo que novas aprendizagens sejam facilitadas.

Segundo Ausubel (1968) a aprendizagem pode ocorrer em duas principais formas: a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa sendo que a última, poderá ocorrer por descoberta ou recepção.

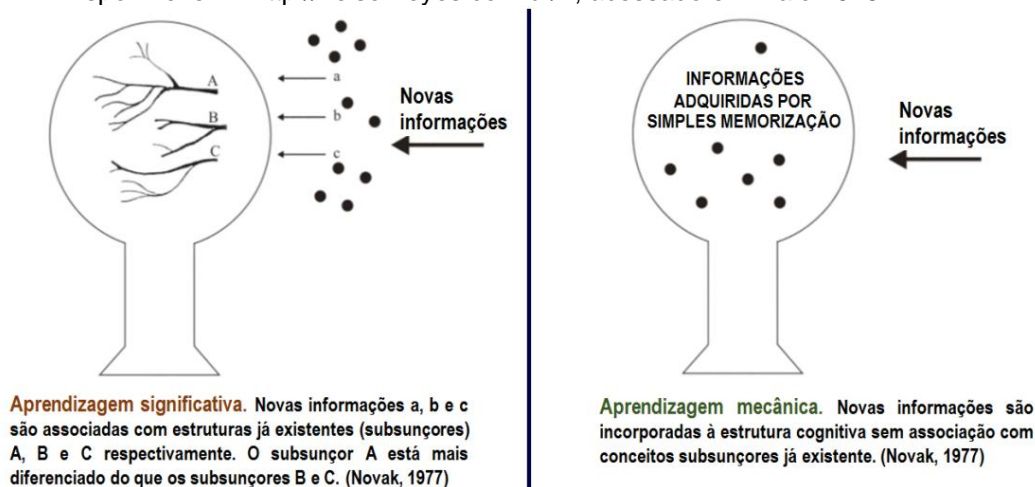
Na aprendizagem mecânica, o conhecimento é incorporado pelo aluno de forma arbitrária, sem uma possível sequência lógica e não ocorre uma ancoragem junto aos subsunçores. Isto faz com que o aluno não tenha uma compreensão do que está aprendendo, dificultando a incorporação na sua estrutura cognitiva. Atualmente é muito comum encontrarmos esse tipo de aprendizagem nas aulas de Física, memorizar equações e enunciados de leis e conceitos que não ficam por muito tempo em nossa memória, não servindo posteriormente, como conhecimento prévio relevante.

Já na aprendizagem significativa, todas as informações que chegam ao aluno se relacionam de forma relevante através dos conhecimentos específicos preexistentes, os subsunçores. A estrutura cognitiva, na aprendizagem

significativa, segue uma estrutura hierárquica de conceitos em que, a cada aprendizagem, os subsunçores vão aumentando e se aprimorando.

A Figura 4 mostra a comparação entre a aprendizagem significativa, que ocorre com a relação dos subsunçores com as novas informações, com a aprendizagem mecânica, que acontece de forma arbitrária e substancial sem nenhum tipo de interação entre os subsunçores e as novas informações (NOVAK, 1977).

Figura 4 – A comparação entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica.
FONTE: Disponível em <<http://nelsonreyes.com.br/>>, acessado em maio 2018.



A aprendizagem significativa irá ocorrer somente quando um conhecimento adquirido, tanto por recepção e/ou descoberta, consegue ancorar-se aos subsunçores. Para Ausubel (2000), para que haja essa aprendizagem significativa, algumas condições são necessárias:

- i) o aluno deve apresentar uma predisposição em aprender e possuir conhecimento relevantes – subsunçores – para que possam sofrer modificações;
- ii) possuir um material potencialmente significativo em que os conteúdos sejam organizados de forma não arbitrária e não substancial.

Considera-se ainda que uma das melhores formas para se obter sucesso no ensino e aprendizagem escolar é a adequação dos materiais de ensino. “Os fatores mais significativos que influenciam o valor, para o aprendiz, dos materiais de ensino, referem-se ao grau em que estes materiais facilitam uma aprendizagem significativa” (AUSUBEL, 1980 apud GOBARA; CALUZI, 2016, p. 19).

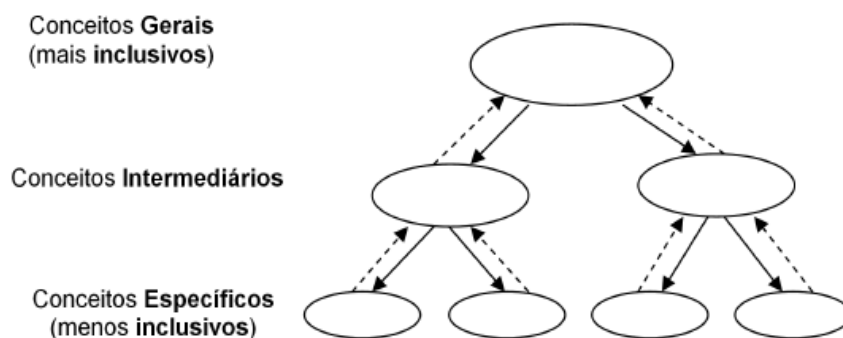
Os materiais potencialmente significativos precisam seguir um rigor conceitual para que a aprendizagem significativa seja facilitada, pois, o cérebro humano, armazena as informações de uma forma organizada numa estrutura cognitiva de acordo com a hierarquia conceitual (MOREIRA; MASINI; 1982).

Na preparação dos materiais, devermos contemplar alguns princípios para que haja a hierarquia conceitual tais como, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, uma organização sequencial e a consolidação (GOBARA; CALUZI, 2016).

A diferenciação progressiva, propõem a apresentação dos conceitos mais básicos, gerais, permitindo que os subsunçores possam ser modificados gradualmente para receberem os conceitos mais específicos. Na reconciliação integradora, apresenta as relações entre as ideias e os conceitos, apontando as diferenças e semelhanças evitando com que as ideias sejam dissipadas.

O esquema da Figura 5 mostra a representação da diferenciação progressiva, representado pelas setas contínuas, e a reconciliação integrativa, representada por setas descontínuas. As setas contínuas mostram que para ocorrência da diferenciação progressiva, o conhecimento parte de um conceito geral e vai se especificando, porém, se todos os conceitos se relacionarem, temos a ocorrência da reconciliação integrativa (MOREIRA; MASINI, 2006).

Figura 5 – Representação da diferenciação progressiva (setas contínuas) e a reconciliação integrativa (setas descontínuas). FONTE: MOREIRA; MASINI, 2006.



Através da organização sequencial, verifica-se a ordem dos conteúdos no material de forma que sejam organizados seguindo uma coerência e que possa diferenciar a reconciliação integradora da diferenciação progressiva propondo a consolidação e o aumento dos subsunçores.

Um facilitador para esse tipo de aprendizagem, são os organizadores prévios. Quando o aluno não possui nenhum ou pouco conhecimento prévio, que possa ser utilizado como subsunçor no processo de ancoragem do conteúdo, a utilização de vídeos, textos, experimentos ou até mesmo a aprendizagem mecânica entre outros instrumentos, que envolva assuntos mais gerais relacionados ao conteúdo a ser trabalhado, servirão de organizadores prévios proporcionando os subsunçores necessários para que o aluno possa obter uma Aprendizagem Significativa.

3.3. MAPAS MENTAIS: USO E CONSTRUÇÃO

Com o intuito de desenvolver um recurso que facilitasse o aprendizado, a concentração e a memorização por meio de um encadeamento não linear de informações, na década de 1970, o inglês Tony Buzan (1942-2019) criou os Mapas Mentais também conhecido no inglês como *Mind Maps* (FENNER, 2017).

Segundo Buzan (2009), os Mapas Mentais são ferramentas de pensamento desenvolvidas baseando-se na eficiência estrutural dos neurônios, que apresentam interligações e uma estrutura ramificada.

Os neurônios são células nervosas responsáveis pela recepção e transmissão das informações no cérebro. Entretanto, esta ferramenta de pensamento foi elaborada para usufruir de todas as habilidades do cérebro ajudando-o no armazenamento e na recuperação de informações com maior rapidez e eficiência (BUZAN, 2009).

Segundo Fenner (2017), o Mapa Mental é uma ferramenta poderosa de organização de informações que ocorrem de uma forma não linear, sendo elaborada em forma de teia, onde a ideia principal é colocada no centro de uma folha de papel para maior visibilidade e as ideias, descritas apenas com palavras-chave e ilustradas com imagens, ícones e muitas cores.

A Palavra-chave é um termo especial que é escolhido ou criado para ser uma referência única a algo importante de que desejamos nos lembrar. As palavras estimulam o lado esquerdo do cérebro e são um recurso vital para mantermos o domínio da memória. Porém, são mais eficazes quando transformadas em Imagens-chave, pois somente dessa forma conseguem ativar os dois lados do cérebro² (BUZAN, 2009, p.8).

Com relação às imagens-chave:

[...] constituem a base da memória, [...] cuidadosamente construídas para trazerem à mente lembranças armazenadas no fundo da memória. [...] É uma imagem associada a uma Palavra-chave para estimular a imaginação e recriar associações familiares. Quando eficaz, ativa os dois lados do cérebro e usa todos os sentidos (BUZAN, 2009, p.8).

Por serem uma ferramenta de pensamento, os Mapas Mentais podem ser construídos manualmente, usufruindo de lápis e canetas coloridas ou até mesmo com o auxílio de software desde que traduza os assuntos desordenados e complexos em modelos de conhecimento de fácil memorização, objetivos e ordenados (KEIDANN, 2013). A figura 6 ilustra um exemplo de Mapa Mental relacionando todas as utilidades e origem desta ferramenta de pensamento.

Segundo Fenner (2017), para construção de um Mapa Mental, alguns passos devem ser seguidos. A Tabela 1 descreve os passos que devem ser seguidos para a confecção de um Mapa Mental e exemplificação gráfica da montagem do Mapa Mental. É importante destacar que as exemplificações contidas na Tabela 1, foi confeccionado, para efeito ilustrativo, através do programa online *Mind Meister*[®], disponível gratuitamente e fácil manuseio no site <https://www.mindmeister.com>.

² O cérebro humano é dividido em dois hemisférios com especificidades funcionais distintas. O lado esquerdo está relacionado ao desenvolvimento racional do indivíduo e o lado direito está relacionado ao desenvolvimento emocional do mesmo (FENNER, 2017).

Figura 6 – Exemplo de Mapa Mental relacionando seus objetivos e funcionalidades.
 FONTE: Disponível em <<http://www.idph.com.br/>>, acessado em maio 2019.

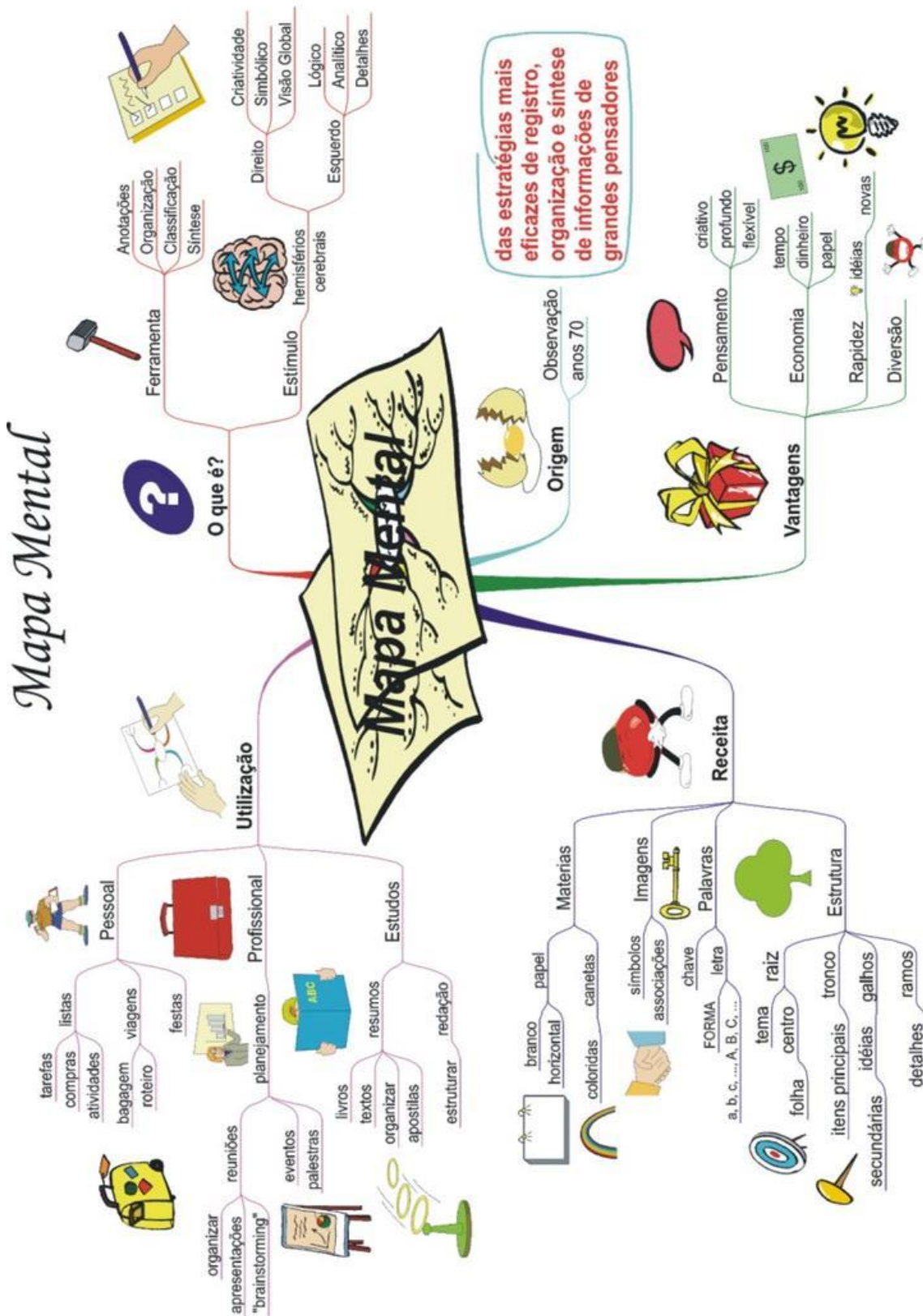
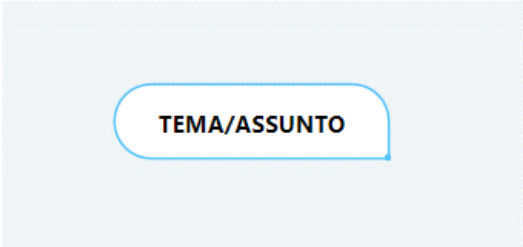



Tabela 1 - Passo a passo para a confecção de um Mapa Mental segundo Fenner (2017). FONTE: AUTOR.

PASSO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO GERAL
1	<p>Ideia principal no centro da folha</p> <p>Para iniciar a confecção do Mapa Mental é necessário que seja definido o tema ou assunto a ser utilizado. Este tema deverá ser colocado na região central da folha pois ele será o centro do seu Mapa Mental.</p>	
2	<p>Crie tópicos</p> <p>A partir do tema escolhido, é necessário criar os tópicos mais importantes do tema e que estejam diretamente ligados a ele. Normalmente, os tópicos são organizados em sentido horário e a quantidade de tópicos vai do bom senso pois, muitos tópicos o tornariam complexo para entendê-lo.</p>	

3 Crie subtópicos

Nos subtópicos deverão ocorrer todo o detalhamento do tema e dos tópicos utilizando sempre palavras-chaves ou pequenas descrições objetivas que ajudarão na memorização, esclarecimento e resgate do conhecimento já armazenado.



4 Acrescente cores e imagens

A utilização de cores e imagens ajudam a destacar e simbolizar pontos importantes do tema escolhido proporcionando uma melhor memorização ou o resgate do conhecimento armazenado com maior rapidez.



É comum confundir os Mapas Mentais com os Mapas Conceituais afinal, ambos são ferramentas de organização de informações e apresentam relações entre linguagem gráfica e textual em uma disposição em teia, em contraste a tradicional leitura linear dispostas em livros e textos (MARQUES, 2008).

O Mapa Conceitual é uma ferramenta de pensamento utilizado para organizar e verificar informações. Foi desenvolvido por Joseph D. Novak durante um trabalho, com alunos de doze anos de escolarização, sobre a compreensão do conceito da natureza particular da matéria (NOVAK, 1991). A Figura 7 mostra um exemplo de Mapa Conceitual.

Os Mapas Conceituais, utilizam de locuções e verbos para dar um melhor sentido às relações conceituais em conexões diretas ou transversais. Entretanto não se faz uso de imagens-chaves nestes mapas assim como não é permitido descrições explicativas.

Num Mapa Mental ou Conceitual bem elaborado, os símbolos são reduzidos ao mínimo necessário para a representação das ideias relevantes para a compreensão relativamente a um dado assunto. [...] Um Mapa Conceitual tem ainda a vantagem de, ao definir relações afirmativas entre conceitos-chaves, poder reduzir um tema complexo e abrangente a um conjunto de frases de significados relevantes, mais facilmente memorizável no curto prazo e, por esse motivo, mais facilmente integrado pela estrutura cognitiva (MARQUES, 2008, p.32).

4. METODOLOGIA

4.1. O PRODUTO: UMA BREVE CONSIDERAÇÃO

Com a inserção do ensino de tópicos relacionados à Física Contemporânea, no Ensino Médio, os materiais didáticos, livros e apostilas, levaram um certo tempo para sofrerem as adaptações necessárias sendo que, alguns materiais didáticos, os tratam como assuntos complementares.

Contudo, para o desenvolvimento das aulas, houve a necessidade de fazer um levantamento dos assuntos pertinentes e uma sequência de estudos para adaptar os conceitos da Física Contemporânea em um material aplicável ao Ensino Médio e que tivessem ligações com assuntos que já haviam sido estudados, pelos alunos, em anos anteriores além de, estarem de acordo com as diretrizes educacionais.

Entretanto, o livro confeccionado e utilizado na aplicação deste trabalho (APÊNDICE B), é o conjunto das notas de aulas ministradas de Física Contemporânea, de um período de oito anos, dentro da disciplina de Física, para os alunos da terceira série do Ensino Médio.

O material sempre foi trabalhado com os alunos de forma tradicional, em que os assuntos eram expostos, acompanhado de resolução de exemplos e exercícios, com pouca contextualização, visto que o foco eram os grandes vestibulares. Entretanto, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), oportunizou trabalhar melhor este material através da Teoria de Aprendizagem Significativa, de acordo com Ausubel.

Segundo Ausubel (2000), para que ocorra uma aprendizagem significativa, é necessário o uso de um material potencialmente significativo desde que, esse material, siga uma hierarquia conceitual e evidencie as diferenças entre a diferenciação progressiva da reconciliação integrativa (GOBARA; CALUZI, 2016).

Para confecção do Produto (APÊNDICE A), definiu-se o tema Espectros Atômicos, aplicando-o de acordo com as Teorias de Aprendizagem Significativa

e utilizando o livro (APÊNDICE B), como organizadores prévios. A escolha desse tema dá-se pelo fato de envolver conceitos que os alunos já aprenderam durante as primeiras séries do Ensino Médio, tornando-os possivelmente significativos para apresentação dos novos conceitos.

Como possível ferramenta de acompanhamento da Aprendizagem Significativa, utilizou-se os Mapas Mentais, uma ferramenta de pensamento que possui características atrativas ao aluno quanto a utilização de cores, imagens, pequenos resumos ajudando-os na memorização ou resgate das informações com maior objetividade e rapidez.

A organização do livro (APÊNDICE B) ocorreu em uma forma gradual, partindo das ideias iniciais como o problema da distribuição da radiação de um corpo negro, que levaram as teorias de Planck da quantização da energia, momento que se inicia, historicamente, uma nova fase da Física. Os assuntos vão evoluindo de acordo com os fatos históricos ocorridos até chegar na organização dos elétrons no átomo e sua distribuição energética, assunto que os alunos aprendem na primeira série do ensino médio, porém desconhecem a origem desta teoria.

O livro (APÊNDICE B) organiza alguns conceitos relacionados ao início da Física Quântica, evidenciando a evolução dos fatos experimentais e a formação das ideias relacionadas. A Tabela 2 expõe, para cada tópico do livro (APÊNDICE B), a descrição dos conceitos trabalhados no material confeccionado e os objetivos gerais esperado.

Tabela 2– A Tabela relaciona os conteúdos trabalhados no livro (APÊNDICE B) e os objetivos gerais. FONTE: AUTOR

TÓPICO	TEMA	DESCRIÇÃO CONCEITUAL	OBJETIVO GERAL
1	Radiação de Corpo Negro	Este tópico aborda a ideia da emissão de radiação eletromagnética pelos corpos, o conceito de corpo negro e discute as propostas sugeridas por alguns cientistas para resolver o problema da distribuição da energia radiante de um corpo negro.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender que corpos com temperaturas acima do zero absoluto emite radiação eletromagnética; ✓ Compreender o conceito de corpo negro; ✓ Compreender a ideia utilizada por Planck para explicar os resultados experimentais obtidos da distribuição da radiação emitida por um corpo negro.
2	Efeito Fotoelétrico	Descreve como ocorre o experimento, discute os conceitos de função trabalho, potencial de corte e frequência de corte além, entretanto, da explicação proposta por Einstein, considerando a quantização da radiação eletromagnética, baseando-se nas ideias de Planck.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entender como ocorre o efeito fotoelétrico; ✓ Compreender o conceito de função trabalho, frequência de corte e potencial de corte; ✓ Compreender a ideia da quantização da radiação eletromagnética, utilizado por Einstein, para explicar o efeito fotoelétrico que lhe rendeu o Prêmio Nobel Física em 1905.
3	Produção de Raios X	Discute a produção de radiação X através da desaceleração ocorrida na interação de elétrons termiônicos com os átomos que compõem o material que forma o ânodo, a geração do espectro de raio X e o significado das linhas K_{α} e K_{β} no espectro.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender que o raio X é uma radiação eletromagnética; ✓ Sua produção está relacionada às transições dos elétrons na organização eletrônica.
4	Espalhamento Compton	Este tópico trabalha o comportamento da radiação X ao interagir com um material, um alvo. O desvio que a radiação sofre, após interagir com o alvo, pode ser calculada através de uma clássica conservação de energia e da relação vetorial dos momentos lineares.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Perceber que os raios X ao interagir com a matéria sofre um desvio modificando seu comprimento de onda; ✓ Entender que as radiações eletromagnéticas possuem um comportamento dual e, portanto, possui um momento linear associado ao seu comprimento de onda.

5	Modelos Atômicos	Faz um breve apanhado histórico da evolução dos modelos atômicos e de suas características até chegar nos postulados propostos por Bohr.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rever as características dos modelos atômicos sugeridos por Dalton, Thomson, Lènard, Nagaoka e Rutherford; ✓ Compreender os postulados propostos por Bohr para correção do modelo atômico sugerido por Rutherford;
6	Espectros Atômicos	Mostra a diferença entre os espectros de absorção e emissão, relacionando-os com as transições ocorrida pelos elétrons nos níveis de energia ao receber ou ceder certa quantidade de radiação eletromagnética.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender que os espectros atômicos ocorrem devido a transição dos elétrons no átomo; ✓ Compreender o paradigma das linhas escuras no espectro da luz solar; ✓ Entender os espectros de emissão e absorção e relacioná-los ao cotidiano.
7	Modelo Orbital	Expõe a teoria onda-partícula, proposta por De Broglie para o elétron e o princípio da incerteza de Heisenberg. Relaciona a solução da equação de Schrödinger com os números quânticos e, conseqüentemente, com o diagrama energético de Linus Pauling.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender a dualidade onda-partícula, proposta por De Broglie, para o elétron; ✓ Associar o comportamento dual do elétron com o princípio da incerteza proposto por Heisenberg; ✓ Entender que a equação proposta por Schrödinger possui caráter ondulatório e sua solução condiz com o comportamento dual do elétron; ✓ Diferenciar órbita e orbital; ✓ Compreender a origem e o significado físico dos números quânticos. ✓ Estabelecer a relação entre os números quânticos e o diagrama energético de Linus Pauling.

4.2. DADOS SOBRE OS ALUNOS ENVOLVIDOS NO TRABALHO

A pesquisa foi desenvolvida no Colégio Delta, localizado na cidade de Presidente Bernardes, SP. Este é um colégio particular, credenciado ao Sistema Anglo de Ensino, e funciona nos períodos da manhã e tarde com Educação Infantil oferecido à tarde ou opção de período integral, Ensino Fundamental I no período da tarde, Ensino Fundamental II e Ensino Médio no período da manhã.

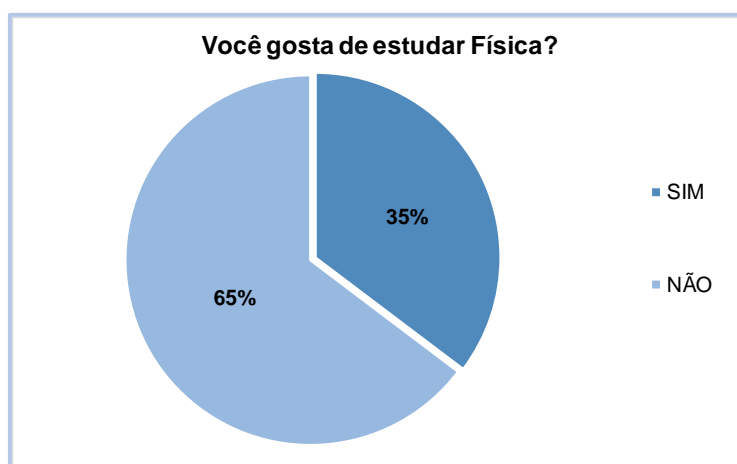
A escolha deste colégio para aplicação do trabalho ocorreu pelo fato do pesquisador ministrar aulas de Física e Química neste colégio desde o 2014, conhecendo a realidade dos alunos e do colégio. A terceira série do Ensino Médio, turma em que foi o trabalho, é uma turma pequena com dezenove alunos em que 74% deles, estudam juntos desde a pré-escola no mesmo colégio. Os 26% de alunos restantes, vieram dos dois colégios públicos da cidade para cursarem o Ensino Médio, em busca de um ensino de melhor qualidade.

Por ser um colégio particular e de uma cidade pequena, os problemas ocorridos diariamente não são tão intensos e graves como os enfrentados por uma escola pública, porém, há uma quantidade considerável de alunos que possuem certa resistência e dificuldade nos estudos principalmente quando se trata das disciplinas de exatas, tais como a Física.

Devido às dificuldades apresentadas pelos alunos, realizou um levantamento com os alunos sobre a disciplina de Física e os conteúdos trabalhados. Para isso, foi aplicado um questionário de opinião, com questões de múltiplas escolhas, adaptado de VALÉRIO (2015), montado na plataforma Google e disponibilizado aos alunos, conforme APÊNDICE F.

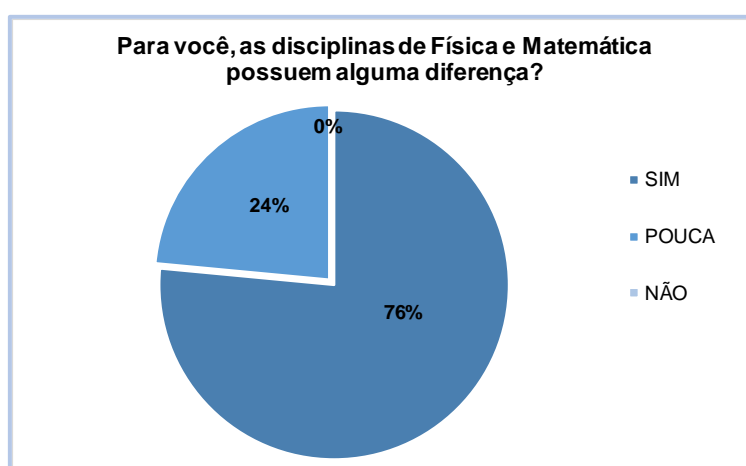
Contudo, ao serem questionados se gostam de estudar Física, Figura 8, uma quantidade expressiva de alunos (65%) relata não gostarem de estudar Física. Isso é uma quantidade preocupante, visto que a Física é uma das disciplinas que permite ao aluno compreender a natureza e suas tecnologias, além de servir de subsídio para o estudo da Química.

Figura 8 – Opinião dos alunos sobre gostarem de estudar Física. FONTE: AUTOR



A Figura 9 mostra o resultado de um questionamento sobre a relação entre a Física e a Matemática, se há alguma diferença. Aproximadamente um quarto dos alunos (24%) acreditam possuir pouca diferença entre as disciplinas, porém, 76% dos alunos conseguem perceber a diferença entre as disciplinas. Nenhum dos alunos não soube opinar, isso pode ser visto como um fator positivo pois, provavelmente, os alunos conseguem perceber qual o tipo de dificuldade que está relacionado ao aprendizado da Física ou da Matemática.

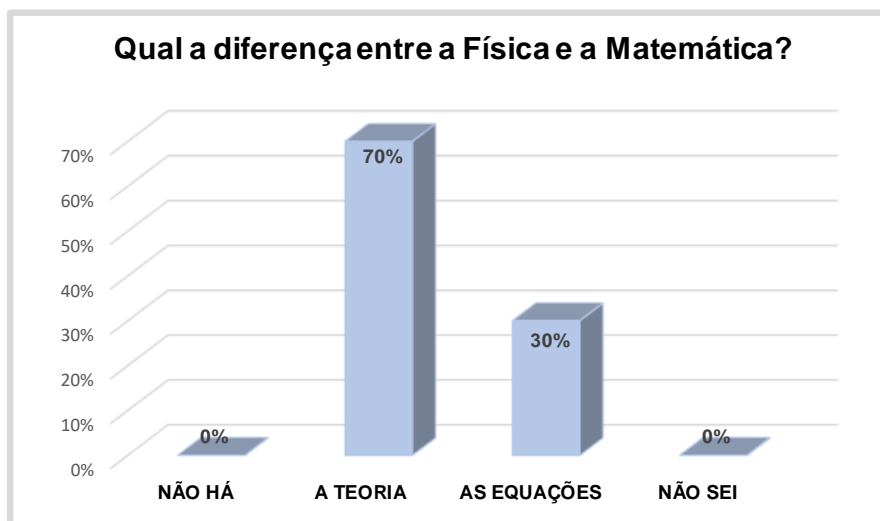
Figura 9 – Opinião dos alunos sobre a possível existência de diferenças entre as disciplinas de Física e Matemática. FONTE: AUTOR



Ainda sobre a possível diferença entre as disciplinas de Física e Matemática, questionou-se os alunos se esta possível diferença está na teoria ou na existência de equações, fórmulas. Os alunos tiveram a opção de responderem "não há", caso acreditem não haver diferença entre as disciplinas e "não sei", caso o aluno não saiba opinar.

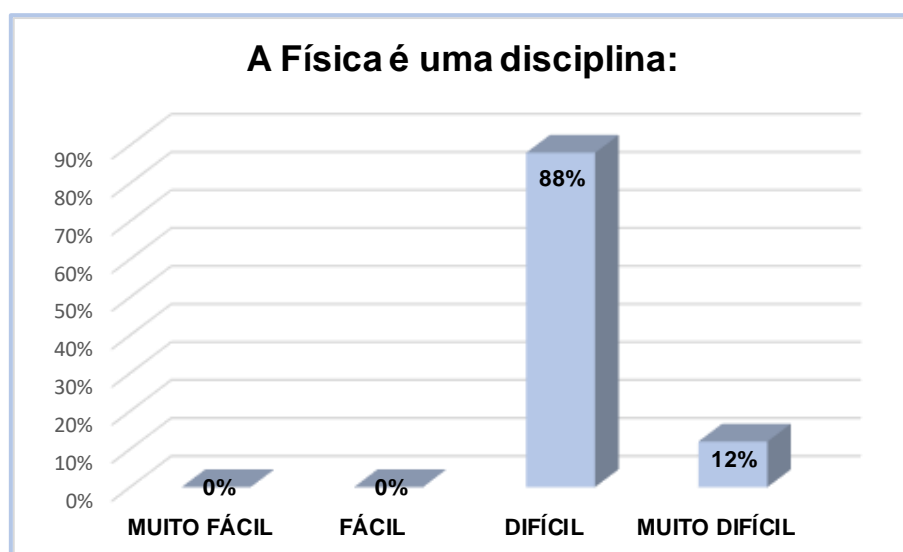
A Figura 10 destaca que 70% dos alunos compreendem que a diferença entre a Física e a Matemática está na teoria, porém, 30% dos alunos atribuem as diferenças à presença das equações. Todos os alunos souberam opinar.

Figura 10 – Opinião dos alunos sobre a diferença entre a Física da Matemática. FONTE: AUTOR.



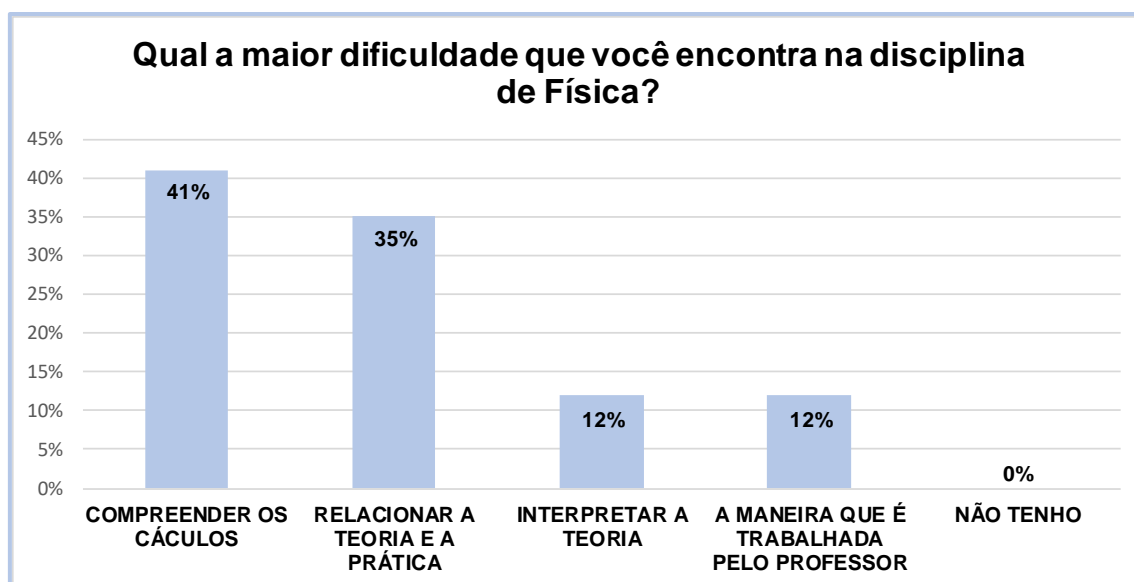
Entretanto, a Figura 11, mostra que 88% dos alunos consideram à Física como sendo uma disciplina difícil enquanto 12% à consideram uma disciplina muito difícil. Nenhum dos alunos consideram a disciplina de Física fácil ou muito fácil. Contudo, todos os alunos que participaram do trabalho acham a Física uma disciplina difícil de aprender, levando a um certo desinteresse em gostar de estudar, como mostra a Figura 11, e tornando-se pressuposto para fomentar as dificuldades que vem trazendo ao longo da sua vida escolar.

Figura 11 – Opinião dos alunos em relação a dificuldade da disciplina de Física. FONTE: AUTOR.



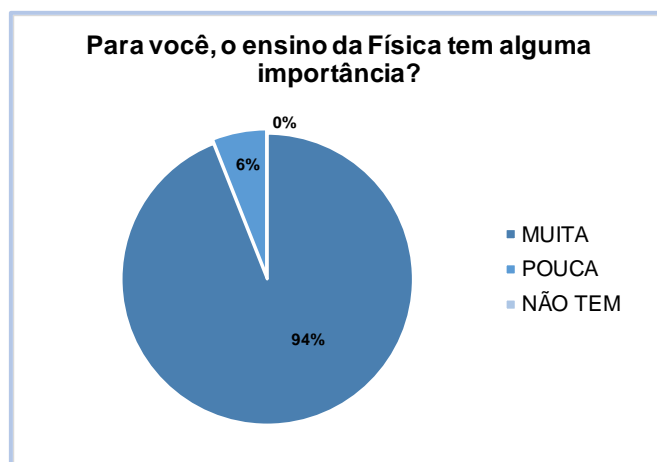
A Figura 12 mostra que as maiores dificuldades encontradas pelos alunos está em compreender os cálculos (41%) e relacionar as teorias estudadas com a prática (35%). Ainda, 12% dos alunos indicam dificuldades em interpretar a teoria e outros 12%, apresentam dificuldades associada a maneira de como a Física é trabalhada pelo professor. É notório que as dificuldades dos alunos estão em ler e compreender a teoria, além de compreender e executar os cálculos pertinentes. Estas dificuldades descritas pelos alunos, foram consideradas durante o processo de preparação e aplicação do produto (APÊNDICE A), para ser trabalhado com maior atenção procurando amenizar os problemas de aprendizagem associados a essas dificuldades.

Figura 12 – Dificuldades dos alunos na disciplina de Física. FONTE: AUTOR.



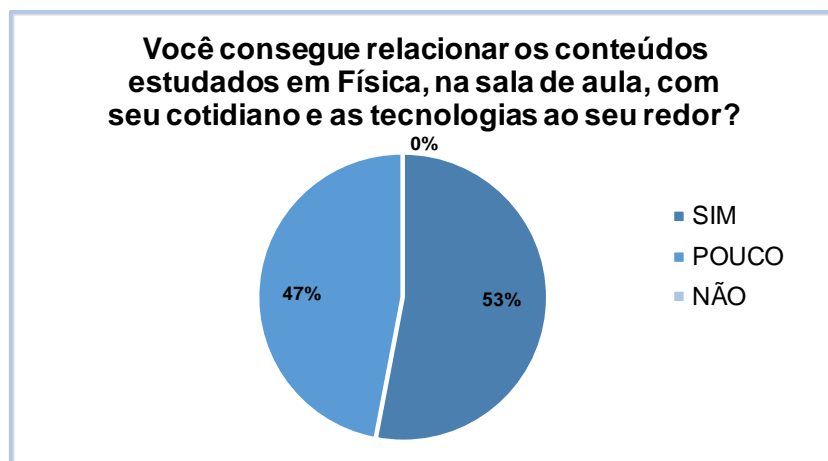
Contudo, de acordo com a Figura 13, ao serem questionados se há alguma importância no ensino da Física, a maioria dos alunos (94%), relatam haver sim, muita importância no ensino da Física, enquanto, 6% relatam existir pouca importância. É muito importante notarmos que, mesmo os alunos possuindo alguma dificuldade no aprendizado da Física, é possível que todos acreditem que o ensino da Física é relevante à vida cotidiana.

Figura 13 – A importância do ensino da Física para os alunos na vida cotidiana. FONTE: AUTOR.



A seguir, perguntou-se aos alunos se conseguiam relacionar os conteúdos estudados em Física ao seu cotidiano e as tecnologias ao seu redor. A Figura 14 mostra que, satisfatoriamente, 53% dos alunos dizem conseguir relacionar os conteúdos estudados, em sala de aula, com seu cotidiano e as tecnologias que estão presentes ao seu dia a dia. Contudo, 47% disseram que pouco conseguem relacionar a conteúdos de Física ao cotidiano. Nenhum aluno respondeu que não conseguia relacionar os conteúdos de Física com o seu cotidiano. A utilização de aulas expositivas tradicionais e conteudistas, não oferecem muitos argumentos para que os alunos consigam relacionar os conteúdos ao seu dia a dia. O objetivo das aulas, acaba sendo resolução de exercícios para os vestibulares e não um aprendizado significativo, em que o aluno possa levá-lo para a vida.

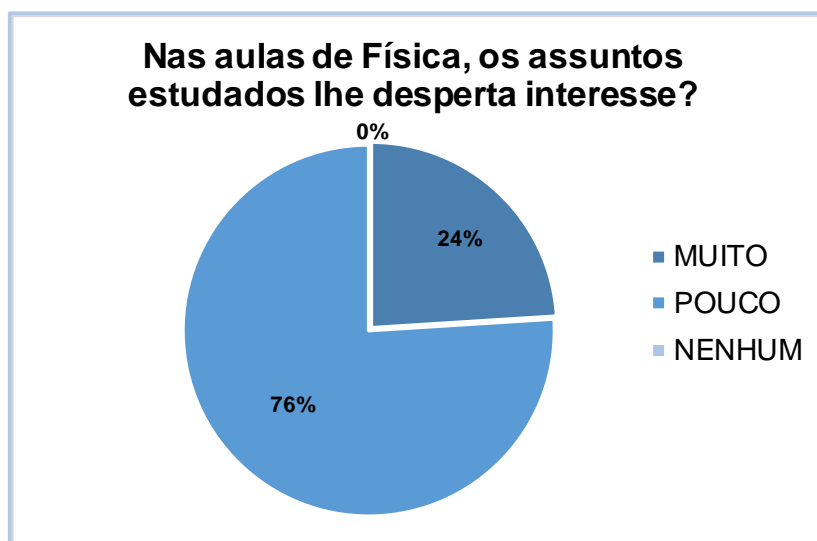
Figura 14 – Opinião dos alunos sobre relacionar os conteúdos de Física ao seu cotidiano e as tecnologias presentes ao seu redor. FONTE: AUTOR.



A Figura 15 mostra que, em relação aos conteúdos de Física trabalhados em sala de aula, 76% dos alunos os conteúdos despertam pouco interesse e para 24% dos alunos, os conteúdos, despertam muito interesse. Ao levar em consideração que as aulas, frequentemente, ocorrem de forma expositiva e extremamente conteudista, para que possa cumprir o conteúdo da apostila, é compressível que os alunos se sintam pouco interessados.

Mesmo tendo consciência de que o estudo da física é importante (Figura 13), mesmo não demonstrando muito interesse (Figura 8) e que consigam, de alguma forma, relacionar os conteúdos estudados ao dia a dia (Figura 14), e apresentando consideráveis dificuldades (Figura 12), se faz necessário refletir sobre novas metodologias aplicadas às aulas, com o intuito de despertar o interesse dos alunos para o ensino da Física e fazer com que se tenha uma aprendizagem significativa.

Figura 15 – Interesse despertado pelos alunos em relação aos conteúdos estudados em Física.
FONTE: AUTOR.



4.3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.3.1. LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES

Para aplicação do presente trabalho, foi selecionada uma parte do produto, para ser aplicada, seguindo as Teorias de Aprendizagem Significativa,

evidenciando os conceitos de quantização da energia e a construção de Mapas Mentais como instrumento de verificação da aprendizagem. O tema escolhido foi *Espectros Atômicos*, contido no item 6 do livro (APÊNDICE B).

Ao decorrer da primeira e segunda série do Ensino Médio, nas disciplinas de Física e Química, de acordo com o sistema de ensino utilizado pelo colégio onde o trabalho foi aplicado, foram trabalhados alguns assuntos que servem de organizadores prévios e subsunçores para o estudo do tema escolhido. A Tabela 3, relaciona esses assuntos potencialmente significativos, pois possuem ligações entre os conceitos envolvidos no estudo dos Espectros Atômicos e a respectiva série em que foram trabalhados, de acordo com o sistema de ensino usado pelo colégio.

Tabela 3 – Conteúdos trabalhados nos dois primeiros anos do Ensino Médio que são potencialmente significativos para o ensino dos Espectros Atômicos. FONTE: AUTOR.

SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	FÍSICA	QUÍMICA
1°	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Energia mecânica e sua conservação; ✓ A luz como uma onda eletromagnética; ✓ Refração e dispersão da luz branca; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evolução dos modelos atômicos; ✓ Modelo atômico de Bohr; ✓ Formação dos cátions e ânions.
2°	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceitos sobre ondas; ✓ Ondas mecânicas; ✓ Ondas eletromagnéticas; ✓ Espectro eletromagnético. 	

Contudo, para a aplicação do tema escolhido, foi necessário reforçar os organizadores prévios. Isso ocorreu com a aplicação do material, em que os cinco primeiros tópicos do livro (APÊNDICE B) servem de elementos potencialmente significativos no estudo dos Espectros Atômicos tais como, a quantização da energia proposta por Planck, a ideia de fóton proposta por Einstein no efeito Fotoelétrico, compreender que a radiação eletromagnética possui um comportamento dual (onda-partícula) e como os modelos atômicos evoluíram até chegar nos postulados de Bohr, permitindo, assim, compreender os espectros atômicos e especificamente as linhas escuras do espectro gerado pela luz solar.

A Tabela 4 descreve e relaciona as quantidades de aulas utilizadas para a aplicação de cada tópico referente ao reforço e aquisição dos subsunçores além de uma breve descrição de como desenvolveram as aulas.

Tabela 4 – Relação dos tópicos do livro utilizados no reforço e aquisição dos organizadores prévios necessários para a aplicação do presente trabalho. FONTE: AUTOR.

AULA	Nº DE AULAS	OBJETIVOS	DESENVOLVIMENTO DA AULA
1	2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Organizadores prévios; ✓ Montagem de um mapa mental. 	<p>Nesta primeira aula ocorreu o reforço dos subsunçores, conteúdos trabalhados ao longo da primeira e segunda série do Ensino Médio, através de uma revisão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceitos básicos da ondulatória; expondo e esclarecendo a diferença entre as ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. ✓ O espectro eletromagnético e o significado dos termos infravermelho e ultravioleta; ✓ Decomposição da luz branca em prismas ópticos. <p>Toda a revisão foi montada na lousa e na forma de um mapa mental, para que, posteriormente, pudesse explicar aos alunos o que é um mapa mental, quais são seus objetivos e aplicações. No apêndice C, temos uma imagem da lousa após a explicação.</p> <p>Após toda a explicação, os alunos receberam a atividade referente a Aula 1 (APÊNDICE C), que consiste em exercícios com retomada dos conceitos, uma palavra cruzada para verificação de palavras chaves que poderão ser utilizados ao decorrer das aulas e a confecção de um pequeno texto resumo com as palavras chaves presentes na palavra cruzada.</p>
2	2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Organizadores prévios; ✓ Compreender a quantização de energia proposta por Planck; 	<p>Iniciou-se a aula com uma situação problema: <i>“Como conseguimos descobrir a existência de uma nova estrela no universo?”</i>.</p> <p>Levantou-se uma discussão sobre o assunto e, a partir disso, tratou os conteúdos, de forma expositiva,</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Construção do mapa mental sobre o tópico. 	<p>referentes ao tópico 1 (APÊNDICE B), do livro:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceituar corpo negro; ✓ Compreender como ocorre a emissão da radiação eletromagnética nos corpos; ✓ Entender o gráfico da distribuição da energia radiante versus comprimento de onda da radiação emitida; ✓ Compreender os postulados de Planck para os dados experimentais da distribuição da energia radiante de um corpo negro (<i>quantização da energia – quantas de energia</i>). ✓ Explicação da pergunta feita no início da aula. <p>Após tratar os tópicos, os alunos receberam as atividades referente a Aula 2 (APÊNDICE C) que trabalha as retomadas de conceitos, um exercício que envolve cálculos da energia radiante à algumas temperaturas e posteriormente, o esboço do gráfico desde cálculo para ser comparado com o gráfico gerado pelo simulador PhET. Como tarefa, os alunos confeccionaram um texto resumo e posteriormente, transformaram esse resumo em um mapa mental.</p>
3	2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Organizadores prévios; ✓ Compreender a ideia dos fótons proposta por Einstein; ✓ Evidenciar o uso da quantização da energia no experimento do efeito fotoelétrico. ✓ Entender como ocorre a produção de raio X; ✓ Perceber que toda radiação X é uma radiação eletromagnética; 	<p>Iniciou-se a aula entregando a folha de atividades, Aula 3 (APÊNDICE C) que está dividida em três partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Parte I: perguntas para serem feitas no início da aula, para que os alunos possam respondê-las antes de iniciar a discussão do conteúdo. ✓ Parte II: momento em que, após a discussão do conteúdo e a leitura dos tópicos 2 e 3 do produto, irão refazer as respostas das perguntas da parte I. ✓ Tarefa de casa: produção dos textos resumos e mapas mentais dos tópicos. <p>No primeiro momento, os alunos responderam a primeira parte da folha e, através das perguntas houve uma discussão obtendo elementos para que pudesse ser trabalhado os conceitos</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Construção de mapas mentais sobre os tópicos; 	<p>envolvidos no experimento do efeito fotoelétrico, as ideias propostas por Einstein e a produção de raios X. Após a explicação e leitura do material, os alunos executaram a atividade da parte II.</p> <p>Em casa, como tarefa, produziram dois textos resumos, um sobre o efeito fotoelétrico e o outro sobre a produção de raios X e transformaram esses resumos em dois mapas mentais.</p>
--	---	--

4.3.2. APLICAÇÃO DO TÓPICO ESCOLHIDO

O tópico de Espectros Atômicos, item 6 do livro (APÊNDICE B), foi o escolhido para ser aplicado seguindo a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. Neste assunto, é possível aplicar o conceito de quantização da energia, visto que, para ocorrer as transições eletrônicas, os elétrons podem absorver ou emitir radiações eletromagnéticas em quantidades específicas, ou seja, quantizada.

Com isso, a utilização dos Mapas Mentais pôde ser uma ótima opção de ferramenta aplicada ao processo de ensino-aprendizagem da Física pois, nesta ferramenta, podemos verificar as diferenciações progressivas e as reconciliações integradoras.

A Tabela 5 descreve todo o desenvolvimento da aplicação do trabalho assim como o tempo utilizado em cada momento da aplicação.

Tabela 5 – Descrição da metodologia utilizada na execução do presente trabalho. FONTE: AUTOR.

AULA	N° DE AULAS	DESENVOLVIMENTO
1	2	<p>O primeiro dia foi dividido em quatro momentos:</p> <p>Em um primeiro momento, iniciou-se a aula propondo uma situação problema para que os alunos pudessem refletir e anotar as respostas em uma folha. A situação proposta foi:</p> <p><i>“Por que os fogos de artificios são coloridos? Monte uma explicação para esse efeito.”</i></p> <p>Após anotarem as respostas nas folhas, pediu-se que alguns alunos lessem suas respostas para que pudesse</p>

iniciar uma conversa sobre o possível motivo que levaria a coloração dos fogos de artifícios.

❖ *Tempo estimado do primeiro momento: 15 minutos.*

Em um **segundo momento**, de forma demonstrativa, executou-se o experimento do *Teste da Chama* em que os alunos puderam verificar a coloração das substâncias selecionadas em contato com a chama de uma vela, conforme descrito no APÊNDICE E. Os alunos anotaram as cores obtidas e posteriormente compararam com a tabela contida no final do Tópico 6 do livro (APÊNDICE B). A última substância a ser testada, no experimento, foi uma lã de aço e, seguindo todos os cuidados de segurança, incluindo extintor de incêndio dentro da sala de aula, segurando com uma pinça longa, girou-se a lã de aço formando uma *chuva de faíscas douradas* (é uma brincadeira relativamente comum entre as crianças). Fez-se mais uma pergunta:

“Essa ‘brincadeira química’ lembra os fogos de artifício? Todo esse experimento pode ter alguma ligação com os fogos de artifício?”

Essa pergunta foi o início para poder fazer a ligação entre a situação problema fornecida no início com o conteúdo de espectros atômicos através de uma explicação expositiva do assunto.

❖ *Tempo estimado do segundo momento: 30 minutos.*

No **terceiro momento**, através de uma aula expositiva, trabalhou-se os conceitos de Espectros Atômicos:

- ✓ Espectro contínuo da luz branca;
- ✓ O problema do espectro da luz solar;
- ✓ Experimento de Fraunhofer;
- ✓ Espectro de emissão e espectro de absorção;
- ✓ Lei de Kirchhoff para os espectros;

❖ *Tempo estimado do terceiro momento: 30 minutos.*

No **quarto momento**, após trabalhar os conceitos, pediu-se que eles refizessem a resposta, usando os novos conhecimentos, para a pergunta inicial (primeiro momento).

❖ *Tempo estimado do quarto momento: 15 minutos.*

A **tarefa** proposta foi; a leitura do tópico 6 do livro, incluindo os dois artigos no final do tópico “*Ciência e magia dos fogos de Artifícios*” e “*Como funcionam os fogos de Artifícios?*” ambos publicados pela revista *Superinteressante* e confecção de um texto resumo.

2	<p>2</p> <p>Nesta segunda aula, foram divididos em dois momentos: No primeiro momento, pediu-se aos alunos que montassem um Mapa Mental, a partir do texto resumo que haviam feito como tarefa. Eles tiveram a liberdade para consultar o livro (APÊNDICE B) e fazer consultas na internet, utilizando o celular, caso fosse necessário. Recolheram-se todas as folhas com as informações da aula anterior e o Mapa Mental.</p> <p style="text-align: center;">❖ <i>Tempo estimado do primeiro momento: 45 minutos</i></p> <p>No segundo momento foi aplicado uma avaliação em que exigia do aluno relacionar os conceitos de espectros atômicos a uma nova situação problema. Entregou-se aos alunos uma folha com a seguinte situação problema:</p> <p><i>“Leia, reflita e responda:</i></p> <p><i>O Sol é o astro mais importante do nosso sistema solar. Sua energia irradiada na forma de luz e calor são fundamentais para todos os seres vivos tais como as plantas que realizam fotossínteses e nós, seres humanos, que necessitamos da luz solar para regular nosso relógio biológico e produzir vitaminas. Este astro detém, segundo o site astro.com, 99,8% da massa do sistema solar e aproximadamente 109 vezes o diâmetro da Terra e sua temperatura, na superfície, é de aproximadamente 5500 °C.</i></p> <p><i>Porém, devido a sua alta temperatura, chegar até o Sol é algo um pouco complicado, portanto, como o ser humano conseguiu determinar a composição química do Sol?”</i></p> <p>Os alunos responderam a situação problema e entregaram. Nesta avaliação, eles não tiveram o direito a fazer nenhum tipo de pesquisa.</p> <p style="text-align: center;">❖ <i>Tempo estimado do segundo momento: 45 minutos</i></p>
---	--

4.3.3. CRITÉRIOS PARA A ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS

A construção dos Mapas Mentais segue critérios específicos e diferentes aos da construção dos Mapas Conceituais; entretanto, ambas ferramentas de pensamentos, contemplam algumas características comuns tais como, a hierarquia dos conceitos e suas relações significativas além da abrangência dos assuntos abordados.

As análises dos Mapas Mentais, produzidos pelos alunos, ocorrerá de acordo com alguns critérios citados por Novak (1984) e Buzan (2009), em seus trabalhos, tais como:

I. Segundo Novak (1984);

- a. Existe hierarquia?
- b. Existem relações válidas entre os conhecimentos?
- c. Há relações significativas entre os segmentos da hierarquia?

II. Segundo Buzan (2009);

- a. Houve abrangência dos assuntos tratados?
- b. Houve inserção de ideias próprias?
- c. Houve a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações) que facilitam o aprendizado?

Nos Mapas Mentais, a hierarquia a ser seguida deve-se à especificidade dos assuntos abordados, ou seja, deverá organizá-los, em tópicos e subtópicos, a partir do assunto mais geral para o assunto mais específico.

As relações válidas entre os conhecimentos estão relacionadas aos assuntos a serem inseridos nos tópicos; estes devem estar relacionados diretamente ao assunto a que se refere o Mapa Mental. Esta relação é muito importante já que, nos tópicos dos Mapas Mentais, relacionamos os pontos mais importantes do assunto principal.

Durante o processo de criação dos Mapas Mentais, pode ser possível evidenciar a presença dos subsunçores assim como os subsunçores modificados durante a construção das relações significativas entre os segmentos hierárquicos pertinentes ao Mapa Mental. Essas relações devem ocorrer nos subtópicos do Mapa Mental, onde pode-se detalhar as relações válidas propostas nos tópicos validando e significando estas relações.

A partir destas três características citadas acima, podemos então relacionar os Mapas Mentais conforme sua organização, ou seja, se está ocorrendo a diferenciação progressiva ou uma reconciliação integradora, segundo a Aprendizagem Significativa de Ausubel (2000).

Um bom Mapa Mental é aquele que abrange o máximo dos assuntos pertinentes ao tema principal desta ferramenta de pensamento. Neste trabalho, o assunto principal definido é Espectros Atômicos, portanto, espera-se que o aluno possa relacionar a maior quantidade possível de assuntos ligados a esse tema tal como, o átomo e suas transições eletrônicas, os espectros de absorção e emissão, a luz branca e seu espectro contínuo, a luz solar e as linhas escuras observadas em seu espectro, os fogos de artifícios, as colorações das luzes dos postes entre outros possíveis assuntos.

A utilização de ideias próprias na confecção dos Mapas Mentais, pode ajudar no enriquecimento desta ferramenta de pensamento assim como verificar o domínio do aluno em relação as informações relacionadas ao tema proposto. A utilização de técnicas que facilitam a memorização é importante no enriquecimento dos Mapas Mentais; estas técnicas englobam o uso de cores, símbolos, equações matemáticas e imagens relacionadas os assuntos trabalhados durante as relações significativas dos segmentos do Mapa Mental.

Usar imagens por todo o Mapa Mental acrescentará foco e tornará esse recurso mais atrativo. Isso também ajudará você a “expandir a mente” para o mundo que o rodeia e estimulará tanto o lado direito quanto o lado esquerdo do seu cérebro no decorrer do processo. [...] As cores estimulam a memória e a criatividade: elas despertam o cérebro. Figuras coloridas contrastam com imagens monocromáticas, que o cérebro considera monótonas (BUZAN, 2009, p.38).

5. RESULTADOS

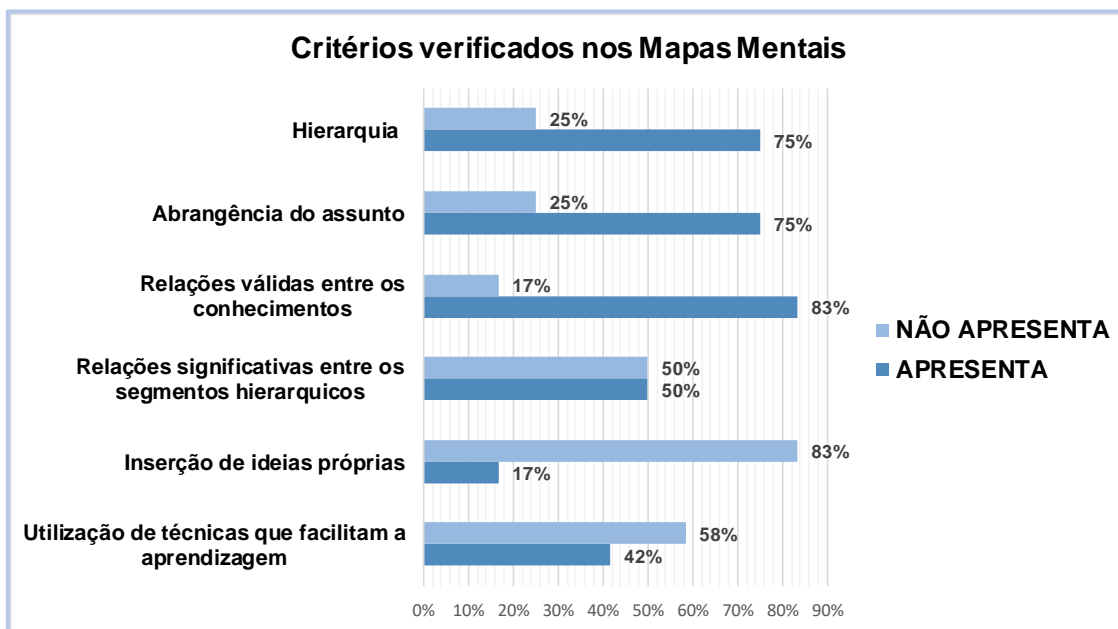
5.1. ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS

O objetivo deste trabalho é verificar a aprendizagem significativa através do uso de Mapas Mentais, identificando se na produção desta ferramenta de pensamento, houve a utilização dos princípios da diferenciação progressiva ou da reconciliação integradora de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968, 2000).

Ambos os princípios referem-se as organizações sequenciais nas quais necessitam de uma coerência para diferenciá-las e os critérios mencionados no

Tópico 4.3.3., devem estar presentes para que haja esta organização. A Figura 16 relaciona a ocorrência dos critérios definidos para a verificação dos Mapas Mentais.

Figura 16 – Incidência dos critérios de verificação dos Mapas Mentais. FONTE: AUTOR.



Em um levantamento dos Mapas Mentais obtidos, verificou-se que 63% dos alunos entregaram os Mapas Mentais solicitados dentre os quais, 75% dos Mapas Mentais entregues contemplam a abrangência do assunto definido para a construção dos Mapas Mentais e, 75% desses Mapas Mentais seguiram a hierarquia dos conceitos na construção desta ferramenta de pensamento.

Considerando as relações entre as informações adicionadas nos Mapas Mentais, 83% dos mapas apresentaram relações válidas entre os conceitos e os conhecimentos, propostos nos tópicos da ferramenta, relacionados diretamente com o tema definido para os mapas e 50% dos alunos, apresentaram relações significativas nos subtópicos dos mapas, relacionando-os e validando as informações presentes nos tópicos.

Um atrativo dos Mapas Mentais está na utilização livre de cores, imagens e símbolos, técnicas que facilitam o processo de memorização ou resgate das informações, assim como a liberdade em usar ideias próprias durante a montagem e organização dos assuntos nos mapas. Entretanto, de acordo com o gráfico da Figura 16, apenas 17% dos mapas apresentaram uso de ideias

próprias na montagem dos Mapas Mentais e 42% dos mapas fizeram uso de cores, desenhos e equações em sua produção.

A Figura 17 mostra um Mapa Mental que apresenta grande parte dos critérios verificados.

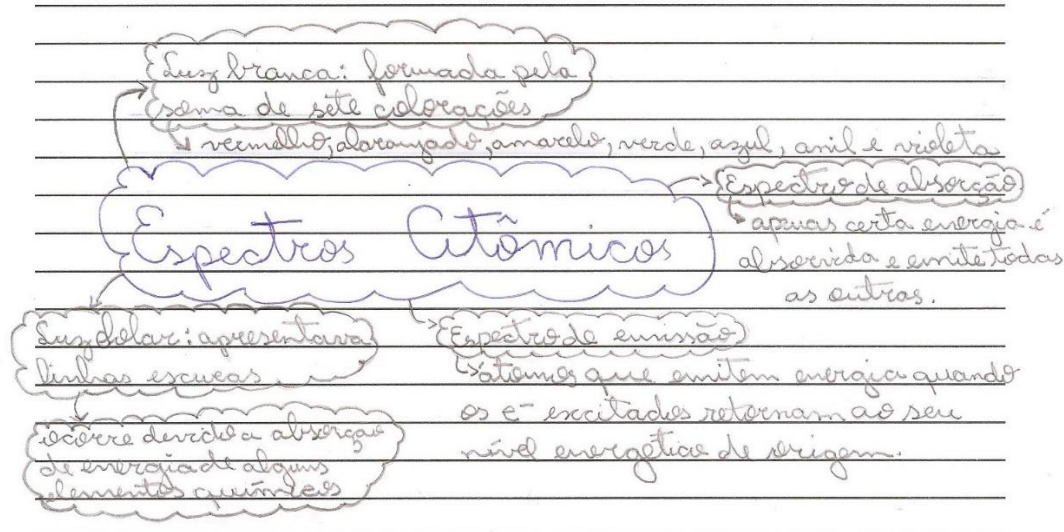
Figura 17 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula. FONTE: AUTOR.



No Mapa Mental da Figura 17, pode-se observar a presença de uma hierarquia entre os conceitos apresentados, assim como a presença de relações válidas e significativa entre as informações descritas no Mapa Mental. É importante destacar que o aluno utilizou dois diferentes tipos de setas para validar as relações significativas entre os segmentos hierárquicos; as setas contínuas de coloração azul, representam as relações entre os tópicos e o tema principal do Mapa Mental. As setas não contínuas, de coloração rosa, relacionam os subtópicos deste Mapa Mental, detalhando as informações expostas nesta ferramenta de pensamento.

Ainda, na confecção do Mapa Mental da Figura 17, nota-se que algumas das técnicas de construção descritas na Tabela 1 não foram seguidas, tal como a colocação dos tópicos hierarquicamente no sentido horário. Entretanto podemos ainda classificá-lo como um Mapa Mental, porém seria mais completo e interessante se houvesse a adição de mais tópicos além de seguir a

Figura 19 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula. FONTE: AUTOR.



Observa-se que no mapa da Figura 19, as informações adicionadas seguem uma hierarquia conceitual e apresentam, em seus tópicos, relações válidas com o tema principal. Os subtópicos, apresentam descrições que detalham os assuntos apresentados nos tópicos. Entretanto, o aluno traz detalhamentos dos assuntos dentro de cada tópico sendo que, de acordo com as descrições da Tabela 1, os detalhamentos deverão ocorrer nos subtópicos do Mapa Mental. O aluno não fez uso de cores e símbolos deixando o Mapa Mental incompleto sendo apenas uma maneira de reescrever, sem muito significado e de forma diferente, um pequeno resumo do assunto definido.

As Figuras 20 e 21 mostram Mapas Mentais em que se valorizou o uso de cores e símbolo para relacionar as informações e seus detalhamentos ao tema principal da ferramenta de pensamento.

Figura 20 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula.

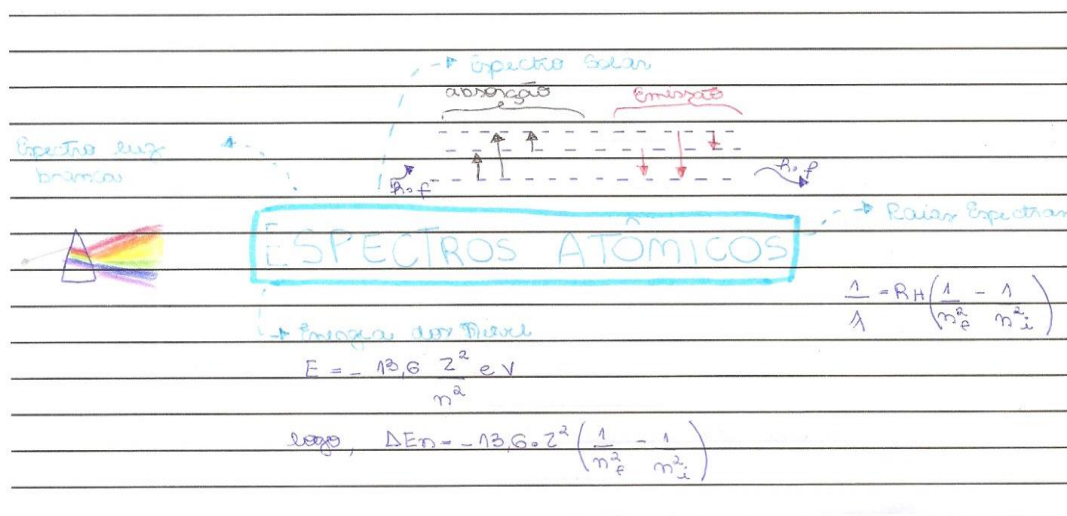
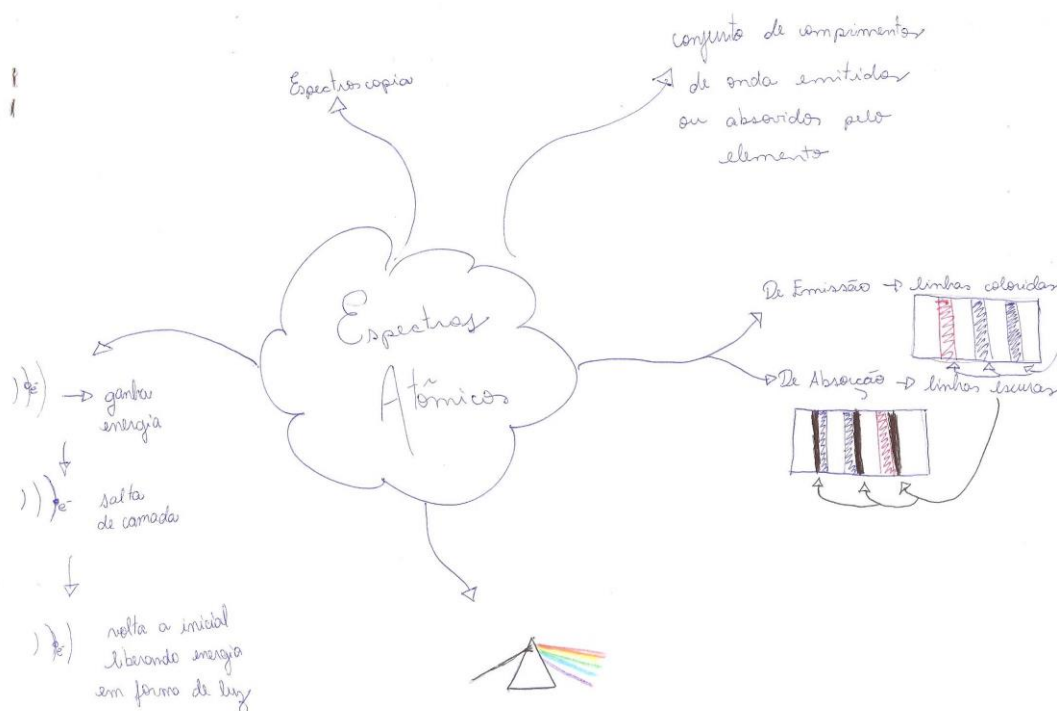


Figura 21 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula. FONTE: AUTOR.



Nota-se nos mapas, o uso de desenhos, nos subtópicos, para detalhar as informações contidas nos tópicos dos Mapas Mentais. Entretanto é notável que ambos os mapas, Figuras 20 e 21, fizeram pouco uso de conceitos e informações básicas relacionadas aos estudos dos Espectros Atômicos, informações e conceitos que servem de organizadores prévios e possíveis subsunçores para que possam ocorrer a ancoragem deste novo conceito estudado.

Sem a identificação das relações válidas e significativas dificilmente podemos identificar que este aluno tenha obtido uma ancoragem e, contudo, uma aprendizagem significativa. Desta maneira podemos entender que estes mapas servirão apenas como uma forma lúdica de reescrever um resumo sobre o tema principal em que o aluno privilegiou a memorização de equações complexas, Figura 20, e informações básicas que servem para diferenciar os espectros de absorção dos espectros de emissão, Figura 21.

As Figuras 22 e 23 mostram Mapas Mentais que contemplaram, satisfatoriamente, o máximo de critérios definidos para verificação.

Figura 22 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula. FONTE: AUTOR.

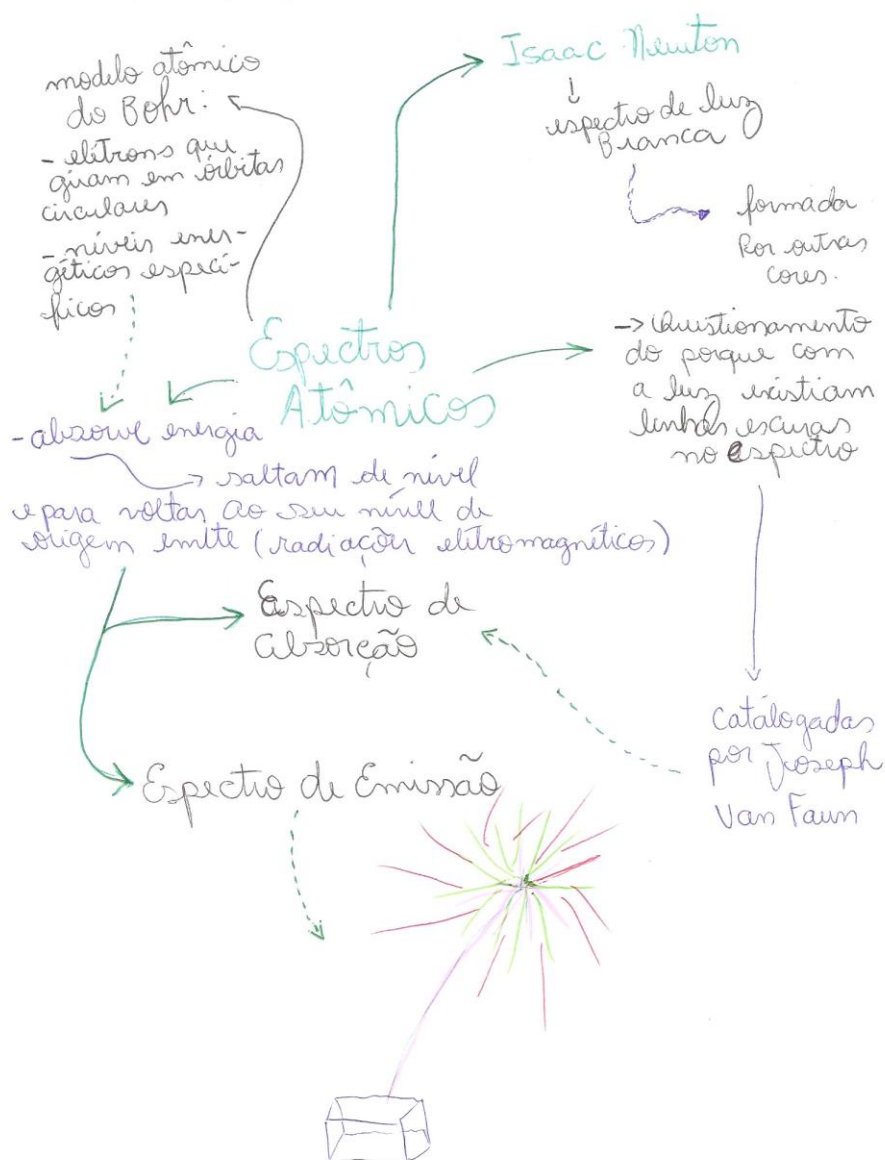
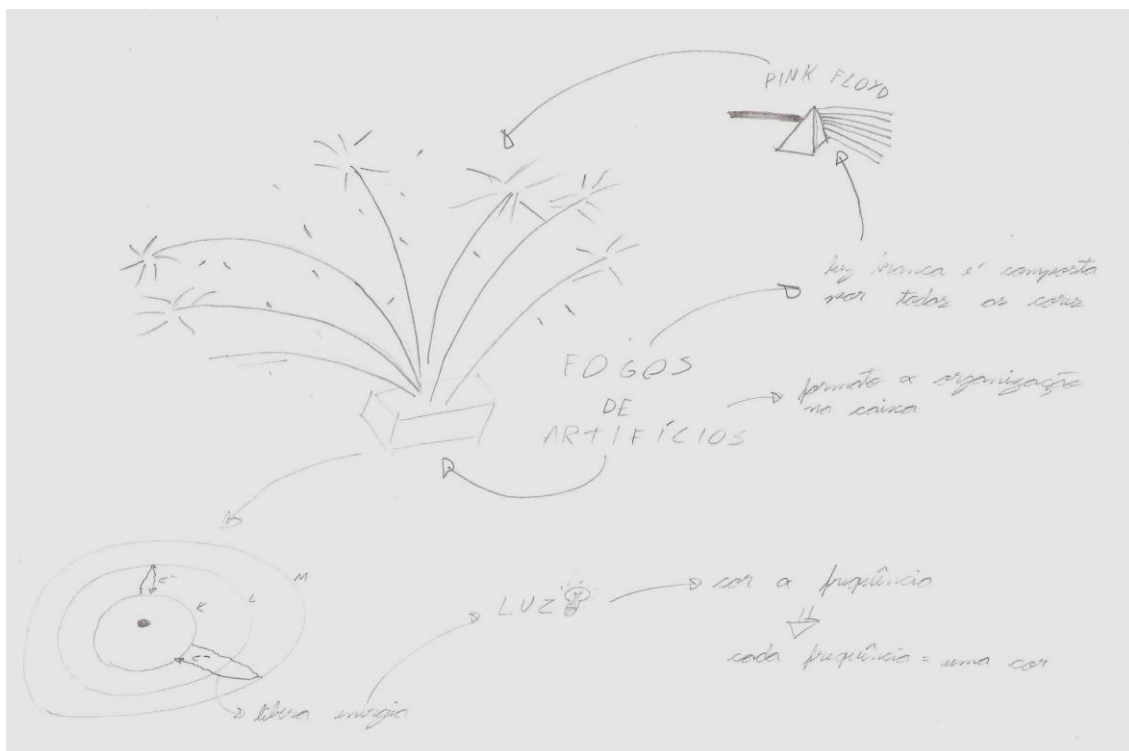


Figura 23 – Mapa Mental produzido por um aluno após a aplicação da aula. FONTE: AUTOR.



O Mapa Mental da Figura 22, apresenta hierarquia conceitual com relações válidas entre as informações dos tópicos com o tema principal do Mapa Mental. Segue um padrão de diferenciação entre os tópicos e subtópicos com o uso de setas contínuas e, para indicar as relações significativas entre as informações, utilizou-se as setas tracejadas. Fez-se o uso de cores e desenhos na confecção do Mapa Mental, enriquecendo-o e deixando-o mais significativo.

A Figura 23 relata um Mapa Mental interessante em que o aluno, em sua confecção, fez uso de ideia própria ao utilizar como tema central “Fogos de Artíficos”. O aluno produziu o Mapa Mental partindo de uma situação problema e relacionando, seguindo a hierarquia entre os conceitos, as informações que explicam as colorações dos fogos de artifícios. Fez uso de desenhos e analogias, quando relaciona o espectro da luz branca com a capa do álbum “*The Dark Side of the Moon*” da banda britânica *Pink Floyd*.

O aluno relaciona, ainda na Figura 23, as transições eletrônicas no átomo de Bohr, quando desenha o modelo orbital com seus níveis e a transição dos elétrons ao ganhar e perder energia; desta forma, relaciona-se a teoria básica associada a ocorrência de um espectro de emissão que permite compreender a coloração dos fogos de artifícios.

Ambos os Mapas Mentais das Figuras 22 e 23, são extremamente significativos pois podemos identificar as teorias de diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, conforme a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968, 2000).

No Mapa Mental da Figura 22, nota-se que a sequência utilizada pelo aluno, na construção do Mapa Mental, inicia a partir de conceitos mais gerais tais como, os modelos atômicos e o espectro da luz branca identificado por Isaac Newton (1643-1727), referenciando os questionamentos sobre as linhas escuras que se observava no espectro da luz solar que, posteriormente, foram catalogadas por J. Von Fraunhofer (1787-1826) em 1814. Desta forma, chegou-se aos conceitos dos espectros de absorção e de emissão e conseqüentemente, a compreensão dos fogos de artifícios.

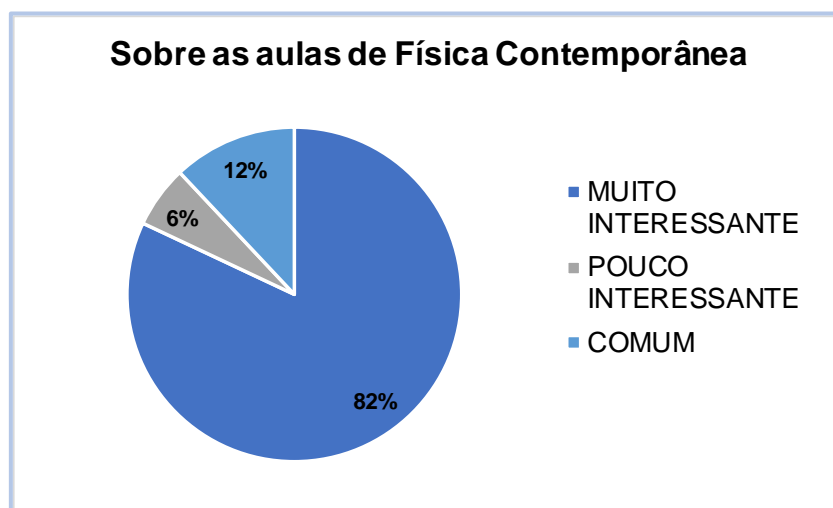
Esta forma de organização dos conceitos é denominada de diferenciação progressiva, em que ocorre a construção e modificação dos conceitos gradativamente. A mesma organização pode-se observar nos Mapas Mentais das Figuras 17 e 18.

No Mapa Mental da Figura 23, percebe-se que a construção dos significados iniciou-se a partir de uma situação problema. O aluno percebeu a ligação conceitual existente entre o tema principal definido, Espectros Atômicos, com a compreensão científica dos Fogos de Artifícios. O aluno relaciona as cores emitidas na explosão dos fogos com o espectro da luz branca fazendo analogias cotidianas, associado a relação entre a coloração da luz com frequências específicas. Desta forma, o aluno utiliza da reconciliação integrativa na organização dos conceitos abordados, de forma harmoniosa, fomentando a integração dos significados emergentes aos demais significados já existentes (MOREIRA, 1987).

5.2. PESQUISA DE OPINIÃO

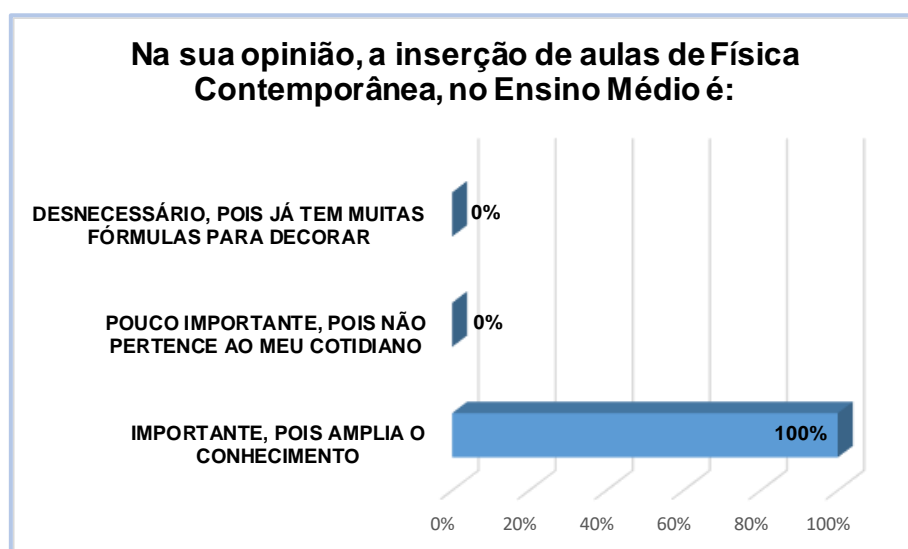
Após a aplicação do trabalho, os alunos responderam a um outro questionário de opinião, com perguntas de múltiplas escolhas, confeccionado na plataforma Google e disponibilizado a eles (APÊNDICE F), sobre as aulas de Física Contemporânea e o uso dos Mapas Mentais.

Figura 24 – Opinião dos alunos sobre as aulas de Física Contemporânea. FONTE: AUTOR.



A Figura 24 mostra que 82% dos alunos acharam as aulas de Física Contemporânea muito interessantes, 12% dos alunos acharam as aulas Física Contemporânea comum e 6% acharam pouco interessante. O resultado pode ser visto como positivo ao considerarmos os dados referentes os gráficos das Figuras 8 e 11, em que, respectivamente, 65% dos alunos relataram não gostarem de estudar Física e 88% dos alunos acham a disciplina de Física difícil.

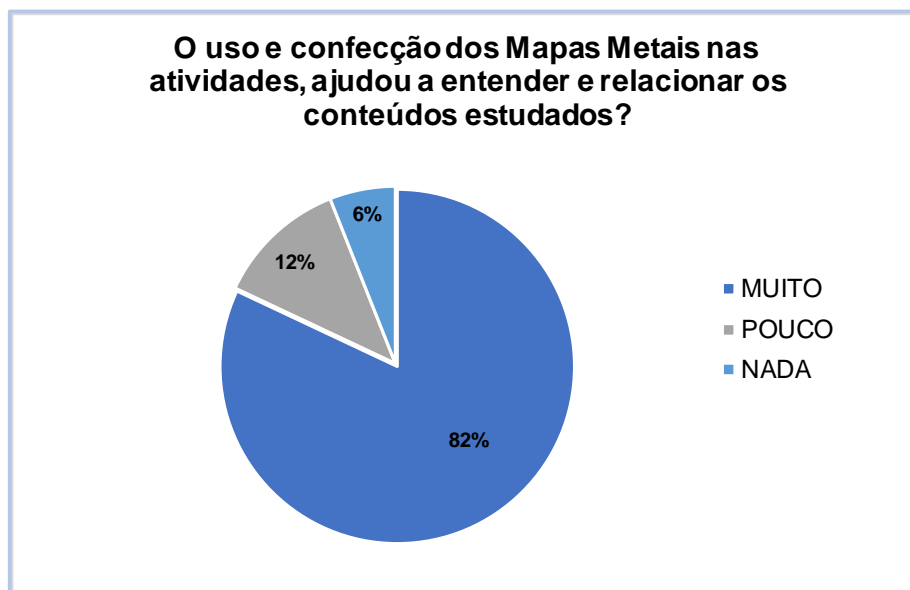
Figura 25 – Opinião dos alunos sobre aprenderem Física Contemporânea. FONTE: AUTOR.



Todos dos alunos (100%), conforme a Figura 25, reconhecem que o ensino da Física Contemporânea, no Ensino Médio, é importante para ampliarem os conhecimentos. Esse resultado vai de acordo com os dados da Figura 13 em que, 94% dos alunos, relataram que é muito importante o ensino da Física e aos

dados da Figura 14 em que, 53% dos alunos, relataram que conseguem relacionar os conteúdos estudado em Física ao cotidiano. Podemos ver estes dados como um fator importante para o ensino da Física, mesmo que alguns alunos se sintam desmotivados em estudar Física, conseguem perceber a importância desta ciência para a vida cotidiana.

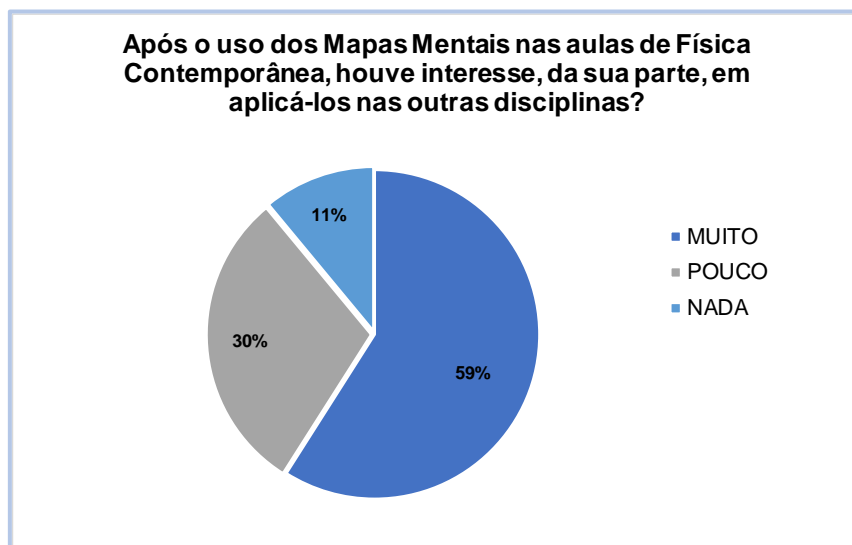
Figura 26 – Opinião dos alunos sobre o uso dos Mapas Mentais. FONTE: AUTOR.



O uso dos Mapas Mentais, como ferramenta de acompanhamento no processo de aprendizagem, permitiu, aos alunos, aprender a relacionar os conteúdos estudados. A Figura 26 mostra que para 82% dos alunos, os Mapas Mentais ajudaram a compreender e relacionar os conteúdos estudados. Para 12% dos alunos, os Mapas Mentais propiciaram pouca ajuda e para 6% dos alunos, o uso dos Mapas Mentais não trouxe nenhuma ajuda.

Estes resultados propõem uma percepção positiva ao uso dos Mapas Mentais como uma possível ferramenta a ser inserida no processo de ensino-aprendizagem da Física Contemporânea. Os Mapas Mentais possibilitam ao professor, um melhor acompanhamento ao aluno quanto a Aprendizagem Significativa, verificando através dos Mapas Mentais à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa dos conteúdos estudados.

Figura 27 – Opinião dos alunos sobre a utilização dos Mapas Mentais em outras disciplinas do currículo escolar. FONTE: AUTOR.

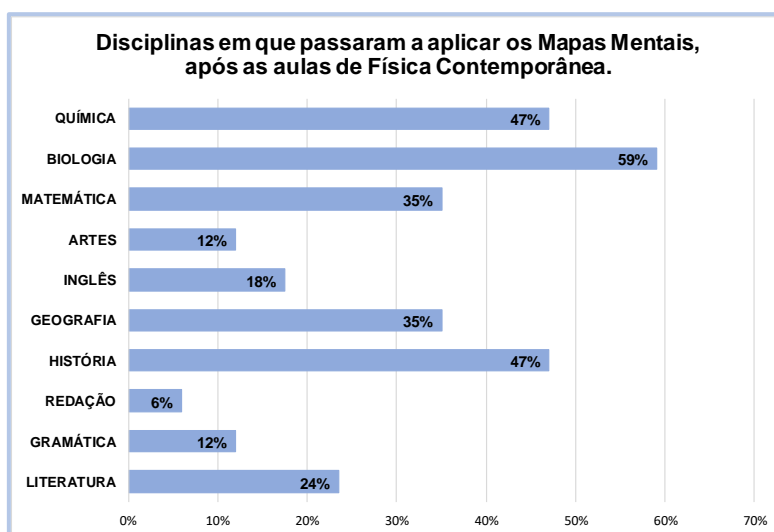


Contudo, o uso dos Mapas Mentais permitiu aos alunos explorarem as relações conceituais em outras disciplinas do currículo escolar. A Figura 27 mostra que 59% dos alunos utilizaram muito os Mapas Mentais nas outras disciplinas; 30% dos alunos utilizaram, porém, pouco e 11% dos alunos não aderiram ao uso desta ferramenta de pensamento nos estudos de outras disciplinas.

Estes resultados apresentam coerência aos dados da Figura 28 e mostram que houve uma aceitação do uso desta ferramenta de pensamento, despertando o interesse dos alunos em expandir a aplicação dos Mapas Mentais às outras disciplinas que compõe o currículo escolar.

Na Figura 28 estão relacionadas as disciplinas em que os alunos utilizaram os Mapas Mentais em suas rotinas de estudos.

Figura 28 – Disciplinas em que os alunos também utilizaram os Mapas Mentais. FONTE: AUTOR.



O uso dos Mapas Mentais nas disciplinas de Biologia (59%), Química (47%) e História (47%), são as que mais os alunos aderiram o uso dos Mapas Mentais. Contudo, esses resultados devem ser vistos de forma positiva já que, o uso dos Mapas Mentais como uma ferramenta no processo de ensino-aprendizagem, tornou-se de alguma forma, atrativa aos alunos por ser um mecanismo que permite relacionar os conteúdos estudados, não somente os assuntos que foram apresentados neste trabalho, mas se estendendo à outras disciplinas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a aplicação deste trabalho, foi possível perceber que uma simples mudança, como uma nova metodologia a ser utilizada na aplicação dos conteúdos e o uso de um material potencialmente significativo, pode proporcionar aos alunos um Ensino de Física mais participativo e com maior significado, fomentando o processo de ensino-aprendizagem desta disciplina considerada difícil para muitos alunos (Figura 11).

Na análise do questionário de opinião, notou-se que os assuntos trabalhados da Física Contemporânea, no Ensino Médio, são vistos, pelos alunos, como assuntos interessantes (Figura 24) e de importância para a ampliação de seus conhecimentos (Figura 25) possibilitando compreender cada vez mais a natureza e as tecnologias a sua volta.

A utilização dos conteúdos aplicados, organizados objetivamente na Tabela 3 e contidos no livro produzido pelo autor (APÊNDICE B), seguindo a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968, 2000), foi importante na formação dos organizadores prévios e na construção dos conceitos subsunçores necessários para que houvessem a ancoragem dos novos significados durante a aplicação do conteúdo de Espectros Atômicos, definido para este trabalho, descrito na Tabela 4.

O uso de Mapas Mentais, como uma ferramenta de verificação da Aprendizagem Significativa, apresentou resultados satisfatórios pois pode-se identificar, na sua confecção, a utilização de conteúdos relacionados ao assunto principal do Mapa Mental assim como, identificar as relações válidas e significativas entre os conceitos, seguindo uma hierarquia conceitual conforme os itens de verificação descritos no Tópico 4.3.3..

É notório, nestas relações conceituais, a ocorrência do processo de ancoragem das novas informações apresentadas, formando os novos subsunçores e desta forma, foi possível identificar a ocorrência dos processos de organizações conceituais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, permitindo verificar a aprendizagem significativa do aluno. É importante evidenciar que, o novo conceito subsunçor formado, pode ser muito ou pouco amplo, dependendo da continuidade da Aprendizagem Significativa de um assunto em que contém certo subsunçor.

Contudo, o uso dos Mapas Mentais mostrou-se uma potencial ferramenta no auxílio do processo de ensino-aprendizagem, ajudando aos alunos, Figura 26, a relacionar os conteúdos estudados e fornecendo às novas informações um maior significado, fortalecendo o processo de ancoragem e auxiliando na formação dos subsunçores que posteriormente, poderão ser modificados aprimorando ainda mais seus significados.

A utilização desta ferramenta de pensamento desenvolveu interesse nos alunos em ampliar sua aplicação, não somente nas aulas de Física mas para outras disciplinas, Figuras 27 e 28, certamente com a finalidade de compreender melhor as relações conceituais dos conteúdos de maneira que possam ser memorizados ou resgatados em suas memórias com maior rapidez e eficiência.

Com isso, é notório que os Mapas Mentais são potenciais ferramentas no auxílio e verificação do processo de ensino-aprendizagem pois, despertam no aluno, o interesse pela aprendizagem já que, esta ferramenta de pensamento, pode ser um ótimo exercício de criatividade e espontaneidade tornando as aulas de Física mais interessantes e prazerosas, tanto para o aluno quanto para o professor, além de estimularem os alunos a serem mais participativos e atenciosos.

É importante ressaltar que os Mapas Metais são ferramentas de pensamento que permitem aos alunos expor tudo aquilo que eles sabem, tornando esta ferramenta interessante no papel de verificador da Aprendizagem Significativa. Assim, torna-se fácil a identificação, se houver, das relações entre os assuntos expostos e a verificação dos possíveis processos de ancoragem além da formação dos novos conceitos subsunçores.

Entretanto, com a reprodução destes Mapas Mentais, desde o primeiro a ser confeccionado, seria possível verificar a evolução do aluno quanto a modificação dos conceitos, ou seja, a modificação do conceito subsunçor ao complementar o Mapa Mental, caso ocorra, com tudo aquilo que ele precisa saber além do que ele já sabe.

Contudo, este trabalho permitiu evidenciar que os Mapas Mentais são potenciais ferramentas de verificação da Aprendizagem Significativa no processo de ensino-aprendizagem. Assim como nos Mapas Conceituais, os Mapas Mentais também conseguem evidenciar as relações entre os conceitos e informações assim como acompanhar a evolução na modificação dos conceitos e informações adicionadas, deixando evidente ao aluno e ao professor quais são as ideias chaves que devem relevar para uma Aprendizagem Significativa.

Em consequência da aplicação deste trabalho, elaborou-se um material pedagógico de apoio ao professor (APÊNDICE A) que contém os passos a passo para a construção dos Mapas Mentais, a sequência didática utilizada na aplicação deste trabalho assim como o livro produzido pelo autor (APÊNDICE B) e utilizado nas aulas de Física Contemporânea como organizadores prévios para aplicação do tópico de Espectros Atômicos e as atividades aplicadas aos alunos.

7. BIBLIOGRAFIA

ARAGÃO, R. M. R. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel – Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais**. Tese (Doutorado em Ciência - Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, 1976

AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: a cognitive view**. 1 ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.p.685

AUSUBEL, D.P. **The Yacquisition and Retention of Knowledge: A cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2000. p. 210

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H.; **Psicologia educacional**. Trad. De Eva Nick et al., 625 p., 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BOHR, N. **Philosophical Magazine** (6), **26**, 1 – 1913.

BOSS, S. L. B. **Ensino de Eletrodinâmica – A história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores**. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2018.

BUZAN, T; **Mapas mentais: Métodos criativos para estimular o raciocínio e usar o máximo o potencial do seu cérebro**. Trad. Paulo Polzonoff Jr., Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

GEIGER, H; MARSDEN, E. **Philosophical Magazine**. (6), **25**, 604 – 1913.

GOBARA, S.T; CALUZI, J.J. **O pensamento ausubeliano e o ensino de ciências**. O Pensamento de David Ausubel e o Ensino de Ciências, org, p. 11-31, 2016.

EINBERG, R; RESNICK, R. **Física quântica átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Trad. De Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso, 24 tiragens, Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

FENNER, G. **Mapas Mentais: potencializando ideias**. 1ª. ed. São Paulo: BRASPORT, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, D.; WALKER, J. **Fundamentos de física – óptica e física moderna**. v.4, Trad. De Ronaldo Sérgio de Biasi, 10 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KEIDANN, G.L. **Utilização de Mapas Mentais na Inclusão Digital**. II EDUCOM SUL, Ijuí-RS, 2013.

MARQUES, A. M. M. **Utilização pedagógica de mapas mentais e de mapas conceituais**. 2008. Dissertação (Mestre em Expressão Gráfica, Cor e Imagem) - Universidade Aberta, Sintra, Portugal. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.2/1259>. Acesso em maio 2019.

MOREIRA, M.A; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa**. Centauro. São Paulo, 2006.

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B. **Mapas conceituais - instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**. São Paulo: Moraes, 1987.

MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: UNB, 2006.

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

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª. ed. ampl. – [Reimpr.]. – São Paulo: E.P.U., 2014.

NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de *Learning how to learn*. (1984). Ithaca, N.Y.: Cornell University Press., 1996.

NOVAK, J.D. **A Theory of Education**. Cornell University Press, Ithaca, 1977.

NOVAK, J. D. **Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender - La opinión de un profesor-investigador.** *Enseñanza de Las Ciencias*, vol.9, n. 3, 1991.

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. **Aprendiendo a aprender.** Barcelona: Martínez Roca, 1988.

RUTHERFORD, E. **Philosophical Magazine.** (6), 21, 669 – 1911.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias.** Secretaria da Educação, 2011. Disponível em <<http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>>.

Acesso em ago. 2018.

SCHULZ, P.A. **Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lord Kelvin.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.29, n.4, São Paulo, 2007.

TIPLER, P.A; LLEWELLYN, R.A. **Física moderna.** Trad. De Ronaldo Sérgio de Biasi, 3 ed, Rio de Janeiro: LTC, 2000.

VALÉRIO, R.C. **Os Fundamentos da Física Aplicados em Situações Cotidianas: um estímulo para aumentar o interesse dos alunos.** Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A. **Física IV – óptica e física moderna.** v.4; Trad. Daniel Vieira, 14 ed.; São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

8. APÊNDICES

APÊNDICE A

O Produto

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp 
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

 **SBF**
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

O PRODUTO

O USO DE MAPAS MENTAIS NO PROCESSO DE ENSINO- APRENDIZAGEM DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA

MAIKON CESAR SELMINI

Orientadora:
Profa. Dra. Agda Eunice de Souza Albas

PRESIDENTE PRUDENTE, SP

2019

SUMÁRIO

1. UM BREVE COMENTÁRIO	03
2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	07
3. MAPAS MENTAIS: USO E CONSTRUÇÃO	10
4. DESENVOLVIMENTO	17
4.1. ORGANIZADORES PRÉVIOS	17
4.2. APLICAÇÃO DO TÓPICO DE ESPECTROS ATÔMICO.....	20
4.3. ATIVIDADES APLICADAS	23
4.3.1. AULA 1 – REVISÃO	23
4.3.2. AULA 2 – RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO	25
4.3.3. AULA 3 – EFEITO FOTOELÉTRICO E PRODUÇÃO DE RAIOS X ...	27
4.3.4. AULA 4 – ESPECTROS ATÔMICOS	28
4.4. EXPERIMENTO – TESTE DA CHAMA	30
5. BIBLIOGRAFIA	33

1. UMA BREVE CONSIDERAÇÃO

Com a inserção do ensino de tópicos relacionados à Física Contemporânea, no Ensino Médio, os materiais didáticos, livros e apostilas, levaram um certo tempo para sofrerem as adaptações necessárias sendo que, alguns materiais didáticos, os tratam como assuntos complementares.

Contudo, para o desenvolvimento destas aulas, houve a necessidade de fazer um levantamento dos assuntos pertinentes e uma sequência de estudos para adaptar os conceitos da Física Contemporânea em um material aplicável ao Ensino Médio e que tivessem ligações com assuntos que já haviam sido estudados, pelos alunos, em anos anteriores além de, estarem de acordo com as diretrizes educacionais.

Entretanto, o livro confeccionado e utilizado na aplicação deste trabalho (APÊNDICE B), é o conjunto das notas de aulas ministradas de Física Contemporânea, de um período de oito anos, dentro da disciplina de Física, para os alunos da terceira série do Ensino Médio.

O material sempre foi trabalhado com os alunos de forma tradicional, em que os assuntos eram expostos, acompanhado de resolução de exemplos e exercícios, com pouca contextualização, visto que o foco eram os grandes vestibulares. Entretanto, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), oportunizou trabalhar melhor este material através da Teoria de Aprendizagem Significativa, de acordo com Ausubel.

Segundo Ausubel (2000), para que ocorra uma aprendizagem significativa, é necessário o uso de um material potencialmente significativo desde que, esse material, siga uma hierarquia conceitual e evidencie as diferenças entre a diferenciação progressiva da reconciliação integrativa (GOBARA; CALUZI, 2016).

Para confecção do Produto (APÊNDICE A), definiu-se o tema Espectros Atômicos, aplicando-o de acordo com as Teorias de Aprendizagem Significativa e utilizando o livro (APÊNDICE B), como organizadores prévios. A escolha desse tema dá-se pelo fato de envolver conceitos que os alunos já aprenderam durante

as primeiras séries do Ensino Médio, tornando-os possivelmente significativos para apresentação dos novos conceitos.

Como possível ferramenta de acompanhamento da Aprendizagem Significativa, utilizou-se os Mapas Mentais, uma ferramenta de pensamento que possui características atrativas ao aluno quanto a utilização de cores, imagens, pequenos resumos ajudando-os na memorização ou resgate das informações com maior objetividade e rapidez.

A organização do livro (APÊNDICE B) ocorreu em uma forma gradual, partindo das ideias iniciais como o problema da distribuição da radiação de um corpo negro, que levaram as teorias de Planck da quantização da energia, momento que se inicia, historicamente, uma nova fase da Física. Os assuntos vão evoluindo de acordo com os fatos históricos ocorridos até chegar na organização dos elétrons no átomo e sua distribuição energética, assunto que os alunos aprendem na primeira série do ensino médio, porém desconhecem a origem desta teoria.

O livro (APÊNDICE B) organiza alguns conceitos relacionados ao início da Física Quântica, evidenciando a evolução dos fatos experimentais e a formação das ideias relacionadas. A Tabela 1 expõe, para cada tópico do livro (APÊNDICE B), a descrição dos conceitos trabalhados no material confeccionado e os objetivos gerais esperado.

Tabela 1 – A Tabela relaciona os conteúdos trabalhados no livro e os objetivos gerais esperados.

TÓPICO	TEMA	DESCRIÇÃO CONCEITUAL	OBJETIVO GERAL
1	Radiação de Corpo Negro	Este tópico aborda a ideia da emissão de radiação eletromagnética pelos corpos, o conceito de corpo negro e discute as propostas sugeridas por alguns cientistas para resolver o problema da distribuição da energia radiante de um corpo negro.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender que corpos com temperaturas acima do zero absoluto emitem radiação eletromagnética; ✓ Compreender o conceito de corpo negro; ✓ Compreender a ideia utilizada por Planck para explicar os resultados experimentais obtidos da distribuição da radiação emitida por um corpo negro.
2	Efeito Fotoelétrico	Descreve como ocorre o experimento, discute os conceitos de função trabalho, potencial de corte e frequência de corte além, entretanto, da explicação proposta por Einstein, considerando a quantização da radiação eletromagnética, baseando-se nas ideias de Planck.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entender como ocorre o efeito fotoelétrico; ✓ Compreender o conceito de função trabalho, frequência de corte e potencial de corte; ✓ Compreender a ideia da quantização da radiação eletromagnética, utilizada por Einstein, para explicar o efeito fotoelétrico que lhe rendeu o Prêmio Nobel Física em 1905.
3	Produção de Raios X	Discute a produção de radiação X através da desaceleração ocorrida na interação de elétrons termiônicos com os átomos que compõem o material que forma o ânodo, a geração do espectro de raio X e o significado das linhas K_{α} e K_{β} no espectro.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender que o raio X é uma radiação eletromagnética; ✓ Sua produção está relacionada às transições dos elétrons na organização atômica.
4	Espalhamento Compton	Este tópico trabalha o comportamento da radiação X ao interagir com um material, um alvo. O desvio que a radiação sofre, após interagir com o alvo, pode ser calculada através de uma clássica conservação de energia e da relação vetorial dos momentos lineares.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Perceber que os raios X ao interagir com a matéria sofre um desvio modificando seu comprimento de onda; ✓ Entender que as radiações eletromagnéticas possuem um comportamento dual e, portanto, possui um momento linear associado ao seu comprimento de onda.

5	Modelos Atômicos	Faz um breve apanhado histórico da evolução dos modelos atômicos e de suas características até chegar nos postulados propostos por Bohr.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rever as características dos modelos atômicos sugeridos por Dalton, Thomson, Lènard, Nagaoka e Rutherford; ✓ Compreender os postulados propostos por Bohr para correção do modelo atômico sugerido por Rutherford;
6	Espectros Atômicos	Mostra a diferença entre os espectros de absorção e emissão, relacionando-os com as transições ocorrida pelos elétrons nos níveis de energia ao receber ou ceder certa quantidade radiação eletromagnética.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender que os espectros atômicos ocorrem devido a transição dos elétrons no átomo; ✓ Compreender o paradigma das linhas escuras no espectro da luz solar; ✓ Entender os espectros de emissão e absorção e relacioná-los ao cotidiano.
7	Modelo Orbital	Expõe a teoria onda-partícula, proposta por De Broglie para o elétron e o princípio da incerteza de Heisenberg. Relaciona a solução da equação de Schrödinger com os números quânticos e, conseqüentemente, com o diagrama energético de Linus Pauling.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender a dualidade onda-partícula, proposta por De Broglie, para o elétron; ✓ Associar o comportamento dual do elétron com o princípio da incerteza proposto por Heisenberg; ✓ Entender que a equação proposta por Schrödinger possui caráter ondulatório e sua solução condiz com o comportamento dual do elétron; ✓ Diferenciar orbita e orbital; ✓ Compreender a origem e o significado físico dos números quânticos. ✓ Estabelecer a relação entre os números quânticos e o diagrama energético de Linus Pauling.

2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1968, 2000) é uma teoria cognitiva que leva em consideração os conhecimentos já existentes do aluno, inserindo-os no processo de ensino e aprendizagem de forma substantiva e não arbitrária. Durante esta aprendizagem, novas informações devem ser incorporadas na estrutura cognitiva do aluno considerando a essência da informação apresentada e não de maneira literal. Para isso, a informação dever-se-á interagir, cognitivamente, com os conhecimentos específicos e relevantes do aluno, que Ausubel denomina de subsunçores (MOREIRA, 2011).

[...] aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificadamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo [...] envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor*, ou simplesmente *subsunçor*. (MOREIRA, 2015, p. 161, grifos do autor).

Conceito subsunçor é o nome dado aos conhecimentos existentes no indivíduo que servem para dar um novo significado ao conhecimento que será apresentado pelo professor, por meio da aprendizagem por recepção, ou até mesmo será descoberto por ele mesmo, através da aprendizagem por descoberta (MOREIRA, 2011).

Na aprendizagem por recepção, o aluno irá receber todo o conteúdo de forma explícita e através dos subsunçores, o conteúdo é ancorado e posteriormente, o aluno deverá internalizá-lo. Entretanto, na aprendizagem por descoberta, o aluno deverá construir os conceitos, utilizando seus subsunçores, do conteúdo e, em seguida, incorporá-lo em sua estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 apud GOBARA; CALUZI, 2016, p.14-15). Desta forma, os subsunçores vão se aprimorando cada vez mais em significados permitindo que novas aprendizagens sejam facilitadas.

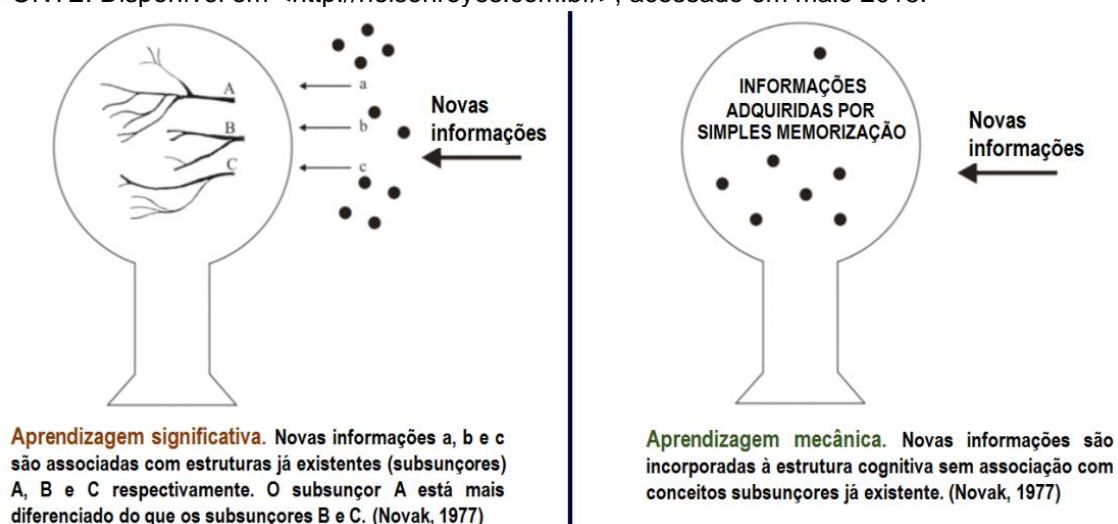
Segundo Ausubel (1968) a aprendizagem pode ocorrer em duas principais formas: a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa sendo que a última, poderá ocorrer por descoberta ou recepção.

Na aprendizagem mecânica, o conhecimento é incorporado pelo aluno de forma arbitrária, sem uma possível sequência lógica e não ocorre uma ancoragem junto aos subsunçores. Isto faz com que o aluno não tenha uma compreensão do que está aprendendo, dificultando a incorporação na sua estrutura cognitiva. Atualmente é muito comum encontrarmos esse tipo de aprendizagem nas aulas de Física, memorizar equações e enunciados de leis e conceitos que não ficam por muito tempo em nossa memória, não servindo posteriormente, como conhecimento prévio relevante.

Já na aprendizagem significativa, todas as informações que chegam ao aluno se relacionam de forma relevante através dos conhecimentos específicos preexistentes, os subsunçores. A estrutura cognitiva, na aprendizagem significativa, segue uma estrutura hierárquica de conceitos em que, a cada aprendizagem, os subsunçores vão aumentando e se aprimorando.

A Figura 4 mostra a comparação entre a aprendizagem significativa, que ocorre com a relação dos subsunçores com as novas informações, com a aprendizagem mecânica, que acontece de forma arbitrária e substancial sem nenhum tipo de interação entre os subsunçores e as novas informações (NOVAK, 1977).

Figura 29 – A comparação entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica.
 FONTE: Disponível em <<http://nelsonreyes.com.br/>>, acessado em maio 2018.



A aprendizagem significativa irá ocorrer somente quando um conhecimento adquirido, tanto por recepção e/ou descoberta, consegue ancorar-

se aos subsunçores. Para Ausubel (2000), para que haja essa aprendizagem significativa, algumas condições são necessárias:

- iii) o aluno deve apresentar uma predisposição em aprender e possuir conhecimento relevantes – subsunçores – para que possam sofrer modificações;
- iv) possuir um material potencialmente significativo em que os conteúdos sejam organizados de forma não arbitrária e não substancial.

Considera-se ainda que uma das melhores formas para se obter sucesso no ensino e aprendizagem escolar é a adequação dos materiais de ensino. “Os fatores mais significativos que influenciam o valor, para o aprendizado, dos materiais de ensino, referem-se ao grau em que estes materiais facilitam uma aprendizagem significativa” (AUSUBEL, 1980 apud GOBARA; CALUZI, 2016, p. 19).

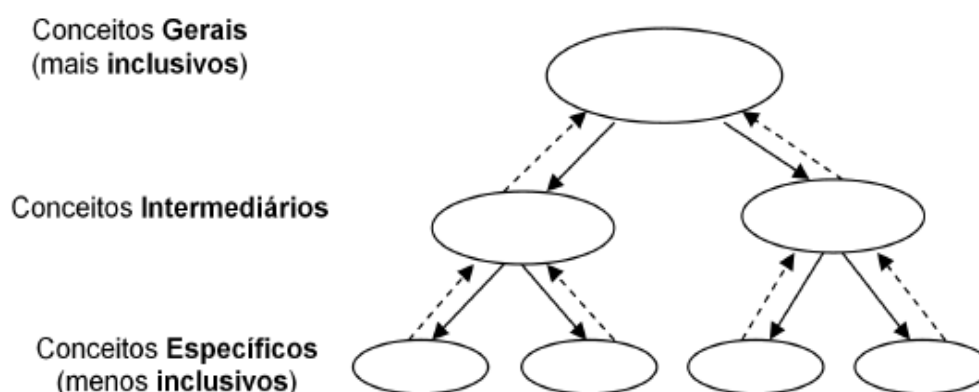
Os materiais potencialmente significativos precisam seguir um rigor conceitual para que a aprendizagem significativa seja facilitada, pois, o cérebro humano, armazena as informações de uma forma organizada numa estrutura cognitiva de acordo com a hierarquia conceitual (MOREIRA; MASINI; 1982).

Na preparação dos materiais, devermos contemplar alguns princípios para que haja a hierarquia conceitual tais como, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, uma organização sequencial e a consolidação (GOBARA; CALUZI, 2016).

A diferenciação progressiva, propõem a apresentação dos conceitos mais básicos, gerais, permitindo que os subsunçores possam ser modificados gradualmente para receberem os conceitos mais específicos. Na reconciliação integradora, apresenta as relações entre as ideias e os conceitos, apontando as diferenças e semelhanças evitando com que as ideias sejam dissipadas.

O esquema da Figura 5 mostra a representação da diferenciação progressiva, representado pelas setas contínuas, e a reconciliação integrativa, representada por setas descontínuas. As setas contínuas mostram que para ocorrência da diferenciação progressiva, o conhecimento parte de um conceito geral e vai se especificando, porém, se todos os conceitos se relacionarem, temos a ocorrência da reconciliação integrativa (MOREIRA; MASINI, 2006).

Figura 30 – Representação da diferenciação progressiva (setas contínuas) e a reconciliação integrativa (setas descontínuas). FONTE: MOREIRA; MASINI, 2006.



Através da organização sequencial, verifica-se a ordem dos conteúdos no material de forma que sejam organizados seguindo uma coerência e que possa diferenciar a reconciliação integradora da diferenciação progressiva propondo a consolidação e o aumento dos subsunçores.

Um facilitador para esse tipo de aprendizagem, são os organizadores prévios. Quando o aluno não possui nenhum ou pouco conhecimento prévio, que possa ser utilizado como subsunçor no processo de ancoragem do conteúdo, a utilização de vídeos, textos, experimentos ou até mesmo a aprendizagem mecânica entre outros instrumentos, que envolva assuntos mais gerais relacionados ao conteúdo a ser trabalhado, servirão de organizadores prévios proporcionando os subsunçores necessários para que o aluno possa obter uma Aprendizagem Significativa.

3. MAPAS MENTAIS: USO E CONSTRUÇÃO

Com o intuito de desenvolver um recurso que facilitasse o aprendizado, a concentração e a memorização por meio de um encadeamento não linear de informações, na década de 1970, o inglês Tony Buzan (1942-2019) criou os Mapas Mentais também conhecido no inglês como *Mind Maps* (FENNER, 2017).

Segundo Buzan (2009), os Mapas Mentais são ferramentas de pensamento desenvolvidas baseando-se na eficiência estrutural dos neurônios, que apresentam interligações e uma estrutura ramificada.

Os neurônios são células nervosas responsáveis pela recepção e transmissão das informações no cérebro. Entretanto, esta ferramenta de pensamento foi elaborada para usufruir de todas as habilidades do cérebro ajudando-o no armazenamento e na recuperação de informações com maior rapidez e eficiência (BUZAN, 2009).

Segundo Fenner (2017), o Mapa Mental é uma ferramenta poderosa de organização de informações que ocorrem de uma forma não linear, sendo elaborada em forma de teia, onde a ideia principal é colocada no centro de uma folha de papel para maior visibilidade e as ideias, descritas apenas com palavras-chave e ilustradas com imagens, ícones e muitas cores.

A Palavra-chave é um termo especial que é escolhido ou criado para ser uma referência única a algo importante de que desejamos nos lembrar. As palavras estimulam o lado esquerdo do cérebro e são um recurso vital para mantermos o domínio da memória. Porém, são mais eficazes quando transformadas em Imagens-chave, pois somente dessa forma conseguem ativar os dois lados do cérebro³ (BUZAN, 2009, p.8).

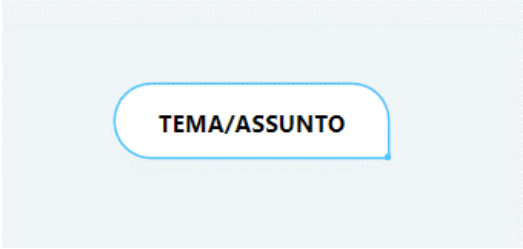

Com relação às imagens-chave:

[...] constituem a base da memória, [...] cuidadosamente construídas para trazerem à mente lembranças armazenadas no fundo da memória. [...] É uma imagem associada a uma Palavra-chave para estimular a imaginação e recriar associações familiares. Quando eficaz, ativa os dois lados do cérebro e usa todos os sentidos (BUZAN, 2009, p.8).

Por serem uma ferramenta de pensamento, os Mapas Mentais podem ser construídos manualmente, usufruindo de lápis e canetas coloridas ou até mesmo com o auxílio de software desde que traduza os assuntos desordenados e complexos em modelos de conhecimento de fácil memorização, objetivos e ordenados (KEIDANN, 2013). A figura 3 ilustra um exemplo de Mapa Mental relacionando todas as utilidades e origem desta ferramenta de pensamento.

³ O cérebro humano é dividido em dois hemisférios com especificidades funcionais distintas. O lado esquerdo está relacionado ao desenvolvimento racional do indivíduo e o lado direito está relacionado ao desenvolvimento emocional do mesmo (FENNER, 2017).

Tabela 2 – Passo a passo para a confecção de um mapa mental segundo Fenner (2017).

PASSO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO GERAL ⁴
1	<p>Ideia principal no centro da folha</p> <p>Para iniciar a confecção do mapa mental é necessário que seja definido o tema ou assunto a ser utilizado. Este tema deverá ser colocado na região central da folha pois ele será o centro do seu mapa mental.</p>	
2	<p>Crie tópicos</p> <p>A partir do tema escolhido, é necessário criar os tópicos mais importantes do tema e que estejam diretamente ligados a ele. Normalmente, os tópicos são organizados em sentido horário e a quantidade de tópicos é de bom senso pois, muitos tópicos o tornariam complexo para entendê-lo.</p>	

⁴ O exemplo geral foi confeccionado, para efeito ilustrativo, através do programa online *Mind Meister*[®], disponível gratuitamente e fácil manuseio no site <https://www.mindmeister.com>.

3 Crie subtópicos

No subtópicos deverá ocorrer todo o detalhamento do tema e dos tópicos utilizando sempre palavras-chaves ou pequenas descrições objetivas que ajudarão na memorização, esclarecimento e resgate do conhecimento já armazenado.



4 Acrescente cores e imagens

A utilização de cores e imagens ajudam a destacar e simbolizar pontos importantes do tema escolhido proporcionando uma melhor memorização ou o resgate do conhecimento armazenado com maior rapidez.



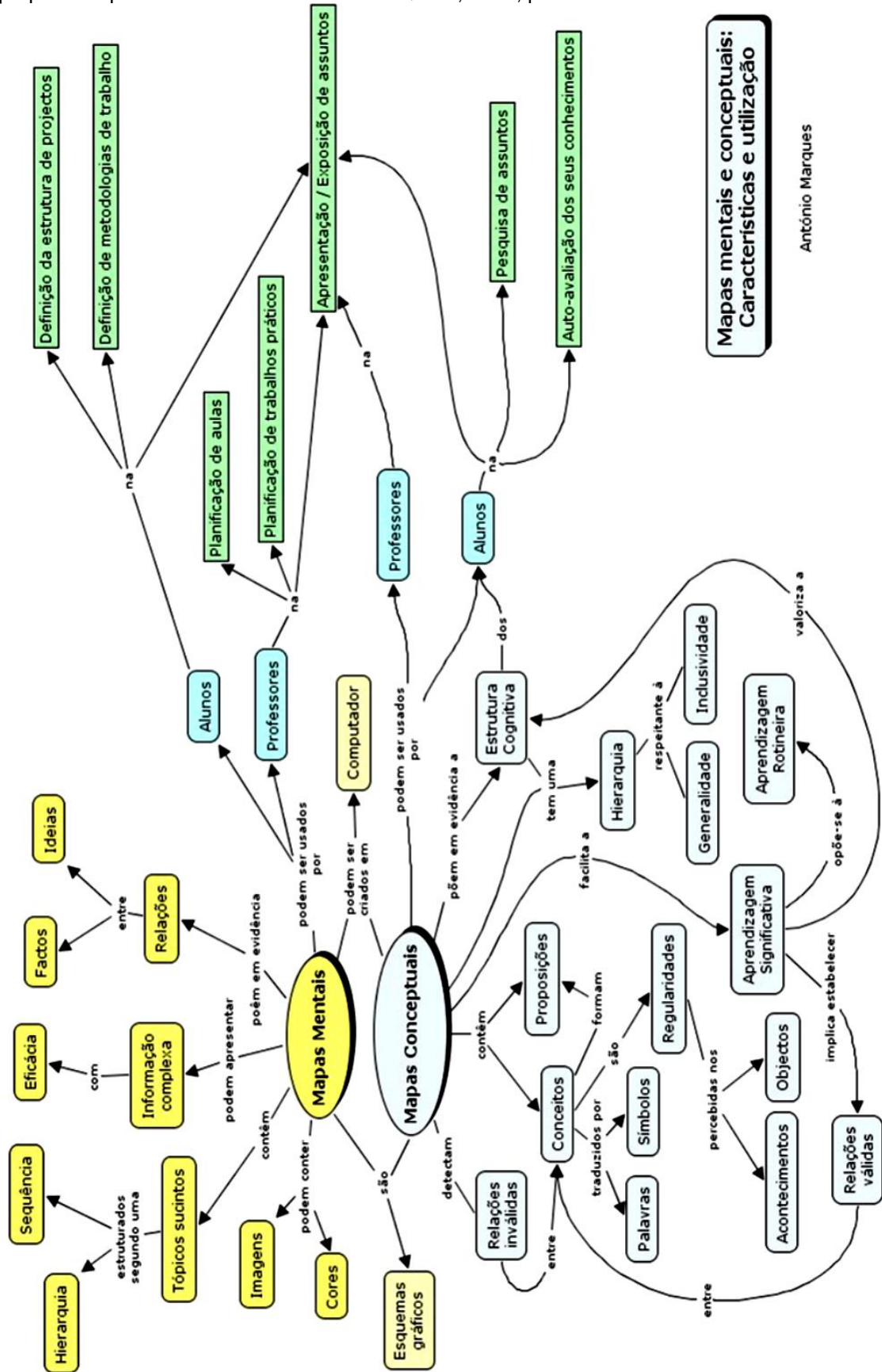
É comum confundir os mapas mentais com os mapas conceituais afinal, ambos são ferramentas de organização de informações e apresentam relações entre linguagem gráfica e textual em uma disposição em teia em contrates a tradicional leitura linear dispostas em livros e textos (MARQUES, 2008).

O Mapa Conceitual é uma ferramenta de pensamento utilizado para organizar e verificar informações. Foi desenvolvido por Joseph D. Novak durante um trabalho, com alunos de doze anos de escolarização, sobre a compreensão do conceito da natureza particular da matéria (NOVAK, 1991). A Figura 4 mostra um exemplo de Mapa Conceitual.

Os mapas conceituais, utilizam de locuções e verbos para dar um melhor sentido as relações conceituais em conexões diretas ou transversais. Entretanto não se faz uso de imagens-chaves nestes mapas assim como não é permitido descrições explicativas.

Num mapa mental ou conceitual bem elaborado, os símbolos são reduzidos ao mínimo necessário para a representação das ideias relevantes para a compreensão relativamente a um dado assunto. [...] Um mapa conceitual tem ainda a vantagem de, ao definir relações afirmativas entre conceitos-chaves, poder reduzir um tema complexo e abrangente a um conjunto de frases de significados relevantes, mais facilmente memorizável no curto prazo e, por esse motivo, mais facilmente integrado pela estrutura cognitiva (MARQUES, 2008, p.32).

Figura 4 – Mapa conceitual relacionando as características e ligações entre mapas mentais e os próprios mapas conceituais. FONTE: MARQUES, 2008, p.30.



4. DESENVOLVIMENTO

4.1. ORGANIZADORES PRÉVIOS

Para aplicação do presente trabalho, foi selecionada uma parte do produto, para ser aplicada, seguindo as Teorias de Aprendizagem Significativa, evidenciando os conceitos de quantização da energia e a construção de Mapas Mentais como instrumento de verificação da aprendizagem. O tema escolhido foi *Espectros Atômicos*, contido no item 6 do livro (APÊNDICE B).

Ao decorrer da primeira e segunda série do Ensino Médio, nas disciplinas de Física e Química, de acordo com o sistema de ensino utilizado pelo colégio onde o trabalho foi aplicado, foram trabalhados alguns assuntos que servem de organizadores prévios e subsunçores para o estudo do tema escolhido. A Tabela 3, relaciona esses assuntos potencialmente significativos, pois possuem ligações entre os conceitos envolvidos no estudo dos Espectros Atômicos e a respectiva série em que foram trabalhados, de acordo com o sistema de ensino usado pelo colégio.

Tabela 6 – Conteúdos trabalhados nos dois primeiros anos do Ensino Médio que são potencialmente significativos para o ensino dos Espectros Atômicos. FONTE: AUTOR.

SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	FÍSICA	QUÍMICA
1°	<ul style="list-style-type: none">✓ Energia mecânica e sua conservação;✓ A luz como uma onda eletromagnética;✓ Refração e dispersão da luz branca;	<ul style="list-style-type: none">✓ Evolução dos modelos atômicos;✓ Modelo atômico de Bohr;✓ Formação dos cátions e ânions.
2°	<ul style="list-style-type: none">✓ Conceitos sobre ondas;✓ Ondas mecânicas;✓ Ondas eletromagnéticas;✓ Espectro eletromagnético.	

Contudo, para a aplicação do tema escolhido, foi necessário reforçar os organizadores prévios. Isso ocorreu com a aplicação do material, em que os cinco primeiros tópicos do livro (APÊNDICE B) servem de elementos potencialmente significativos no estudo dos Espectros Atômicos tais como, a

quantização da energia proposta por Planck, a ideia de fóton proposta por Einstein no efeito Fotoelétrico, compreender que a radiação eletromagnética possui um comportamento dual (onda-partícula) e como os modelos atômicos evoluíram até chegar nos postulados de Bohr, permitindo, assim, compreender os espectros atômicos e especificamente as linhas escuras do espectro gerado pela luz solar.

A Tabela 4 descreve e relaciona as quantidades de aulas utilizadas para a aplicação de cada tópico referente ao reforço e aquisição dos subsunçores além de uma breve descrição de como desenvolveram as aulas.

Tabela 7 – Relação dos tópicos do livro utilizados no reforço e aquisição dos organizadores prévios necessários para a aplicação do presente trabalho. FONTE: AUTOR.

AULA	Nº DE AULAS	OBJETIVOS	DESENVOLVIMENTO DA AULA
1	2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Organizadores prévios; ✓ Montagem de um mapa mental. 	<p>Nesta primeira aula ocorreu o reforço dos subsunçores, conteúdos trabalhados ao longo da primeira e segunda série do Ensino Médio, através de uma revisão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceitos básicos da ondulatória; expondo e esclarecendo a diferença entre as ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. ✓ O espectro eletromagnético e o significado dos termos infravermelho e ultravioleta; ✓ Decomposição da luz branca em prismas ópticos. <p>Toda a revisão foi montada na lousa e na forma de um mapa mental, para que, posteriormente, pudesse explicar aos alunos o que é um mapa mental, quais são seus objetivos e aplicações. No apêndice C, temos uma imagem da lousa após a explicação.</p> <p>Após toda a explicação, os alunos receberam a atividade referente a Aula 1 (APÊNDICE C), que consiste em exercícios com retomada dos conceitos, uma palavra cruzada para verificação de palavras chaves que poderão ser utilizados ao decorrer das aulas e a confecção de um pequeno texto resumo com as palavras chaves presentes na palavra cruzada.</p>

2	2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Organizadores prévios; ✓ Compreender a quantização de energia proposta por Planck; ✓ Construção do mapa mental sobre o tópico. <p>Iniciou-se a aula com uma situação problema: <i>“Como conseguimos descobrir a existência de uma nova estrela no universo?”</i>. Levantou-se uma discussão sobre o assunto e, a partir disso, tratou os conteúdos, de forma expositiva, referentes ao tópico 1 (APÊNDICE B), do livro:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceituar corpo negro; ✓ Compreender como ocorre a emissão da radiação eletromagnética nos corpos; ✓ Entender o gráfico da distribuição da energia radiante versus comprimento de onda da radiação emitida; ✓ Compreender os postulados de Planck para os dados experimentais da distribuição da energia radiante de um corpo negro (<i>quantização da energia – quantas de energia</i>). ✓ Explicação da pergunta feita no início da aula. <p>Após tratar os tópicos, os alunos receberam as atividades referente a Aula 2 (APÊNDICE C) que trabalha as retomadas de conceitos, um exercício que envolve cálculos da energia radiante à algumas temperaturas e posteriormente, o esboço do gráfico desde cálculo para ser comparado com o gráfico gerado pelo simulador PhET. Como tarefa, os alunos confeccionaram um texto resumo e posteriormente, transformaram esse resumo em um mapa mental.</p>
3	2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Organizadores prévios; ✓ Compreender a ideia dos fótons proposta por Einstein; ✓ Evidenciar o uso da quantização da energia no experimento do efeito fotoelétrico. <p>Iniciou-se a aula entregando a folha de atividades, Aula 3 (APÊNDICE C) que está dividida em três partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Parte I: perguntas para serem feitas no início da aula, para que os alunos possam respondê-las antes de iniciar a discussão do conteúdo. ✓ Parte II: momento em que, após a discussão do conteúdo e a leitura dos tópicos 2 e 3 do produto, irão refazer as respostas das perguntas da parte I.

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entender como ocorre a produção de raio X; ✓ Perceber que toda radiação X é uma radiação eletromagnética; ✓ Construção de mapas mentais sobre os tópicos; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tarefa de casa: produção dos textos resumos e mapas mentais dos tópicos. <p>No primeiro momento, os alunos responderam a primeira parte da folha e, através das perguntas houve uma discussão obtendo elementos para que pudesse ser trabalhado os conceitos envolvidos no experimento do efeito fotoelétrico, as ideias propostas por Einstein e a produção de raios X. Após a explicação e leitura do material, os alunos executaram a atividade da parte II.</p> <p>Em casa, como tarefa, produziram dois textos resumos, um sobre o efeito fotoelétrico e o outro sobre a produção de raios X e transformaram esses resumos em dois mapas mentais.</p>
--	---	--

4.2. APLICAÇÃO DO TÓPICO DE ESPECTROS ATÔMICOS

O tópico de Espectros Atômicos, item 6 do livro (APÊNDICE B), foi o escolhido para ser aplicado seguindo a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. Neste assunto, é possível aplicar o conceito de quantização da energia, visto que, para ocorrer as transições eletrônicas, os elétrons podem absorver ou emitir radiações eletromagnéticas em quantidades específicas, ou seja, quantizada.

Com isso, a utilização dos Mapas Mentais pôde ser uma ótima opção de ferramenta aplicada ao processo de ensino-aprendizagem da Física pois, nesta ferramenta, podemos verificar as diferenciações progressivas e as reconciliações integradoras.

A Tabela 5 descreve todo o desenvolvimento da aplicação do trabalho assim como o tempo utilizado em cada momento da aplicação.

Tabela 8 – Descrição da metodologia utilizada na execução do presente trabalho. FONTE: AUTOR.

AULA	Nº DE AULAS	DESENVOLVIMENTO
1	2	<p>O primeiro dia foi dividido em quatro momentos:</p> <p>Em um primeiro momento, iniciou-se a aula propondo uma situação problema para que os alunos pudessem refletir e anotar as respostas em uma folha. A situação proposta foi:</p> <p><i>“Por que os fogos de artifícios são coloridos? Monte uma explicação para esse efeito.”</i></p> <p>Após anotarem as respostas nas folhas, pediu-se que alguns alunos lessem suas respostas para que pudesse iniciar uma conversa sobre o possível motivo que levaria a coloração dos fogos de artifícios.</p> <p style="text-align: center;">❖ <i>Tempo estimado do primeiro momento: 15 minutos.</i></p> <p>Em um segundo momento, de forma demonstrativa, executou-se o experimento do <i>Teste da Chama</i> em que os alunos puderam verificar a coloração das substâncias selecionadas em contato com a chama de uma vela, conforme descrito no APÊNDICE E. Os alunos anotaram as cores obtidas e posteriormente compararam com a tabela contida no final do Tópico 6 do livro (APÊNDICE B). A última substância a ser testada, no experimento, foi uma lã de aço e, seguindo todos os cuidados de segurança, incluindo extintor de incêndio dentro da sala de aula, segurando com uma pinça longa, girou-se a lã de aço formando uma <i>chuva de faíscas douradas</i> (é uma brincadeira relativamente comum entre as crianças). Fez-se mais uma pergunta:</p> <p><i>“Essa ‘brincadeira química’ lembra os fogos de artifício? Todo esse experimento pode ter alguma ligação com os fogos de artifício?”</i></p> <p>Essa pergunta foi o início para poder fazer a ligação entre a situação problema fornecida no início com o conteúdo de espectros atômicos através de uma explicação expositiva do assunto.</p> <p style="text-align: center;">❖ <i>Tempo estimado do segundo momento: 30 minutos.</i></p> <p>No terceiro momento, através de uma aula expositiva, trabalhou-se os conceitos de Espectros Atômicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espectro contínuo da luz branca; ✓ O problema do espectro da luz solar; ✓ Experimento de Fraunhofer; ✓ Espectro de emissão e espectro de absorção; ✓ Lei de Kirchhoff para os espectros;

❖ *Tempo estimado do terceiro momento: 30 minutos.*

No **quarto momento**, após trabalhar os conceitos, pediu-se que eles refizessem a resposta, usando os novos conhecimentos, para a pergunta inicial (primeiro momento).

❖ *Tempo estimado do quarto momento: 15 minutos.*

A **tarefa** proposta foi; a leitura do tópico 6 do livro, incluindo os dois artigos no final do tópico “*Ciência e magia dos fogos de Artíficos*” e “*Como funcionam os fogos de Artíficos?*” ambos publicados pela revista *Superinteressante* e confecção de um texto resumo.

2

2

Nesta segunda aula, foram divididos em dois momentos: No **primeiro momento**, pediu-se aos alunos que montassem um Mapa Mental, a partir do texto resumo que haviam feito como tarefa. Eles tiveram a liberdade para consultar o livro (APÊNDICE B) e fazer consultas na internet, utilizando o celular, caso fosse necessário. Recolheram-se todas as folhas com as informações da aula anterior e o Mapa Mental.

❖ *Tempo estimado do primeiro momento: 45 minutos*

No **segundo momento** foi aplicado uma avaliação em que exigia do aluno relacionar os conceitos de espectros atômicos a uma nova situação problema. Entregou-se aos alunos uma folha com a seguinte situação problema:

“Leia, reflita e responda:

O Sol é o astro mais importante do nosso sistema solar. Sua energia irradiada na forma de luz e calor são fundamentais para todos os seres vivos tais como as plantas que realizam fotossínteses e nós, seres humanos, que necessitamos da luz solar para regular nosso relógio biológico e produzir vitaminas. Este astro detém, segundo o site astro.com, 99,8% da massa do sistema solar e aproximadamente 109 vezes o diâmetro da Terra e sua temperatura, na superfície, é de aproximadamente 5500 °C.

Porém, devido a sua alta temperatura, chegar até o Sol é algo um pouco complicado, portanto, como o ser humano conseguiu determinar a composição química do Sol?”

Os alunos responderam a situação problema e entregaram. Nesta avaliação, eles não tiveram o direito a fazer nenhum tipo de pesquisa.

❖ *Tempo estimado do segundo momento: 45 minutos*

4.3. ATIVIDADES APLICADAS

4.3.1. AULA 1 – REVISÃO

O texto a seguir referem-se às questões 1 e 2.

“O espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética que contém as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, os raios X, a radiação gama, raio ultravioleta e a luz visível ao olho humano.”

Adaptado de <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>.

1. Quais são as características das ondas eletromagnéticas em relação à massa, propagação e energia?

2. Faça um esquema mostrando quais são as energias e frequências das radiações limítrofes à radiação visível ao olho humano. Explique por que levam esses nomes.

3. Sabe-se que, tanto o som quanto a luz, se propagam como ondas. De acordo com seu conhecimento, explique a diferença que ocorre entre as ondas sonoras e as ondas luminosas.

4. (ENEM-2014) Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor.

WENDLING. M. Sensores. Disponível em: www2.feg.unesp.br. Acesso em: 7 maio 2014 (adaptado).

A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência

- a) da luz visível.
- b) do ultravioleta.
- c) do infravermelho.
- d) das micro-ondas.
- e) das ondas longas de rádio.

5. A principal estação de rádio de Presidente Prudente – SP é a 98,1 FM. Sabendo que a velocidade da luz é $3 \cdot 10^8$ m/s, determine:

- a) a frequência em hertz da estação e rádio.
- b) o seu comprimento de onda medido em metros.

6. Durante as tempestades observamos primeiro uma descarga elétrica e logo após ouvimos o trovão. Explique por que isso ocorre.

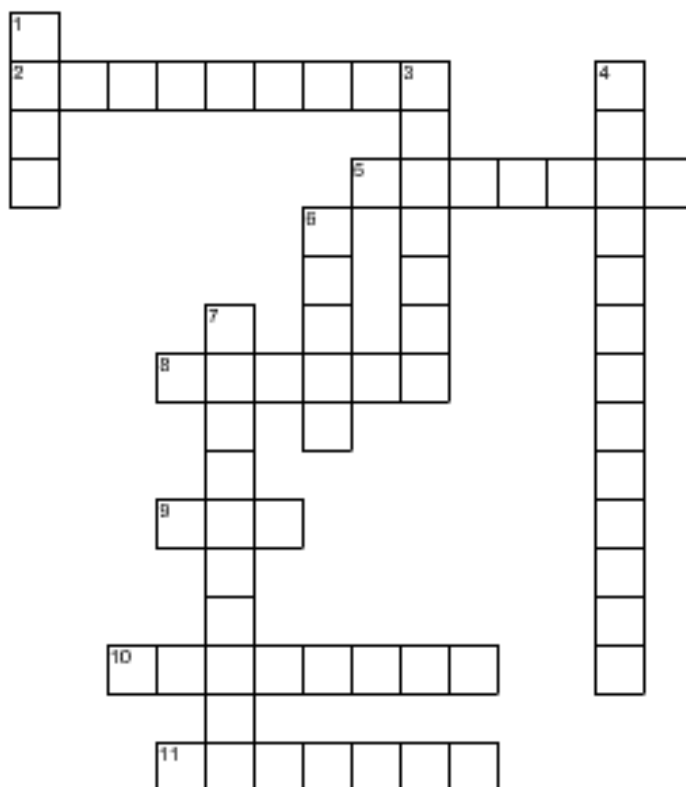
7. Resolva a palavra cruzada.

HORIZONTAL

VERTICAL

- 2. Responsável em identificar se um som é mais forte ou mais fraco.
- 5. Tempo mínimo para execução de um evento.
- 8. Região positiva de uma onda.
- 9. Propaga-se no vácuo e é muito importante para os seres vivos, principalmente aos que fazem fotossíntese.
- 10. O som não se propaga no vácuo.
- 11. O comprimento de onda é formado por uma crista e um vale.

- 1. Região negativa de uma onda.
- 3. Ondas transportam.
- 4. Dois feixes de luz, ao se cruzarem, não sofrem desvios.
- 6. Geração de uma onda independente da sua dimensão.
- 7. Repetições de um evento em certo intervalo de tempo.



8. Dentre as onze palavras chaves que compõe a palavra cruzada da atividade anterior, monte um **texto resumo** sobre o assunto em que, ao menos, oito dessas palavras estejam contidas.

4.3.2. AULA 2 – RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

1. De forma objetiva, descreva como Planck tentou resolver o problema da distribuição da energia radiante.

2. Se todos os corpos com temperaturas acima de 0K emitem radiações eletromagnéticas então, por que os corpos não brilham no escuro?

3. Vamos considerar um corpo que tenha uma emissividade perfeita ($\epsilon = 1$) e as temperaturas de 300 K, 3000 K, 4000 K e 6000 K na qual ele pode atingir. Calcule:

a) A radiância (R) para cada temperatura.

b) O comprimento de onda máximo (λ), medido em μm , para cada temperatura.

c) Utilizando a tabela a seguir, diga se o comprimento de onda calculado no item anterior está na região do infravermelho, visível ou ultravioleta. Caso esteja na região do visível, diga qual a cor emitida.

Luz	Comprimento de onda (10^{-7}m)	Frequência (10^4Hz)
Violeta	4,0 a 4,5	6,7 a 7,5
Anil	4,5 a 5,0	6,0 a 6,7
Azul	5,0 a 5,3	5,7 a 6,0
Verde	5,3 a 5,7	5,3 a 5,7
Amarela	5,7 a 5,9	5,0 a 5,3
Alaranjada	5,9 a 6,2	4,8 a 5,0
Vermelha	6,2 a 7,5	4,0 a 4,8

Adaptado de <http://www.if.ufrgs.br/mpenf/mef004/20021/Claudia>, acessado em oct. 2018

d) Monte um gráfico da Radiância versus o comprimento de onda.

4. Utilizando o simulador do PhET® – Interactive Simulations, verifique se os picos e cores, calculados no exercício 3 item b e c, estão de acordo.

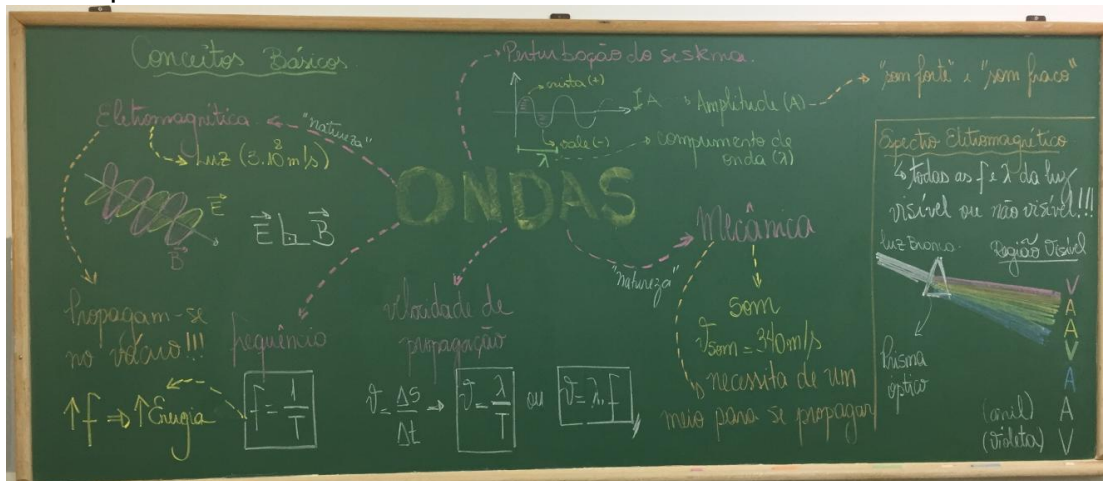
NA SUA CASA!!!

(Entregar na próxima aula)

1. Após a leitura do material e as atividades desenvolvidas em aula, monte um pequeno resumo sobre o assunto “radiação de corpo negro”.

2. Você sabe o que é um mapa mental? É uma ferramenta, normalmente colorida e chamativa, que possui o intuito de ajudar a organizar e relacionar os conceitos estudados com o máximo de detalhes. Nos mapas mentais é permitido desenhos e fórmulas ao contrário dos mapas conceituais.

Um exemplo de mapa mental foi à forma que fizemos a revisão de ondas e luz na aula passada.



Transforme seu resumo em um mapa mental.

4.3.3. AULA 3 – EFEITO FOTOELÉTRICO E PRODUÇÃO DE RAIOS X

PARTE I

1. Você já se perguntou, como as portas automáticas de shoppings funcionam? Quem acende as luzes dos postes? Intrigante né?! Convido você a fazer uma reflexão e levando seu conhecimento cotidiano, registre sua opinião para as duas perguntas e proponha uma explicação física para os dois fenômenos.

2. Na imagem ao lado temos a radiografia da mão direita de um certo paciente que, por infelicidade, fraturou o dedo anelar. Registre, a partir dos seus conhecimentos, como é possível obter essa imagem e uma explicação física para esse efeito.



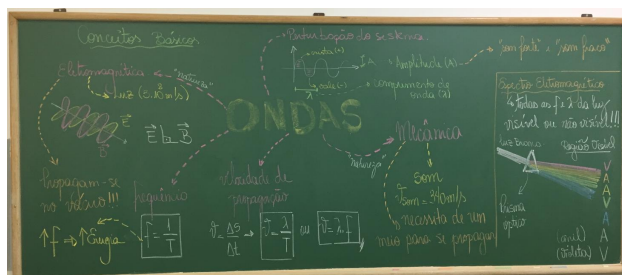
PARTE II

Após a discussão sobre as questões propostas na parte I e utilizando o material “Física Contemporânea: Uma abordagem às ideias quânticas para o Ensino Médio”, refaça as respostas propondo uma explicação física mais elaborada e consistente.

NA SUA CASA!!! (Entregar na próxima aula)

1. Após a leitura do material e as atividades desenvolvidas em aula, monte um pequeno resumo sobre os assuntos “Efeito Fotoelétrico” e “Produção de Raios X”. Obs.: Faça os resumos separados.

2. Como fizemos na aula anterior, transforme os dois resumos em dois mapas mentais. Abaixo, deixo como exemplo de mapa mental, a lousa que montamos na primeira aula.



4.3.4. AULA 4 – ESPECTROS ATÔMICOS

PARTE I

1. Por que os fogos de artifícios são coloridos? Monte uma explicação para esse efeito.
2. Observe o experimento e tome notas:

SUBSTÂNCIA	CÁTION	COLORAÇÃO
Óxido de Cálcio		
Permanganato de Potássio		
Sulfato de Alumínio		
Carbonato de Sódio		
Nitrato de Cobalto		
Sulfato de Cobre		
Cloreto de Bário		
Lã (esponja) de aço		

PARTE II

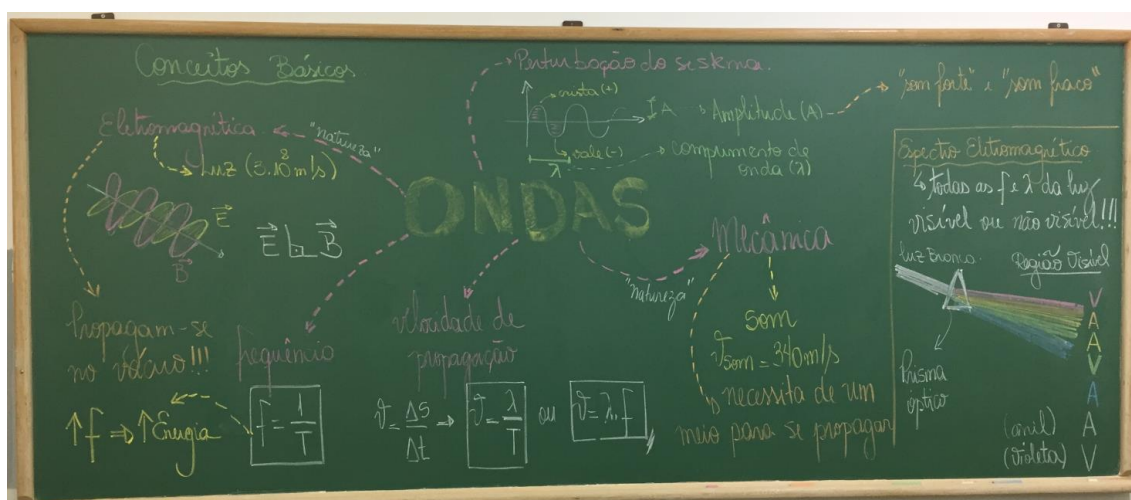
Após a discussão sobre as questões propostas na parte I e utilizando o material *“Física Contemporânea: Uma abordagem às ideias quânticas para o Ensino Médio”*, refaça a resposta propondo uma explicação física mais elaborada e consistente.

NA SUA CASA!!!

(Entregar na próxima aula)

1. Após a leitura do material e as atividades desenvolvidas em aula, monte um pequeno resumo sobre o assunto “Espectros Atômicos”.

2. Como fizemos nas aulas anteriores, transforme o resumo em um mapa mental. Abaixo, deixo como exemplo de mapa mental, a lousa que montamos na primeira aula.



AVALIAÇÃO – ESPECTROS ATÔMICOS

Leia, reflita e responda:

O Sol é o astro mais importante do nosso sistema solar. Sua energia irradiada na forma de luz e calor são fundamentais para todos os seres vivos tais como as plantas que realizam fotossíntese e nós, seres humanos, que necessitamos da luz solar para regular nosso relógio biológico e produzir vitaminas. Este astro detém, segundo o site astro.com, 99,8% da massa do sistema solar e aproximadamente 109 vezes o diâmetro da Terra e sua temperatura, na superfície, é de aproximadamente 5500 °C.

Porém, devido a sua alta temperatura, chegar até o Sol é algo um pouco complicado, portanto, como o ser humano conseguiu determinar a composição química do Sol?

4.4. EXPERIMENTO – TESTE DA CHAMA

INTRODUÇÃO

O teste da chama é uma técnica utilizada na química analítica para determinar a presença de alguns cátions metálicos em substâncias desconhecidas. Consiste em expor, a amostra em questão, a uma chama e observar a coloração emitida. Para que a coloração ocorra, a amostra deve estar em contato com a zona redutora da chama para que a coloração seja formada na zona oxidante.

Desta forma ocorrem as interações atômicas através dos níveis e subníveis de energia quantizada. Quando um objeto é aquecido, ele emite radiação, que pode ser observada através da sua cor. Um exemplo é o aquecimento de metais nas indústrias metalúrgicas, quando eles emitem uma cor vermelha intensa.

A tabela abaixo mostra as cores da chama formada na presença dos principais cátions.

CORES	COMPOSIÇÃO
ALARANJADO	Sais de cálcio (Ca^{2+}).
AMARELO	Sais de sódio (Na^+).
VERDE	Sais de bário (Ba^{2+}).
AZUL	Sais de cobre (Cu^{2+}).
VERMELHO	Sais de estrôncio (Sr^{2+}).
LILÁS	Sais de potássio (K^+).
ROXO	Mistura de sais de estrôncio e cobre.
PRATA	Metais titânio (Ti), alumínio (Al) e magnésio (Mg).
DOURADO	Metal ferro (Fe) e lã de aço

OBJETIVOS

Este experimento tem como objetivo evidenciar a coloração da chama de algumas substâncias devido a presença diversos cátions.

MATERIAIS

1 vela;

Caixa com palitos de fósforos;

Pinça de madeira (ou um prendedor de roupas);

Fio de Platina (ou uma resistência de chuveiro);

Ácido Clorídrico concentrado – HCl;

Óxido de Cálcio – CaO (conhecido como cal virgem);

Permanganato de Potássio – KMnO_4 (utilizado no tratamento de catapora);

Sulfato de Alumínio – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (utilizado para limpar piscinas);

Carbonato de Sódio – Na_2CO_3 (comercialmente chamado de barrilha);

Nitrato de Cobalto – $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$;

Cloreto de Bário – BaCl_2 ;

Lã de aço (comumente chamado de “*bombril*”)

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Dobre uma pequena parte da extremidade, de um pedaço de fio, de resistência;
2. Passe a haste metálica no ácido e posteriormente na amostra levando-a até a chama da vela;
3. Observe a coloração e anote na tabela abaixo.

Observação: A pinça é para segurar a haste metálica diminuindo a chance de se queimar.

4. Repita o procedimento com todas as amostras anotando as colorações obtidas na tabela abaixo.

Observação: A utilização do cloreto de bário e do nitrato de cobalto, no experimento, deu-se devido a disponibilidade das substâncias no laboratório

didático do colégio. Entretanto, pode-se testar diversas substâncias, sólidas, que tenham cátions metálicos em sua composição.

SUBSTÂNCIA	CÁTION	COLORAÇÃO
Óxido de Cálcio		
Permanganato de Potássio		
Sulfato de Alumínio		
Carbonato de Sódio		
Nitrato de Cobalto		
Sulfato de Cobre		
Cloreto de Bário		
Lã (esponja) de aço		

REFÊRENCIA

Adaptado de <https://www.infoescola.com/quimica/teste-da-chama/>, acessado em set. 2018.

5. BIBLIOGRAFIA

ARAGÃO, R. M. R. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel – Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais**. Tese (Doutorado em Ciência - Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, 1976

AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: a cognitive view**. 1 ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968. 685 p.

AUSUBEL, D.P. **The Yacquisition and Retention of Knowledge: A cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2000. 210 p.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H.; **Psicologia educacional**. Trad. De Eva Nick et al., 625 p., 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BOHR, N. **Philosophical Magazine** (6), **26**, 1 – 1913.

BOSS, S. L. B. **Ensino de Eletrodinâmica – A história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores**. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2018.

BUZAN, T; **Mapas mentais: Métodos criativos para estimular o raciocínio e usar o máximo o potencial do seu cérebro**. Trad. Paulo Polzonoff Jr., Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

GEIGER, H; MARSDEN, E. **Philosophical Magazine**. (6), **25**, 604 – 1913.

GOBARA, S.T; CALUZI, J.J. **O pensamento ausubeliano e o ensino de ciências**. O Pensamento de David Ausubel e o Ensino de Ciências, org, p. 11-31, 2016.

EINBERG, R; RESNICK, R. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Trad. De Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso, 24 tiragens, Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

FENNER, G. **Mapas Mentais: potencializando ideias**. 1ª. ed. São Paulo: BRASPORT, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, D.; WALKER, J. **Fundamentos de física – óptica e física moderna**. v.4, Trad. De Ronaldo Sérgio de Biasi, 10 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KEIDANN, G.L. **Utilização de Mapas Mentais na Inclusão Digital**. II EDUCOM SUL, Ijuí-RS, 2013.

MARQUES, A. M. M. **Utilização pedagógica de mapas mentais e de mapas conceituais**. 2008. Dissertação (Mestre em Expressão Gráfica, Cor e Imagem) - Universidade Aberta, Sintra, Portugal. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.2/1259>. Acesso em maio 2019.

MOREIRA, M.A; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B. **Mapas conceituais - instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**. São Paulo: Moraes, 1987.

MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: UNB, 2006.

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

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª. ed. ampl. – [Reimpr.]. – São Paulo: E.P.U., 2014.

NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de *Learning how to learn*. (1984). Ithaca, N.Y.: Cornell University Press., 1996.

NOVAK, J.D. **A Theory of Education**. Cornell University Press, Ithaca, 1977.

NOVAK, J. D. **Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender - La opinión de un profesor-investigador**. *Enseñanza de Las Ciencias*, vol.9, n. 3, 1991.

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. **Aprendendo a aprender**. Barcelona: Martínez Roca, 1988.

RUTHERFORD, E. **Philosophical Magazine**. (6), **21**, 669 – 1911.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias**. Secretaria da Educação, 2011. Disponível em

<<http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>>.

Acesso em ago. 2018.

TIPLER, P.A; LLEWELLYN, R.A. **Física moderna**. Trad. De Ronaldo Sérgio de Biasi, 3 ed, Rio de Janeiro: LTC, 2000.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A. **Física IV – óptica e física moderna**. v.4; Trad. Daniel Vieira, 14 ed.; São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICE B

O LIVRO



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



FÍSICA CONTEMPORÂNEA

Uma abordagem às ideias quânticas
para o Ensino Médio

Maikon Selmini



FÍSICA CONTEMPORÂNEA

Uma abordagem às ideias quânticas para
o Ensino Médio

RESUMO

Este exemplar reúne notas de aula, de oito anos de trabalho, ministradas para a terceira série do Ensino Médio. Tratamos dos conceitos teóricos básicos e iniciais para o estudo da Física Contemporânea, permitindo ao aluno relacioná-los com assuntos clássicos já estudados durante o Ensino Médio, assim como, desenvolver a curiosidade e a reflexão do mundo moderno a partir de textos cotidianos que mostram as aplicações dos conceitos e também a realização de experimentos e simulações ilustrativos, de acordo com as competências gerais da BNCC para o ensino das Ciências da Natureza. Este material tem como objetivo ser significativo ao aluno para que ele possa ter a capacidade de compreender e entender o mundo em vive.

SUMÁRIO

1. Radiação de Corpo Negro	1
2. Efeito Fotoelétrico	8
Aplicações: Sensores	12
Vamos Simular	14
3. Produção de Raio X	15
Aplicações: ‘Raios-X’ coloridos e em 3D prometem revolucionar o diagnóstico médico	17
Aplicações: Raios-X revela primeira versão bizarra de pintura da Rainha Elizabeth I	19
4. Espalhamento Compton	21
5. Modelos Atômicos	25
Vamos Simular	31
6. Espectros Atômicos	32
Aplicações: Ciência e Magia dos fogos de artifícios	38
Aplicações: Como funcionam os fogos de artifícios	41
Vamos Experimentar	42
7. Modelo Orbital	43
Aplicações: Gato de Schrödinger: entenda o que é o experimento	50
Vamos Simular	52
8. Referências Bibliográficas	53

RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

Qualquer corpo que tenha uma temperatura superior a zero Kelvin emite radiação eletromagnética sendo possível ver o brilho de alguns corpos a altas temperaturas já que, a radiação eletromagnética emitida, está na região do visível, dentro do espectro eletromagnético.

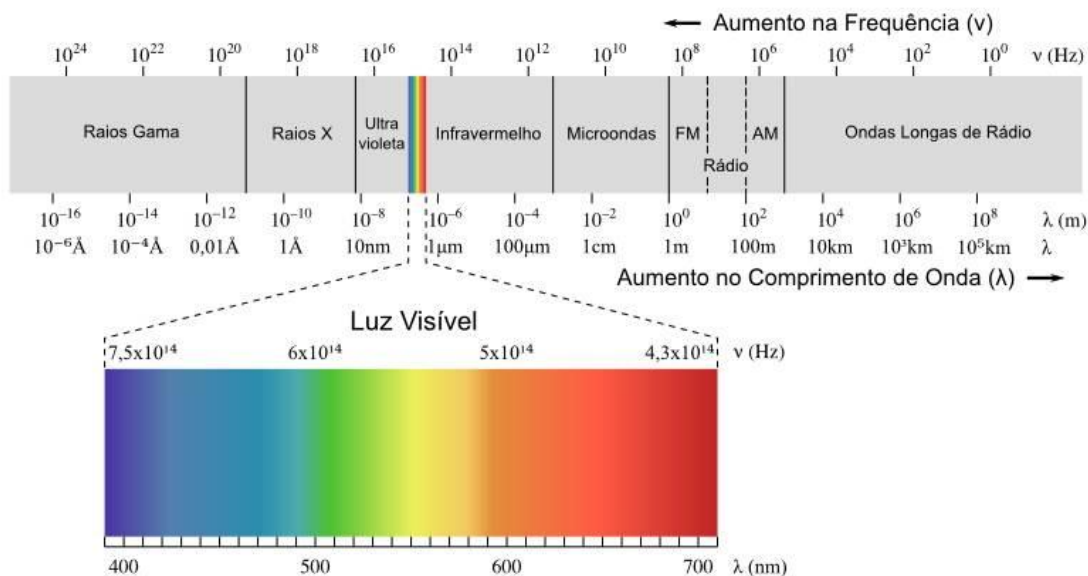


Figura 1 – Espectro eletromagnético com destaque para a faixa visível.

Adaptado de: <http://dan-scientia.blogspot.com/2010/03/relacao-da-frequencia-com-o-comprimento.html>, acessado em set. 2018.

Essa radiação provém das vibrações dos muitos elétrons que compõem o corpo;

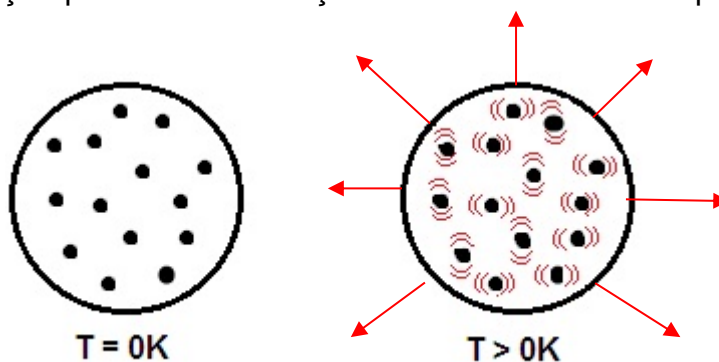


Figura 2 – Todos os corpos com temperatura superior ao zero absoluto emitem radiação eletromagnética.

Então, se todos os corpos emitem radiação eletromagnética porque nós, seres humanos, por exemplo, não brilhamos? Isso se dá pelo motivo de que o corpo humano possui uma temperatura média de 36,5°C e, nesta temperatura, não emitimos radiação eletromagnética suficiente na região visível para

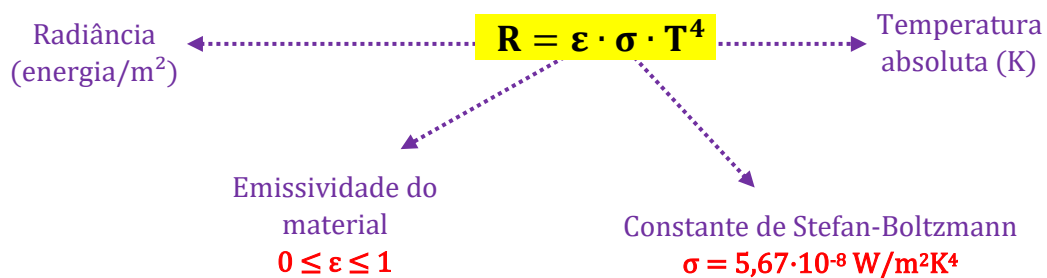
enxergarmos. Entretanto, com o auxílio de óculos que captam radiação infravermelha, somos capazes de observar o espectro emitido pelo corpo humano.



Figura 3 – Radiação eletromagnética sendo emitida pelo corpo humano na região do infravermelho.

Adaptado de: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>, acessado set. 2018.

Essa emissão pode ser calculada através da radiância do corpo (R).



Pelo fato de todos os corpos terem a capacidade de emitirem radiações eletromagnéticas, portanto devem possuir uma emissividade maior que zero e menor que um, sendo que, para $\epsilon = 1$, o corpo será um emissor perfeito e denominado de corpo negro.

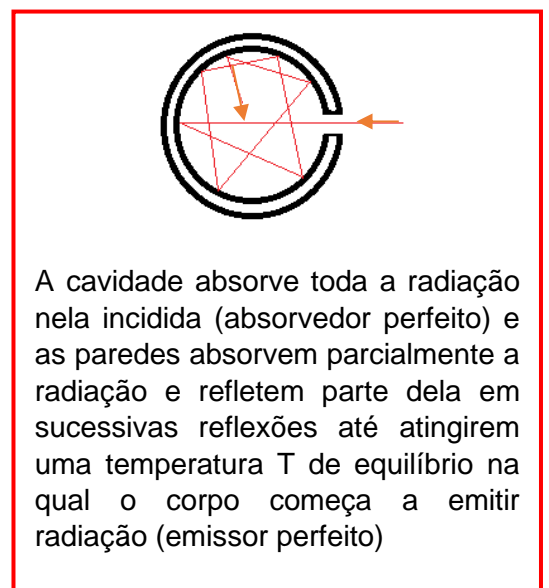
Um corpo negro pode ser definido como sendo um objeto que absorve toda radiação nele incidente, assim como, emite toda a radiação que recebe a uma temperatura constante (Cutnell & Johnson, 2006).

Entretanto, sua radiância pode ser calculada simplificadamente:

$$R = \sigma \cdot T^4$$

Portanto, para o corpo negro a radiância, energia emitida por unidade de área, é diretamente proporcional à temperatura absoluta elevada à quarta potência.

Em 1860, Gustav Kirchhoff, verificou que um corpo possui a mesma capacidade de absorver e emitir energia, ou seja, se um corpo



está recebendo radiação, ele irá absorver com a mesma taxa que irá emitir. Contudo, o material que irradia radiação eletromagnética, também irá absorver radiação com o mesmo comprimento de onda denominando assim, absorvidade.

Ao contrário de um corpo negro, os corpos reais não absorvem toda energia incidente sobre eles.

A uma mesma temperatura, o corpo negro emite o mesmo espectro. Logo para diferentes temperaturas obteremos diferentes comprimentos de ondas.



Gustav Kirchhoff
(1824 – 1887)

Físico alemão que desenvolveu estudos importantes na área da eletrodinâmica e espectroscopia. Foi Kirchhoff que sugere, em 1862, o termo *radiação do corpo negro*.

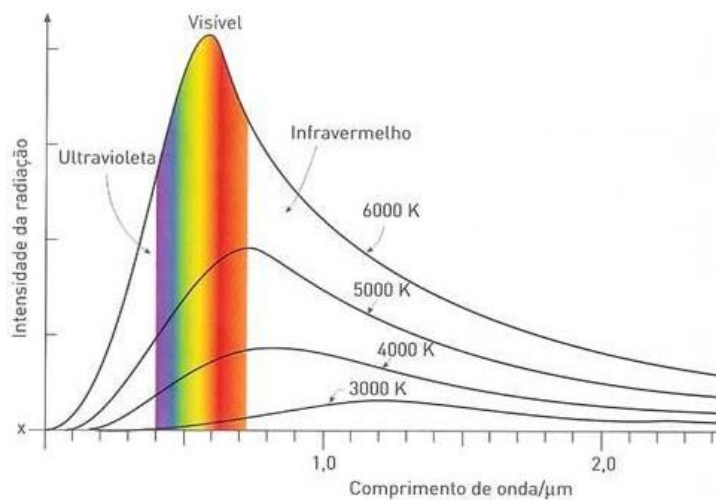


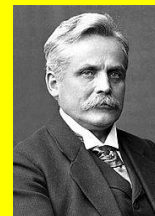
Figura 4 – O gráfico mostra que para diferentes temperaturas há diferentes comprimentos de ondas e conseqüente uma variação da radiação do corpo negro.

Adaptado de: <https://www.estudopratico.com.br/>, acessado set. 2018.

Perceba que, com o aumento da temperatura, a intensidade da radiação eletromagnética emitida também aumenta, porém, o comprimento de onda diminui. Entretanto, a uma dada temperatura, os picos de radiação possuem sempre valores de comprimento de onda muito próximos.

Nenhum cientista conseguia uma teoria que pudesse explicar esse comportamento. Em 1894, Wilhelm Wien, por demonstrações teóricas, afirma que o comprimento de onda (λ) do pico de radiação, é uma função da temperatura absoluta $\lambda(T)$.

$$\lambda(T)_{\max} = \frac{2,898}{T} \text{ (mm} \cdot \text{K)}$$



Wilhelm Wien
(1864 – 1928)

Físico alemão que contribuiu com importantes estudos na área do eletromagnetismo e calor. Foi condecorado com o Prêmio Nobel em 1911.

Aproximadamente,

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ (m} \cdot \text{K)}$$

Wien observou ainda que a curva possuía sempre o mesmo formato independente do material que constituía a cavidade do corpo negro. Com isso, propôs uma equação para a distribuição da radiância, porém era satisfatória somente para altas frequências ou, baixos comprimentos de onda.

$$R(\lambda) = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}}}$$

- c_1 e c_2 são constantes determinadas experimentalmente;
- \uparrow frequências;
- \downarrow comprimentos de onda (λ).

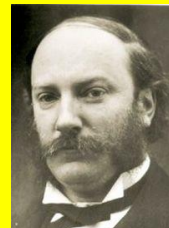
No início do século XX, os cientistas Rayleigh e Jeans, propõem uma nova relação para a distribuição de energia a partir dos conceitos clássicos do eletromagnetismo e da termodinâmica.

$$R(\lambda) = \frac{8\pi}{\lambda^4} KT$$

- \downarrow frequências;
- \uparrow comprimentos de onda (λ).



Constante de Boltzmann
 $K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$



Lord Rayleigh
(1842 – 1919)



James Hopwood Jeans
(1877 – 1946)

John William Strutt, conhecido como o terceiro barão de Rayleigh foi um físico britânico condecorado com o Prêmio Nobel em 1904 devido aos estudos com gases. Desenvolveu estudos na área da espectroscopia, óptica e gases. Junto com James H. Jeans, físico britânico, propuseram uma equação para a distribuição da energia radiante baseando-se nos conceitos clássicos da termodinâmica e do eletromagnetismo de Maxwell.



Em 1900, Planck resolve o problema.

$$R(\lambda) = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc_2}{\lambda T}} - 1}$$

Em sua explicação, Planck considerou que os átomos que compõem a cavidade do corpo negro, são osciladores harmônicos eletromagnéticos, cada um com sua frequência.

Esse raciocínio gerou dois postulados bem intrigantes e abusado para a época.

POSTULADO I

Um oscilador não possui energia (E) qualquer e sim energias específicas e não contínuas, ou seja, energia quantizada, discreta.

$$E = n \cdot h \cdot f$$

- f é a frequência (Hz);
- h é a constante de Planck ($h = 6,64 \cdot 10^{-34}$ J·s);
- n são os níveis energéticos ($n \geq 0$).

POSTULADO II

Os oscilados irradiam **quantas** de energia, quantidade discretas (ΔE) provenientes da variação dos níveis de energia (Δn).

$$\Delta E = \Delta n \cdot h \cdot f$$

Se $\Delta n = 0 \rightarrow \Delta E = 0$, portanto não haverá nem absorção e nem emissão de energia.

Posteriormente, Planck determinou os valores para as constantes c_1 e c_2 possibilitando então, calcular os valores de h e K ;

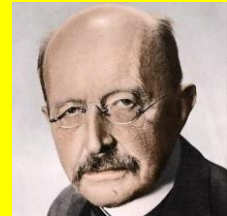
$$c_1 = 2\pi c^2 h \text{ e } c_2 = \frac{c}{K}$$

na qual, os valores são:

- ✓ c é a velocidade da luz ($c=3 \cdot 10^8$ m/s);
- ✓ h é a constante de Planck ($h=6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s)
- ✓ K é a constante de Boltzmann ($K=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

A partir das leis de distribuição da energia radiante, podemos compará-las e verificar como a Lei de Planck é a que mais se aproxima dos dados obtidos experimentalmente.

O gráfico a seguir mostra a comparação entre as três leis de distribuição de energia radiante de um corpo negro.



Max Planck
(1854 – 1947)

Físico alemão, considerado o Pai da Física Quântica e laureado com o Prêmio Nobel de Física em 1918 devido aos seus trabalhos da quantização da energia. Para Planck, sua teoria tratava-se de um “ato de desespero” que mais tarde foi verificada sua veracidade por outros cientistas renomados, tais como Albert Einstein. Planck teve contato com grandes cientistas na Primeira Conferência de Solvay em 1911, em Bruxelas. Esta conferência reuniu os cientistas mais consagrados nas áreas da Física e Química.

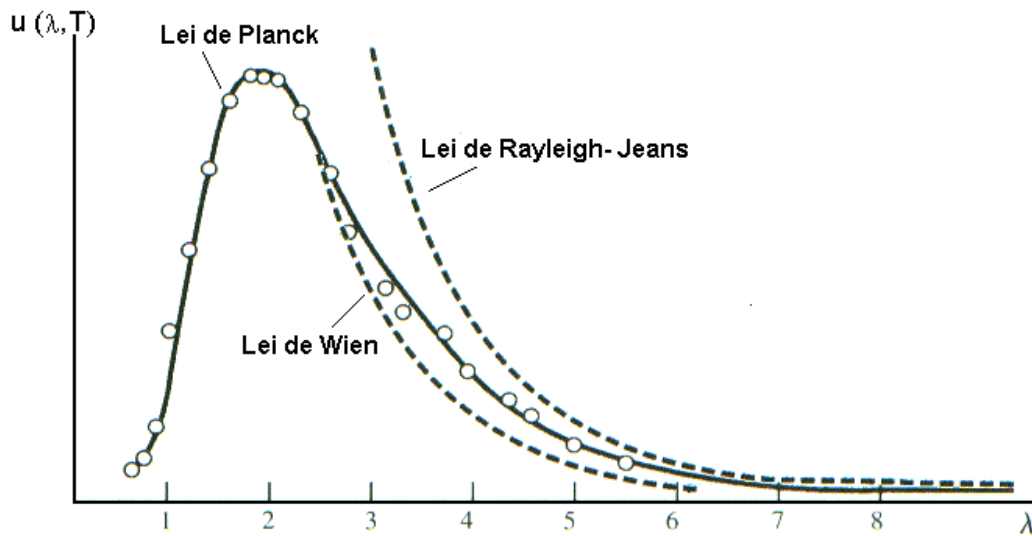


Figura 5 – O gráfico compara a distribuição da energia radiante de um corpo negro entre as Leis de Planck, Wien e Rayleigh-Jeans.

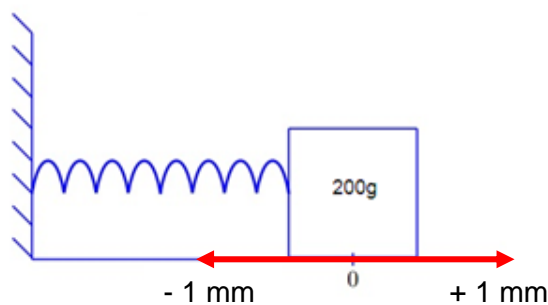
Adaptado de: <http://www.ensinoa distancia.pro.br/EaD/QG/aula-3/aula-3.html>, acessado set. 2018.

É importante percebermos que, macroscopicamente, a quantização não é perceptível já que os valores assumidos por n são muito altos. Exemplo:

Consideramos dois sistemas massa-mola, um com uma massa de 200 g e outro com uma massa igual à massa do elétron e constantes elásticas iguais e de valor 0,8 N/m, oscilam com mesma amplitude de 1 mm. Supondo que as energias sejam quantizadas, determine os valores de n para cada sistema massa-mola.

RESOLUÇÃO

Para o sistema massa-mola para a massa de 200g temos:



Para calcular a frequência do oscilador:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{logo,} \quad f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{0,8}{0,2}}$$

$$\boxed{f \approx 0,32 \text{ Hz}}$$

portanto podemos, a partir da conservação de energia, calcular o valor de n :

$$E_{\text{elástica}} = E_{\text{quantizada}}$$

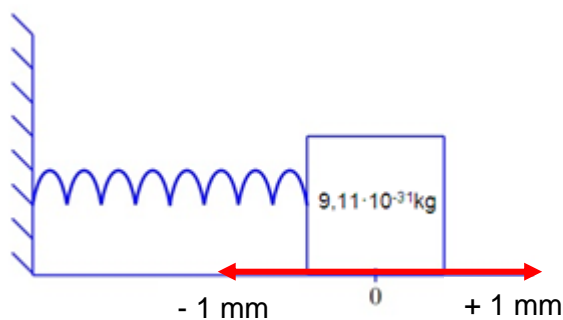
$$\frac{1}{2} kx^2 = nhf$$

$$\frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2 = n \cdot (6,63 \cdot 10^{-34}) \cdot 0,32$$

$$n = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{2,12 \cdot 10^{-34}} \quad \text{logo}$$

$$\boxed{n = 1,88 \cdot 10^{27}}$$

Para o sistema massa-mola de massa igual à do elétron ($9,11 \cdot 10^{-31}$ kg):



portanto podemos, a partir da conservação de energia, calcular o valor de n :

$$E_{\text{elástica}} = E_{\text{quantizada}}$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = nhf$$

$$\frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2 = n(6,63 \cdot 10^{-34})(9,37 \cdot 10^{14})$$

Para calcular a frequência do oscilador:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{logo, } f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{0,8}{9,11 \cdot 10^{-31}}}$$

$$f \approx 9,37 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$n = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{8,53 \cdot 10^{-19}} \quad \text{logo}$$

$$n = 4,69 \cdot 10^{11}$$

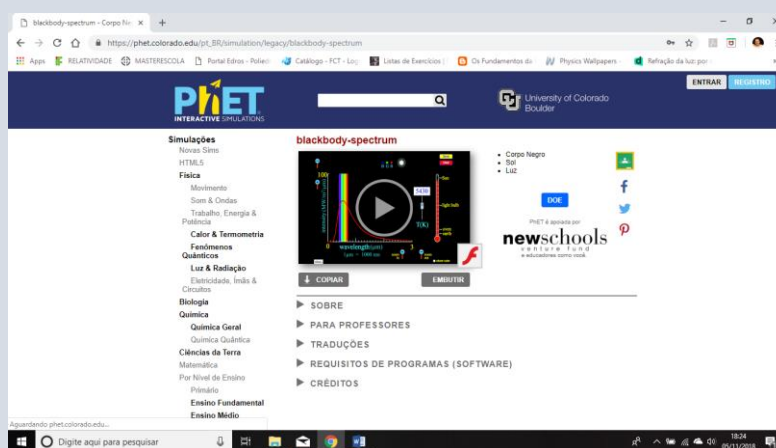
Repare que para ambos os sistemas os valores calculados de n são grandes demais e, portanto, a variação de energia é praticamente contínua, não perceptível.

VAMOS SIMULAR?

Utilizando o simulador do PhET, podemos evidenciar a formação da curva de distribuição da radiação eletromagnética a diferentes temperaturas assim como, determinar o valor do comprimento de onda máximo da distribuição.

Vamos simular?

- 1) Acesse o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/blackbody-spectrum.
- 2) Ao acessar o link acima, abrirá esta página e, ao clicar no play, o próprio site solicitará que seja feito o download da extensão do simulador.



3) Após o download, o simulador estará pronto para ser explorado. Ajuste a temperatura que desejar e obtenha o gráfico da distribuição da radiação eletromagnética.

4) Ao lado direito do simulador, temos um termômetro em que mostra alguns referenciais para as temperaturas, tais como, a temperatura de um forno e até mesmo, a temperatura do Sol.

EFEITO FOTOELÉTRICO

Em 1887, Heinrich Hertz confirma a existência das ondas eletromagnéticas, porém, paradoxalmente, observou que a descarga elétrica entre dois eletrodos era facilitada quando se incide luz UV sobre um deles.

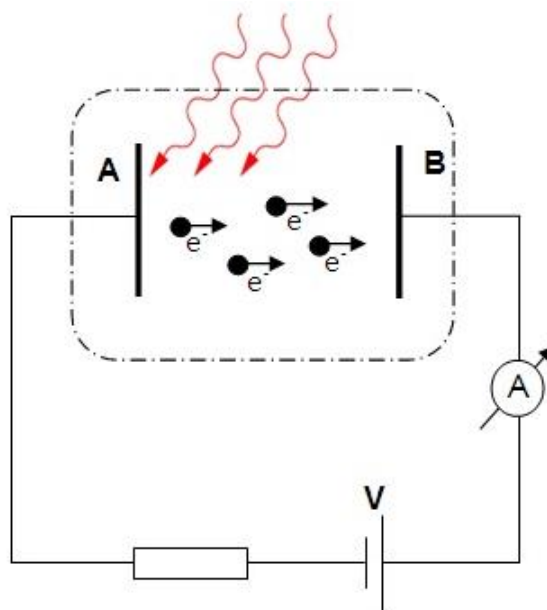


Figura 6 – Diagrama de um aparelho utilizado para estudar o efeito fotoelétrico. O aparelho apresenta voltagem V variável, para estudar o comportamento dos elétrons ejetados entre as placas A e B.

A luz incidente na placa A libera elétrons, cátodo, que são captados pela placa B, ânodo, e gera uma corrente elétrica identificada pelo amperímetro. Isso ocorre porque os elétrons absorvem energia da luz incidente. A luz é uma radiação eletromagnética com frequência na região do visível.

Ao absorver a energia, os elétrons podem superar a atração das cargas positivas, pertencentes aos átomos que compõem o material do cátodo, podendo então ser libertados para a superfície.

Essa atração produz uma barreira de potencial que, mantém os elétrons presos no interior do material. Portanto, para que os elétrons possam se soltar, a energia da radiação eletromagnética incidente tem que ser superior à energia de atração coulombiana elétron-núcleo dos átomos do material, conhecida como **função trabalho (W_0)**. A função trabalho depende do material que a constitui.

A frequência associada à essa energia mínima necessária para que os elétrons possam se soltar do átomo, sem adquirir nenhuma energia cinética é denominado **frequência de corte (f_0)** e conseqüente, depende do material constituinte do cátodo.

Se incidirmos uma luz com energia igual à W_0 , os elétrons conseguem apenas se libertar do átomo, porém, se a energia da luz incidente for maior que W_0 , os elétrons se libertam do átomo e também adquirem uma energia cinética (E_c), podendo, então, chegar até a placa B, caso consigam vencer a diferença de potencial (V_{AB}) entre as placas A e B.

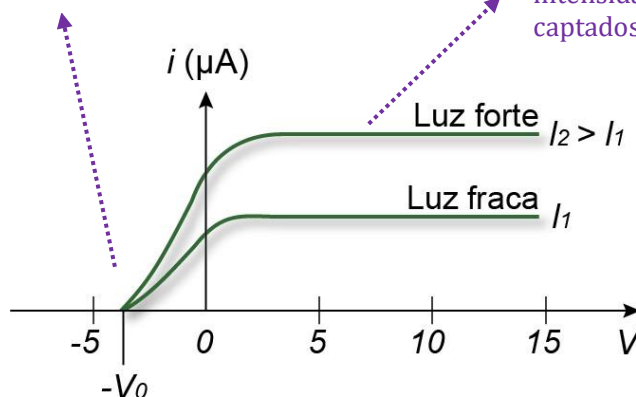
Quando o potencial V_{AB} é negativo, os elétrons estarão sofrendo uma desaceleração e, portanto, não haverá uma corrente elétrica sendo registrada no amperímetro do aparelho. Este potencial negativo ($V_{AB} = -V_0$) é denominado **potencial de corte (V_0)**

Entretanto, se o potencial V_{AB} for suficientemente grande e positivo ($V_{AB} > 0$), as curvas formadas por um gráfico da corrente elétrica versus o potencial V_{AB} ($i \times V_{AB}$), atingem um nível constante mostrando que todos os elétrons emitidos estão sendo coletados pelo ânodo B.

Se a intensidade da luz aumenta, as curvas atingem um nível mais elevado proporcional à intensidade, mostrando que há um número maior de elétrons por unidade de tempo, sendo coletados no ânodo.

V_0 é o potencial de corte e, $V_0 < 0$, significa que os elétrons não estão chegando até o ânodo B e, portanto, não fecham o circuito elétrico.

Elétrons que chegam até o ânodo B fechando o circuito. Quanto maior a intensidade, maior a quantidade de elétrons captados em B.



$$E_c^{\text{máx}} = e \cdot V_0 = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2$$

Figura 7 – Gráfico da corrente elétrica i versus o potencial V_{AB} .

Adaptado de <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/1OrigensMecanicaQuantica/>, acessado set. 2018.

Pela Física Clássica não deveria existir uma frequência de corte (f_0), pois os elétrons levariam um longo intervalo de tempo para conseguir atingir a energia necessária para a transição, caso o feixe de luz incidente fosse fraco. Contudo os experimentos mostraram que ocorre emissão instantânea após a incidência de luz na superfície do ânodo com o qual, a $f_{\text{luz}} \geq f_0$.

O gráfico abaixo mostra a relação entre a energia cinética adquirida pelo elétron com a frequência da radiação eletromagnética incidente.

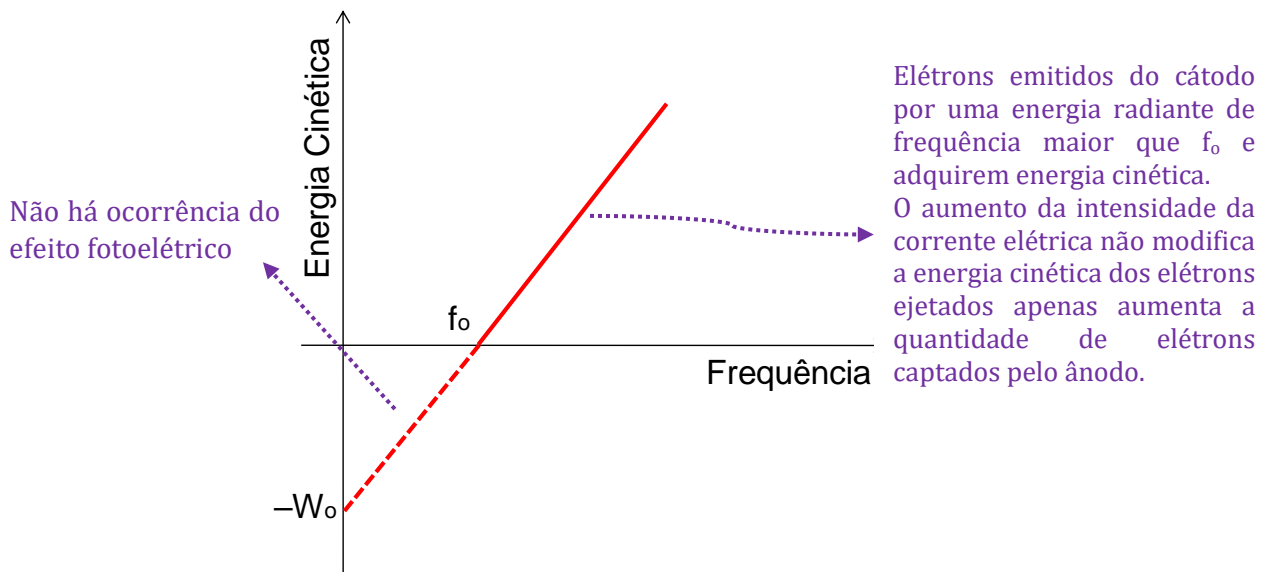


Figura 8 – Gráfico da E_c versus f da radiação eletromagnética incidente sobre o cátodo. Para frequências abaixo da frequência de corte f_0 não há ocorrência do efeito fotoelétrico.

O que se era esperado a partir do eletromagnetismo de Maxwell e a luz como uma onda eletromagnética, entrava em contradição com o obtido experimentalmente.

De uma forma prática, a tabela abaixo traz as previsões teóricas e os resultados obtidos experimentalmente conforme descrito em YOUNG & FREEDMAN (2016, 14e).

	PREVISÕES: MODELO ONDULATÓRIO (MAXWELL)	RESULTADOS EXPERIMENTAIS (1877 A 1905)
1	A intensidade da onda eletromagnética independe da frequência da luz , porém depende de sua amplitude. Logo o efeito fotoelétrico irá ocorrer para qualquer luz de qualquer frequência .	Verificou-se que para algumas frequências não ocorreria o efeito fotoelétrico, portanto, o mesmo depende da frequência e só haverá efeito fotoelétrico se a frequência da luz incidente for maior que a frequência de corte .
2	Para ocorrer o efeito fotoelétrico, o elétron precisa vencer uma força de atração com o núcleo; a energia referente a essa atração é denominada função trabalho. Logo, para uma luz “fraca”, haveria uma demora para ocorrer o efeito, pois têm que atingir a energia referente à função trabalho .	Ao incidir luz de frequência maior ou igual à frequência de corte, o efeito fotoelétrico ocorre instantaneamente já que, dentro destas condições de frequência, a energia equivalente será maior ou igual a função trabalho.

3	<p>Como a energia incidida sobre a superfície do cátodo depende da intensidade da iluminação, logo se espera que o potencial de corte aumente com o aumento da intensidade da luz e não da frequência, ou seja, que o potencial de corte independa da frequência.</p>	<p>Percebeu-se que o potencial de corte depende da frequência da luz incidida já que, quanto maior a frequência da luz, maior será a energia cinética dos elétrons liberados do metal. Perceba que intensidade de corrente refere-se a quantidade de elétrons ejetados por segundo, ou seja, se aumentarmos a intensidade estamos consequente aumentando a quantidade de elétrons ejetados do metal.</p>
---	---	--

TABELA 1: Comparação entre as previsões conforme o eletromagnetismo clássico de Maxwell e a realidade obtida nos experimentos do efeito fotoelétrico.

Em 1905, Albert Einstein recorre às ideias que Planck, utilizada na explicação da distribuição da radiação de corpo negro, para explicar o efeito fotoelétrico.

Einstein considerou a luz como sendo composta por pequenos pacotes de energia chamados de fótons ou quanta com energias proporcionais a hf .

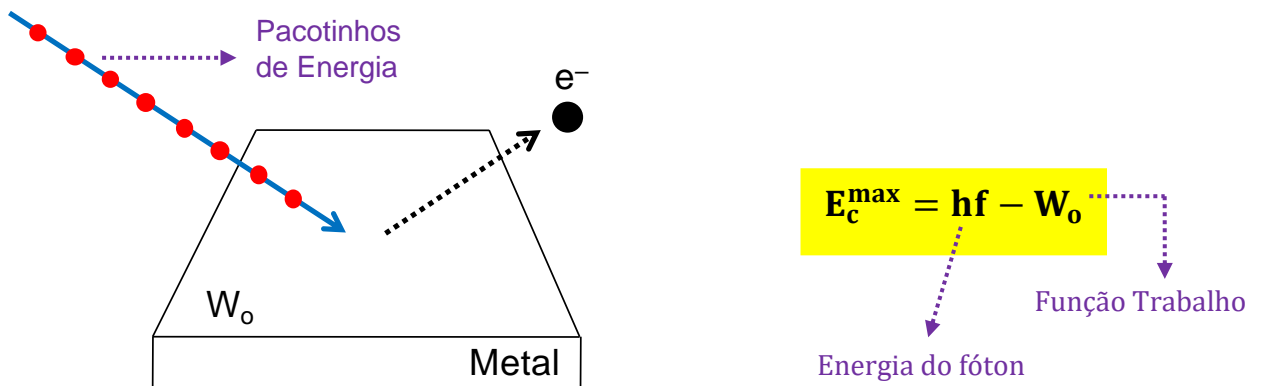


Figura 9 – Esquema simplificado da retirada de um elétron mediante a incidência de luz de sobre um metal de função trabalho W_0 .

Como $E_c^{\max} = eV_0$ podemos calcular o potencial de corte $V_0 \rightarrow eV_0 = hf - W_0$ logo,

$$V_0 = \frac{hf}{e} - \frac{W_0}{e}$$

Carga Elementar
 $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Para calcular a frequência de corte (f_0) $\rightarrow E_c = 0$

$$f_0 = \frac{W_0}{h}$$

Isso ocorre porque o e^- apenas se desprende do átomo e não completa o circuito

Para calcular a energia cinética mínima $\rightarrow E_c^{\min} = W_0$

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. O potássio possui função trabalho de 2,24 eV, determine a:
a) frequência de corte;

Para determinar a frequência de corte, temos que a $E_c = 0$, logo,

$$f_o = \frac{W_o}{h} \rightarrow f_o = \frac{2,24}{4,14 \cdot 10^{-15}} \text{ logo } f_o = 5,41 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

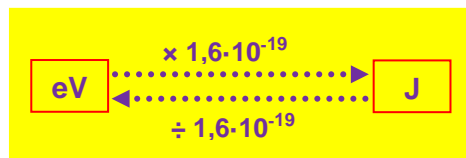
b) energia cinética máxima dos elétrons emitidos quando se ilumina uma amostra e potássio com luz de frequência $6 \cdot 10^{14}$ Hz.

Dados: $h = 6,64 \cdot 10^{-34}$ J·s = $4,14 \cdot 10^{-15}$ eV·s.

$$E_c^{\text{max}} = hf - W_o$$

$$E_c = (4,14 \cdot 10^{-15} \times 6 \cdot 10^{14}) - 2,24$$

$$E_c = 0,24 \text{ eV} = 3,84 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$



2. A frequência de corte do lítio metálico é $6 \cdot 10^{14}$ Hz. Uma amostra de lítio metálico é iluminada por uma fonte de luz vermelha de comprimento de onda $6,2 \cdot 10^{-7}$ m. Essa fonte conseguirá extrair elétrons da amostra? Explique e mostre os cálculos.

Para que ocorra o efeito fotoelétrico, a frequência da luz vermelha (f_v) deverá ser maior ou igual a frequência de corte do metal. Portanto precisamos calcular a frequência da luz e compará-la com a frequência de corte.

$$c = \lambda \cdot f \rightarrow f_v = \frac{3 \cdot 10^8}{6,2 \cdot 10^{-7}} \therefore f_v = 4,84 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Repare que $4,84 \cdot 10^{14} \text{ Hz} < 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ logo, não ocorrerá o efeito fotoelétrico!!!

APLICAÇÕES

TIPOS DE SENSORES

Presentes em sensores de estacionamento, portas automáticas, sistemas de segurança e smartphones, entre outros equipamentos, os sensores de proximidade são dispositivos que identificam a presença e a distância de um objeto nos arredores sem a necessidade de contato direto e acionam um circuito elétrico que ativa um mecanismo – um alarme sonoro, o movimento de uma porta ou o display de um celular, por exemplo.

Sensor portátil detecta problemas em casa e envia alerta para celular do dono.



Sensores de proximidade, como os presentes em smartphones, detectam a presença de objetos sem contato direto (Foto: Reprodução/The Code Artist).

O modo de funcionamento de um sensor desse tipo depende do seu propósito e do material que deve ser detectado, e se separa em quatro tipos principais: infravermelho, acústico, capacitivo e indutivo. Veja como cada uma das tecnologias trabalha.

- Sensor infravermelho

O princípio desse tipo de sensor de proximidade se baseia na detecção de objetos a partir de reflexão de raios de luz infravermelha. Um equipamento com esse sensor emite luz invisível e, quando um objeto entra em seu raio de alcance, o dispositivo mede os fótons – partículas de luz – que foram defletidos pelo material “invasor”, acionando, assim, um circuito elétrico.



Sensor de movimento por infravermelho (Foto: pond5)

O sensor consegue, então, por meio da luz refletida pelo objeto, medir sua distância por meio de cálculo de frequência do sinal recebido. O problema com essa tecnologia é que pode ser facilmente interferida por outras fontes de luz ao redor, diminuindo sua precisão – porém há modelos mais avançados que modulam a luz em uma frequência específica, diminuindo a interferência de luzes de fundo.

Um exemplo de uso desse tipo de sensor é em smartphones, portas automáticas ou sistemas de segurança de lojas, que emitem um alarme sonoro quando um produto passa pelo detector com o lacre de segurança.

- Sensor acústico

Esse tipo de sensor, como o nome indica, funciona por meio de som. Seu princípio de funcionamento é o mesmo do infravermelho, mas, ao invés de fótons, o equipamento emite e percebe diferentes frequências de ondas sonoras no ar.



Sensores de estacionamento em carros usam sensor do tipo acústico (Foto: Reprodução/Parking Dynamics)

Ele emite várias ondas inaudíveis e detecta o eco provocado pela obstrução de um corpo estranho, de maneira similar a um sonar. Se você tem um carro com sensor de estacionamento, já usou um sensor de proximidade desse tipo.

- Sensor capacitivo

Sensores capacitivos têm um modo de funcionamento diferente dos demais, pois utiliza o princípio dos capacitores para detectar a presença de objetos próximos. Uma placa é ligada a um oscilador de radiofrequência que detecta alterações em um capacitor formado pelo objeto externo (segundo polo) e o ar (dielétrico). Quando há variação na distância entre o objeto e a placa, a capacitância do sistema muda, fazendo o oscilador emitir um sinal para o mecanismo.

A grande vantagem desse tipo de sensor é sua versatilidade quanto a variedade de materiais que pode identificar, como papel, madeira, plástico, vidro e até líquidos, pois eles todos interferem na capacidade do sistema de guardar energia elétrica.

- Sensor indutivo

Sensores de proximidade desse tipo usam campos magnéticos para detectarem a presença de objetos. Um circuito elétrico é ligado a uma bobina que sofre influência do campo magnético. A partir do momento em que um objeto entra no campo, a corrente na bobina muda e o circuito é aberto ou fechado, dependendo do propósito do sistema.

Esse tipo de sensor de proximidade tende a ser mais sensível a objetos condutores de energia elétrica, e é mais encontrado em fábricas, em controles de robôs e braços mecânicos no processo de produção.

Por **PAULO ALVES**

Para o TechTudo

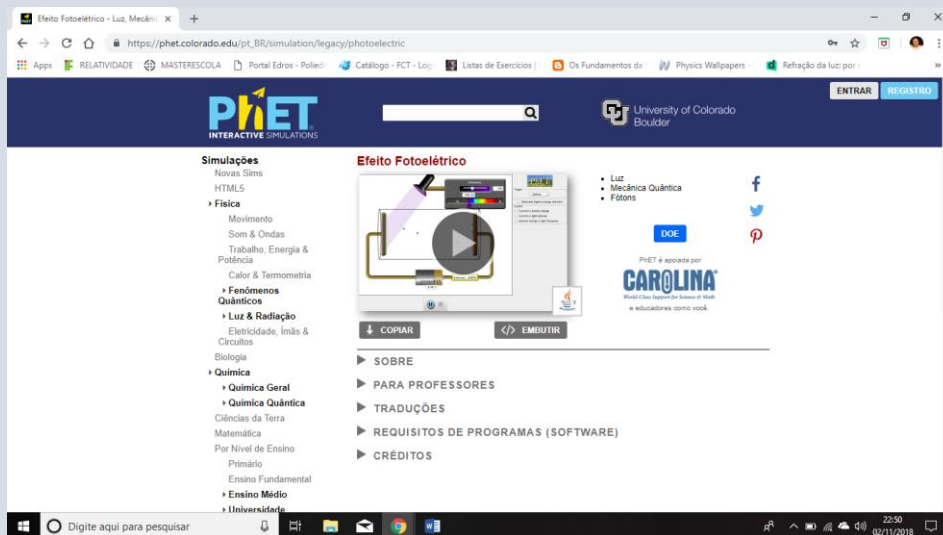
Disponível em <https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2013/12/como-funcionam-os-sensores-de-proximidade.html>,
acessado em oct. 2018.

VAMOS SIMULAR?

Utilizando o simulador do PhET, podemos evidenciar as relações mais importantes dentro do conceito do efeito fotoelétrico, dentre elas, a relação entre a frequência que corte com a frequência da radiação eletromagnética incidente.

Vamos simular?

- 1) Acesse o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric.
- 2) Ao acessar o link acima, abrirá esta página e ao clicar no play, o próprio site solicitará que seja feito o download da extensão do simulador.



- 3) Após o download, o simulador estará pronto para ser explorado. Ajuste a cor referente a frequência da radiação eletromagnética desejada e a intensidade da luz.
- 4) Ao lado esquerdo do simulador, podemos escolher o tipo de gráfico que melhor representa a nossa necessidade do experimento.

3

PRODUÇÃO DE RAIOS X

Em 1895, Wilhelm C. Röntgen realizou experimentos com raios catódicos e evidencia a produção de raios desconhecidos nas quais chamou de raios X.

Röntgen utilizou um aparelho semelhante ao esquema abaixo:

O cátodo é aquecido para que tenha as emissões termiônicas, ou seja, elétrons emitidos através do aquecimento (a energia para o elétron poder se desgrudar do átomo é dado pelo calor).

Elétrons emitidos do cátodo e acelerados pelo potencial V_{AC} .

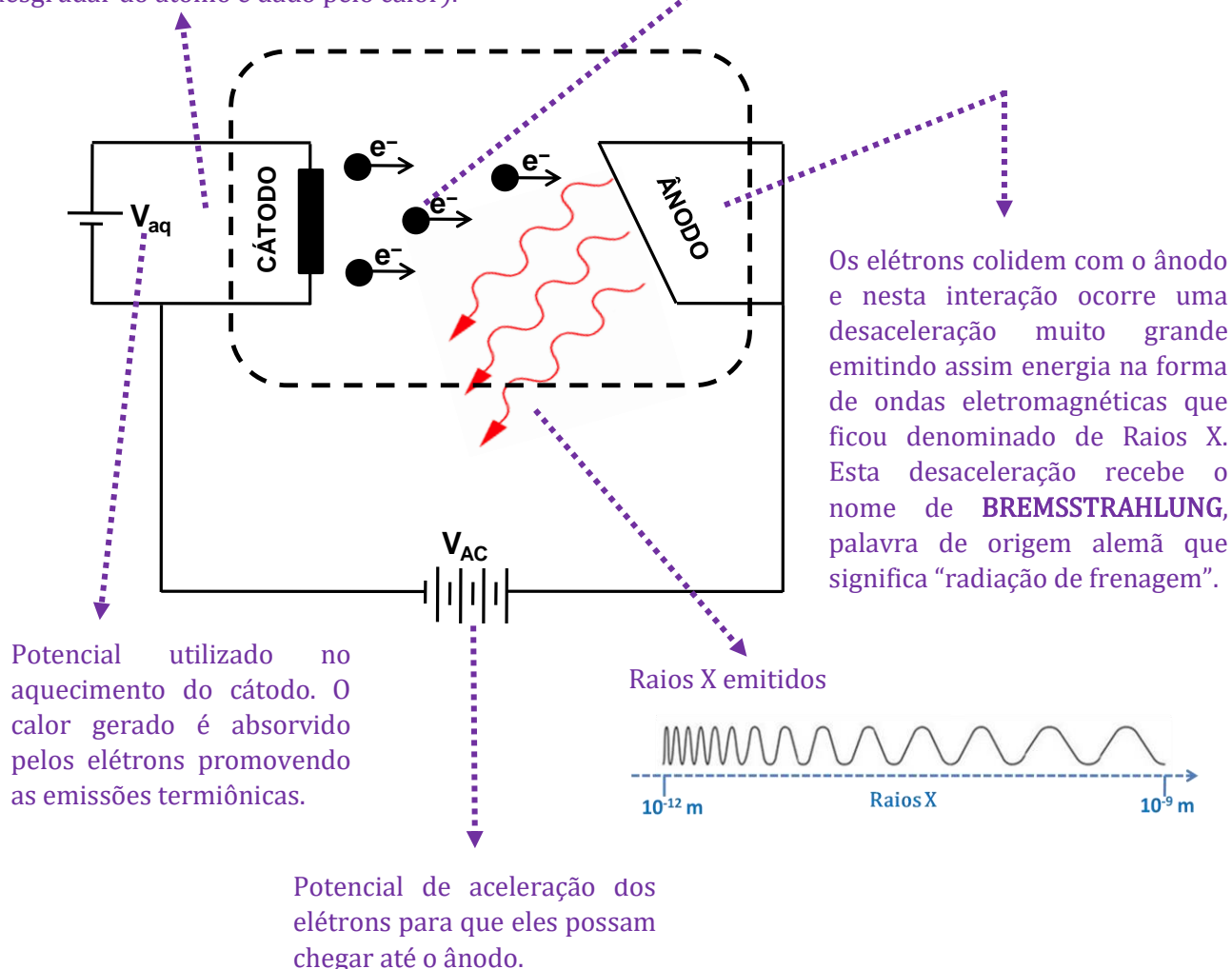


Figura 10 – O esquema mostra simplificadaamente o aparelho utilizado por Röntgen para evidenciar os Raios X.

No esquema do aparelho utilizado nos experimentos, a região tracejada refere-se ao tubo de raios. Neste tudo, a pressão é reduzida criando um vácuo permitindo que os elétrons possam se deslocar do cátodo ao ânodo sem colidir com as partículas que compõem o ar atmosférico.

Os elétrons quando colidem com o alvo, podem retirar elétrons que estão na camada mais interna (camada K) do átomo que compõem o alvo. Com isso, os elétrons mais externos podem se deslocar para esta camada mais interna, nesta transição há emissão de energia na forma de Raios X visto que, as energias nas camadas mais externas são maiores do que a energia da camada mais interna.

Um espectro de raios X tem as seguintes características:

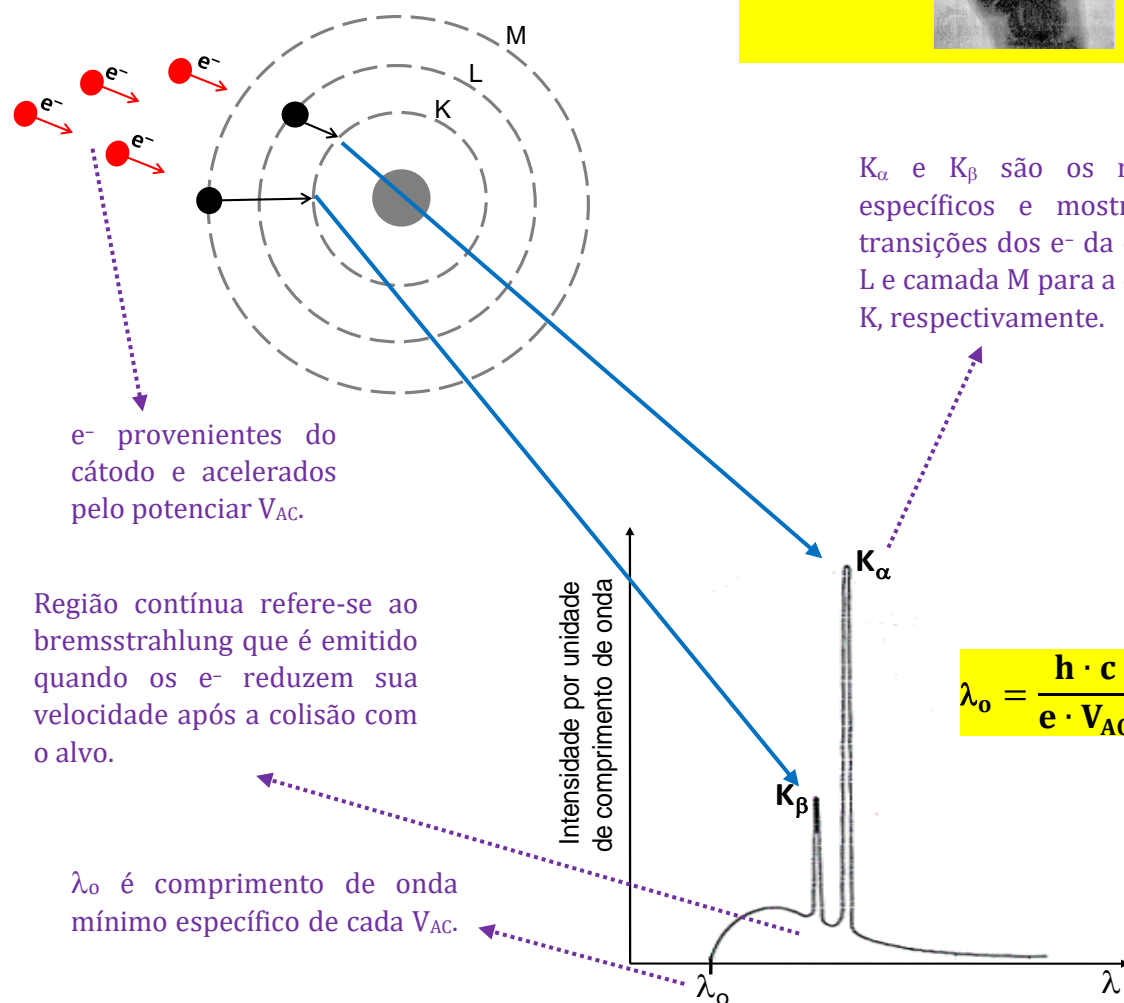


Figura 11 – A formação do espectro de raio X e as transições K_α e K_β .



Wilhelm Conrad Röntgen
(1845 – 1923)

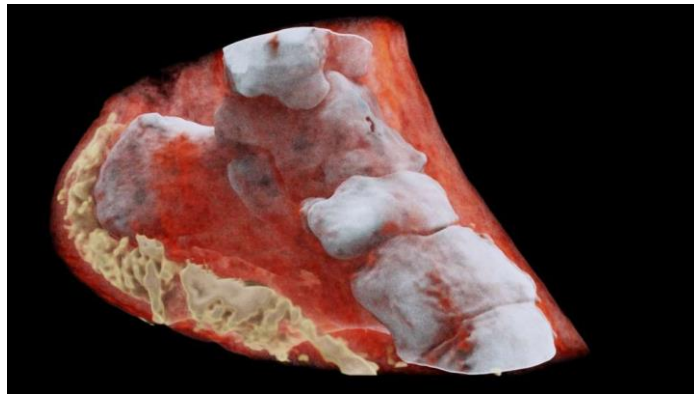
Físico alemão que, experimentalmente, produziu os raios X. Devido aos grandes avanços da descoberta, Röntgen foi condecorado com o prêmio Nobel em 1901. Em 1895, Röntgen tirou a primeira radiografia da mão de sua esposa Bertha. A foto abaixo mostra a mão direita de Bertha assim como sua aliança no dedo.



'Raios-x' coloridos e em 3D prometem revolucionar o diagnóstico médico

Tecnologia desenvolvida é a mesma utilizada pelo Grande Colisor de Hádrons, o maior acelerador de partículas do mundo

14/07/2018 - 11H07/ ATUALIZADO 11H0707 / POR REDAÇÃO GALILEU



MAGEM DETALHADA DO ESCANEAMENTO COM RAIOS-X (FOTO: DIVULGAÇÃO)

E estudar partículas subatômicas nunca antes observadas pelos cientistas não é a única função do Grande Colisor de Hádrons, desenvolvido pela Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN, na sigla em francês). A mesma tecnologia para rastrear partículas será aplicada na Medicina e promete revolucionar os diagnósticos por imagem: batizado de Medipix 3, um scanner criado por pesquisadores do CERN consegue exibir imagens coloridas e em três dimensões de tecidos e estruturas ósseas de nosso organismo— uma evolução e tanto em relação aos atuais aparelhos de raios-x.

Para conseguir obter as imagens detalhadas, o Medipix 3 rastreia as partículas de radiação eletromagnética da parte do corpo que será analisada. Como uma câmera digital, o aparelho diferencia cada partícula e exibe o detalhamento das diferentes "camadas" de nosso organismo.

Um algoritmo que opera junto do aparelho é responsável por interpretar todas as informações recebidas e convertê-las em imagens, que fornecem uma visualização detalhada com a disposição real do tecido, músculo e ossos — incluindo a densidade de gordura, líquidos e a concentração de minerais.



APARELHO CONSEGUE DETALHAR AS DIFERENTES ESTRUTURAS DO CORPO HUMANO (FOTO: DIVULGAÇÃO)

Descobertos em 1895 pelo cientista alemão Wilhelm Röntgen, os raios-x são uma forma de radiação eletromagnética (assim como a luz). Ao utilizar um aparelho para analisar os diferentes espectros da onda eletromagnética, Röntgen notou que, ao fornecer energia aos elétrons presentes na máquina, uma radiação emitida conseguia marcar uma chapa fotográfica e fornece uma imagem. Como não conhecia qual tipo de radiação conseguia realizar aquele fenômeno, o cientista deu o nome de "raios-x" à descoberta.

Posteriormente, pesquisadores analisaram que, ao entrar em contato com o corpo humano, essa carga de radiação eletromagnética era absorvida por materiais de alta densidade (como os ossos), mas atravessava estruturas menos densas (como os músculos do corpo). Assim, foi possível aplicar a técnica descoberta por Röntgen para analisar o interior do organismo sem a necessidade de incisões cirúrgicas.

Amplamente utilizada em todo o mundo, a técnica de obtenção de imagens a partir dos raios-x não consegue analisar com detalhes as estruturas internas do corpo humano. Com o aparelho desenvolvido no CERN, os pesquisadores acreditam que as informações exibidas conseguirão fornecer diversos dados para os médicos — um paciente que sofre de osteoporose, por exemplo, pode saber qual a exata concentração de cálcio em um determinado osso de seu corpo.

Por enquanto, os cientistas ainda não divulgaram quando o aparelho poderá chegar ao mercado.

Raio-X revela primeira versão bizarra de pintura da rainha Elizabeth I

Tudo por conta de John Dee, conselheiro e alquimista da rainha

18/01/2016 - 19H01/ ATUALIZADO 19H0101 / POR ISABELA MOREIRA



(FOTO: HENRY GILLARD GLINDONI)

Entre os meses de janeiro e julho, uma exposição em homenagem ao matemático, astrônomo e alquimista John Dee estará disponível em Londres, na Inglaterra. Ele é conhecido por, além das qualificações acima, ter sido o principal conselheiro da rainha Elizabeth I.

A exposição, organizada pela Royal College of Physicians, **conta com mais de 40 livros de Dee, bem como uma pintura feita por Henry Gillard Glindoni, que representa o papel do alquimista na corte.** Na imagem, a rainha aparece atenta ao conselheiro enquanto ele faz experimentos em seu caldeirão.

Ao realizar um raio-x da pintura de Glindoni, os pesquisadores do Royal College of Physicians perceberam que, originalmente, a imagem era diferente. No caso, **John Dee estaria cercado por caveiras, detalhe que o pintor decidiu cobrir em um segundo momento.**

A descoberta confirma a possibilidade na qual os pesquisadores estiveram apostando durante todo esse tempo: a de que o conselheiro da rainha tivera um envolvimento maior com a alquimia do que se teria previsto em um primeiro momento. Especula-se que o alquimista tenha tentado entrar em contato com espíritos e tenha, inclusive, tentado descobrir uma pedra filosofal.



AS CAVEIRAS QUE ESTARIAM EM TORNO DO ALQUIMISTA (FOTO: NATIONAL GALLERY, LONDON/WELLCOME LIBRARY)

Disponível em < <https://revistagalileu.globo.com/Cultura/noticia/2016/01/raio-x-revela-primeira-versao-bizarra-de-pintura-da-rainha-elizabeth-i.html>>, acessado em nov. 2018.

ANOTAÇÕES

ESPALHAMENTO COMPTON

Arthur Holly Compton, em 1922, fez alguns experimentos com raios X na qual consistia em disparar um feixe de raios X sobre um alvo sólido com intuito de comparar a energia desses feixes antes e depois da interação com o alvo.

O raio X possui um único comprimento de onda e, após incidir sobre o alvo, notou-se que apresentavam dois feixes com comprimentos de ondas distintos. Como a energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda, Compton conseguiu determinar o desvio que o comprimento de onda sofreu ficando conhecido então como **espalhamento Compton**.

Em 1927, Compton recebe o prêmio Nobel pelos trabalhos feitos com os raios X e a diminuição de energia dos fótons ao interagir com a matéria.

A figura abaixo mostra como o experimento de Compton foi executado e um gráfico, geral, de como o resultado obtido foi apresentado.

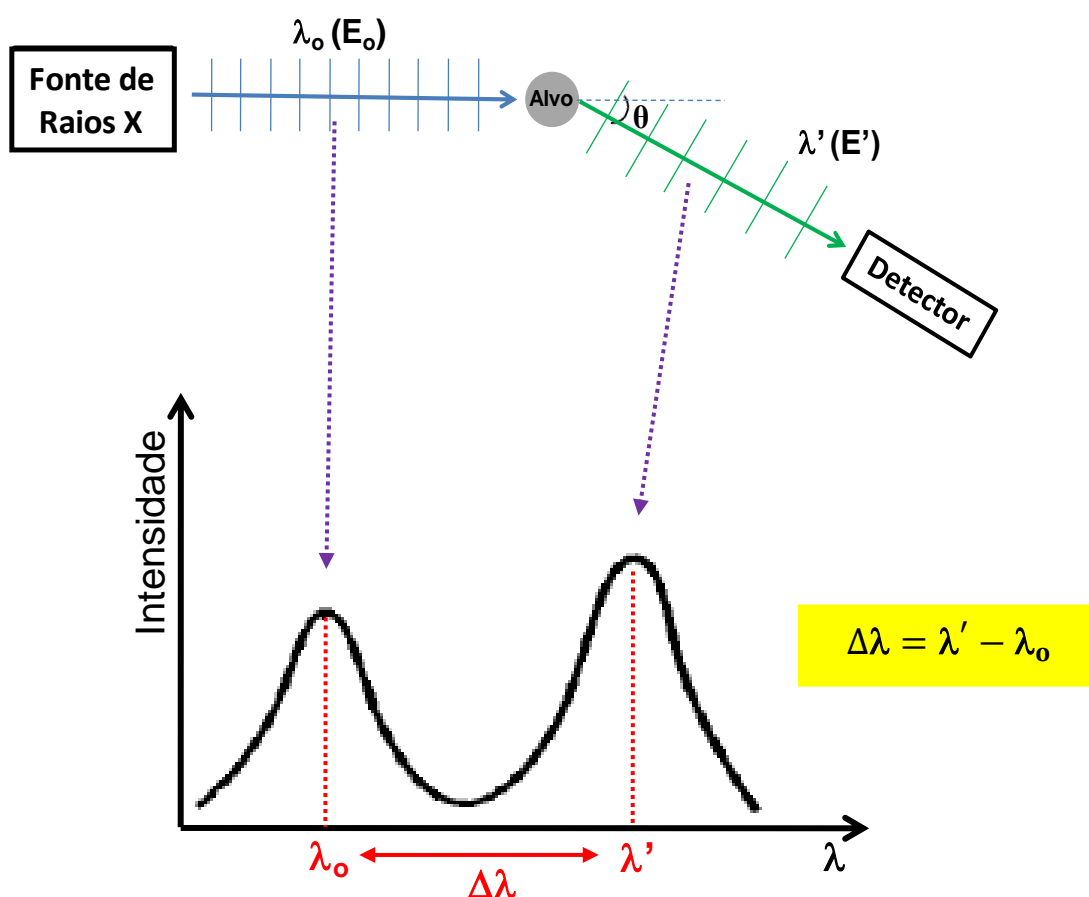


Figura 12 – A formação de dois picos λ_0 e λ' após a interação do raio X com o alvo sólido. Esse desvio ocorre devido à interação da radiação eletromagnética com os elétrons de ligações mais fracas.

O comprimento de onda λ' provém da interação da radiação eletromagnética incidente com os elétrons que apresentam ligações mais fracas ou até mesmo, com os elétrons livres gerando um maior desvio devido a facilidade de deslocamento.

Abaixo, temos alguns resultados experimentais obtidos para diferentes ângulos de espalhamentos.

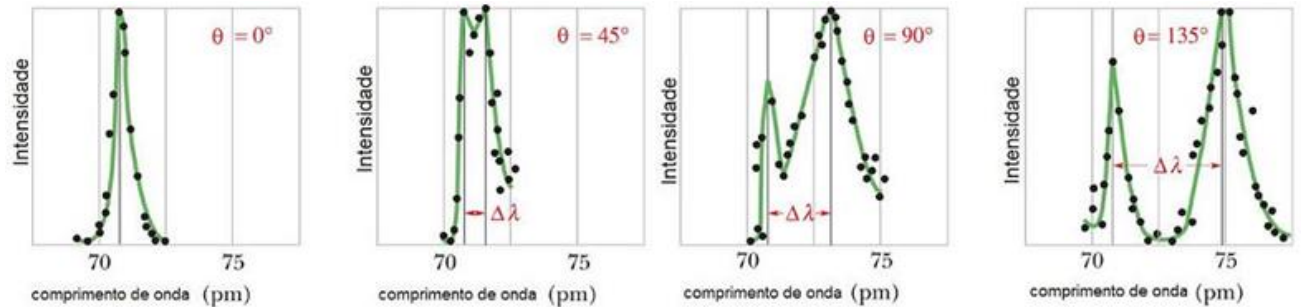


Figura 13 – Quanto maior o ângulo de espalhamento, maior será o desvio Compton $\Delta\lambda$ sofrido pela radiação (Halliday & Resnick; p190, v4, e10, 2016).

Como explicar o ocorrido? Vamos pensar na dualidade onda-partícula!

A partir do momento que, um raio X pode se comportar como partícula durante a interação com a matéria, podemos determinar o momento linear para o fóton que compõem a radiação incidente.

O momento linear de uma partícula pode ser determinado através do produto da massa da partícula (m) pela sua velocidade (v), conforme a relação:

$$p = m \cdot v \quad (1)$$

Como se trata de um fóton, a velocidade do mesmo é igual à velocidade da luz ($v \equiv c$). Entretanto, uma partícula tem sua energia (E) calculada através do produto da sua massa m pelo quadrado da sua velocidade, de acordo com a relação:

$$E = m \cdot c^2 \quad (2)$$

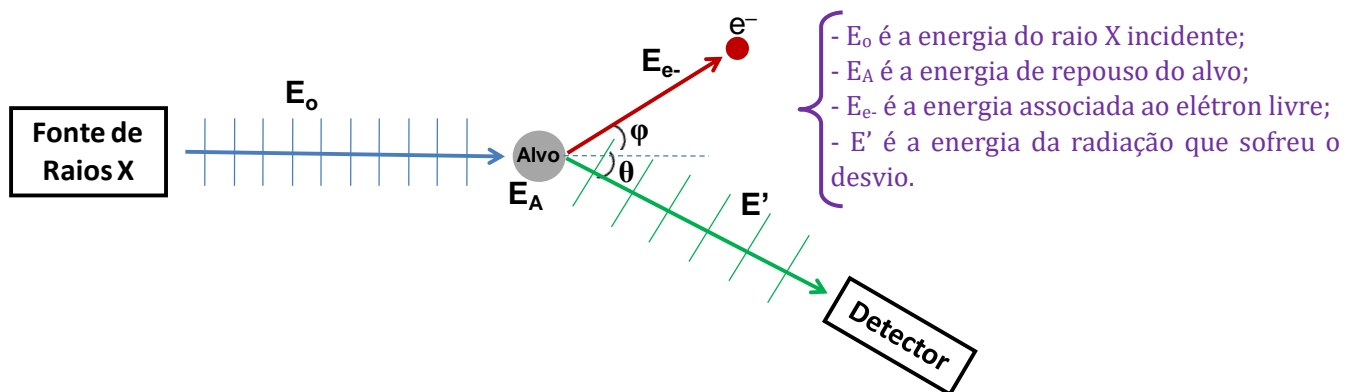
Para determinarmos o comprimento de onda de uma radiação eletromagnética, temos a relação:

$$c = \lambda \cdot f \quad (3)$$

Se relacionarmos as equações 1, 2 e 3 temos:

$$p = \frac{h}{\lambda} \left\{ \begin{array}{l} - p \text{ é o momento linear (kg}\cdot\text{m/s ou N}\cdot\text{s}); \\ - h \text{ é a constante de Planck (} h = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}); \\ - \lambda \text{ é o comprimento de onda da radiação (m).} \end{array} \right.$$

Entretanto, podemos analisar o experimento de Compton utilizando o momento linear e a conservação de energia:



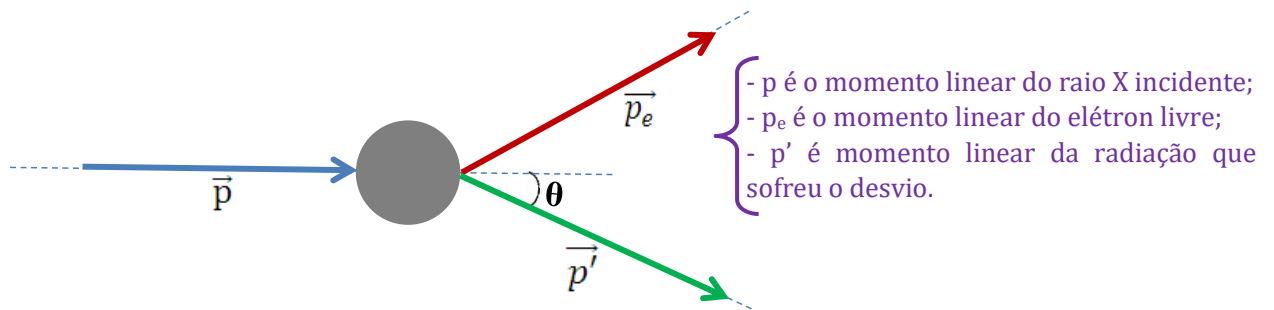
Aplicando a conservação de energia:

$$E_0 + E_A = E' + E_{e-}$$

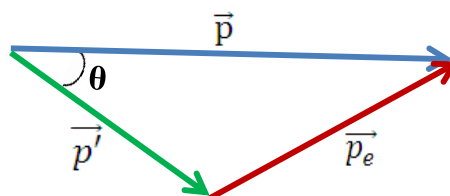
$$pc + mc^2 = p'c + (p_e c + mc^2)$$

$$pc - p'c + mc^2 = p_e c + mc^2 \quad (4)$$

Tratando vetorialmente os momentos lineares:



A partir dos vetores, podemos montar o seguinte triângulo:



Aplicando a leis dos cossenos

$$p_e^2 = p^2 + p'^2 - 2 \cdot p \cdot p' \cdot \cos\theta \quad (5)$$

Se elevarmos os dois lados da equação (4) ao quadrado e substituirmos a equação (5) em (4), temos:

$$(pc - p'c + mc^2)^2 = m^2c^4 + p_e^2c^2$$

$$p^2c^2 + p'^2c^2 + m^2c^4 - 2pp'c^2 + 2pmc^3 - 2p'mc^3 = m^2c^4 + p^2c^2 + p'^2c^2 - 2pp'\cos\theta c^2$$

$$-2pp'c^2 + 2pmc^3 - 2p'mc^3 = -2pp'\cos\theta c^2$$

$$-pp' + pmc - p'mc = -pp'\cos\theta$$

$$pmc - p'mc = pp' - pp'\cos\theta$$

Dividido tudo por (pp'):

$$\frac{pmc}{pp'} - \frac{p'mc}{pp'} = \frac{pp'}{pp'} - \frac{pp'\cos\theta}{pp'}$$

$$\frac{mc}{p'} - \frac{mc}{p} = 1 - \cos\theta$$

Como $p = \frac{h}{\lambda}$, substituindo:

$$mc \frac{\lambda'}{h} - mc \frac{\lambda}{h} = 1 - \cos\theta$$

Portanto:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\theta)$$

Desvio Compton ($\Delta\lambda$)

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$$

Ângulo de espalhamento

O termo $\frac{h}{mc}$ é conhecido como **comprimento de onda de Compton** de valor:

$$\frac{h}{mc} = \frac{6,64 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}}{(9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{m/s})} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{m}$$

ANOTAÇÕES

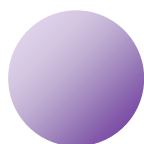
MODELOS ATÔMICOS

Este tópico traz um breve histórico da evolução dos modelos atômicos.

A necessidade de modelos mais completos para explicar alguns fenômenos tais como as linhas escuras observadas no espectro da luz solar, observados por Fraunhofer, em 1814, se fazia necessário, pois, nesta época, o modelo de Dalton não tinha condições sugeridas para explicar tal fenômeno.

Resgatando as teorias dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito, John Dalton publica em 1803, um trabalho sobre o estudo da “*absorção de gases pela água e outros líquidos*” nas quais sugere algumas definições para as características dos átomos.

Dalton sugere que os átomos são:



- ✓ Esferas maciças;
- ✓ Homogêneas;
- ✓ Indivisíveis;
- ✓ Indestrutíveis;
- ✓ Neutros;
- ✓ Apelido: “bola de bilhar”.

Para Dalton, o átomo sendo neutro pelo fato de não existir nenhum tipo de cargas elétricas.

Em 1856, Sir William Crookes, executou alguns experimentos em uma ampola contendo gases a baixa pressão. Essa ampola, continha dois eletrodos que, ao se aplicar certa descarga elétrica no gás, V_{AC} , observava-se um feixe luminoso partindo do cátodo (-) em direção ao ânodo (+) sendo chamado de **raios catódicos**.

Ao se aplicar um campo elétrico externo à ampola, os raios sofriam um desvio no sentido da placa positiva. Ao repetir esse experimento com diversos gases, o resultado obtido era sempre o mesmo, portanto, a composição desses raios só poderia ser algo inerente à matéria, passando a ser chamados, em 1907 por Thomson, de **elétrons (e^-)**.



John Dalton
(1766 – 1844)

Físico e químico inglês desenvolveu vários trabalhos importantes nos estudos dos gases nos quais se definiu a Lei de Dalton: a pressão total de um sistema é o somatório das pressões internas dos gases. Dalton não conseguia ver corretamente as cores, descreveu esse problema e suas sensações. Esse defeito congênito ficou conhecido como daltonismo.

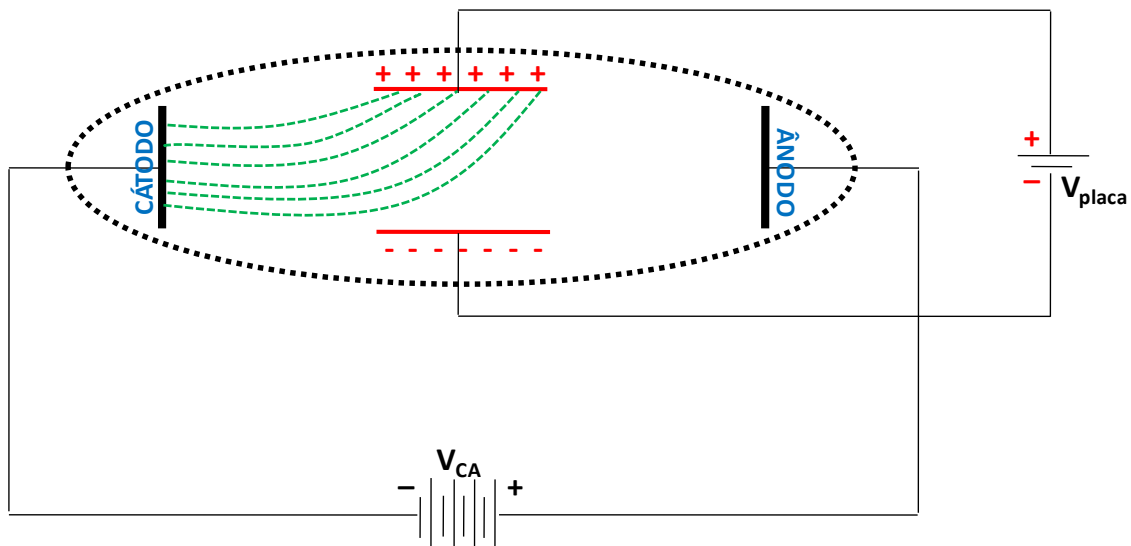


Figura 14 – O feixe luminoso sai do cátodo em direção ao ânodo e é desviado pelo campo elétrico externo. Para ser desviado no sentido da placa positiva, o feixe luminoso tem que ter um caráter elétrico negativo.

Em 1886, Eugen Goldstein, utilizou na ampola de Crookes, um cátodo com orifícios e percebeu um feixe luminoso sendo desviado para a placa negativa de um campo elétrico externo. Esse feixe luminoso foi chamado de **raios canais** ou **raios anódicos**.

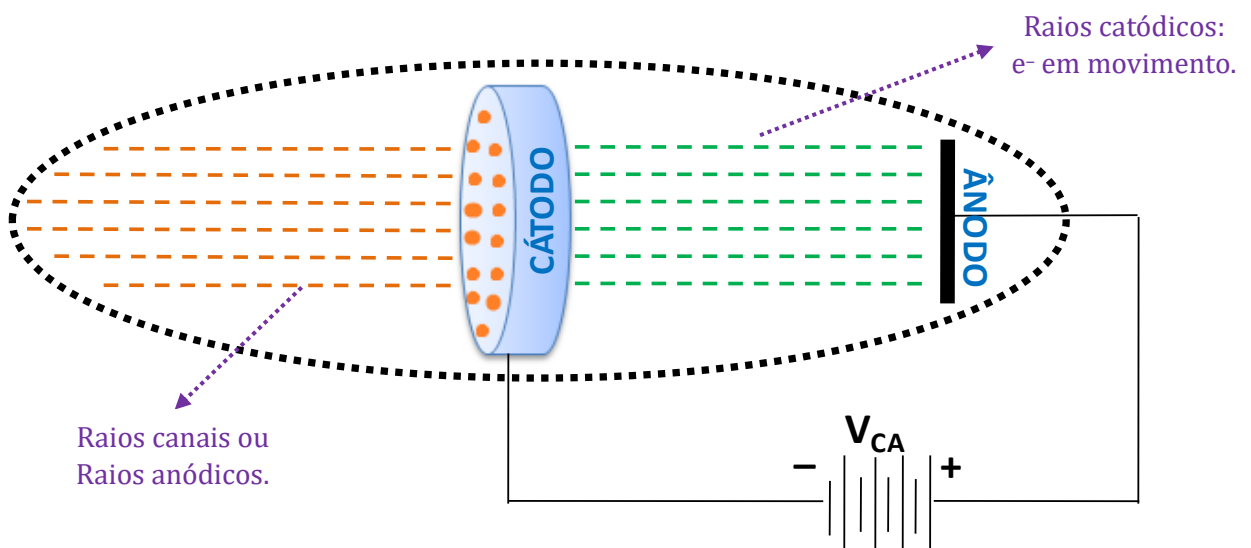


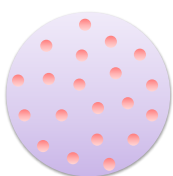
Figura 15 – No tubo de Crookes, o feixe de elétrons (raios catódicos) segue em direção ao ânodo, entretanto, do cátodo um feixe luminoso é desviado para o sentido oposto ao ânodo da ampola em direção a placa negativa de um campo elétrico externo.

Entretanto, para que os raios anódicos pudessem ir em direção a placa elétrica negativa do campo elétrico externo, o raio precisa ter um caráter eletricamente positivo. A parte constituinte dos raios anódicos foi atribuída,

posteriormente, aos **prótons (p^+)** conforme o trabalho publicado por Rutherford em 1919.

Com isso, o modelo atômico sugerido por Dalton já não era mais satisfatório visto que, o próprio modelo sugeria um átomo neutro devido à ausência de qualquer tipo de carga elétrica.

Em 1898, Joseph John Thomson, sugere um modelo atômico em que os átomos são divisíveis, pois possui uma esfera menos densa, e possuem uma natureza elétrica devido às conclusões provenientes aos experimentos realizados com a ampola de Crookes. O modelo atômico de Thomson possui as seguintes características:



- ✓ Esfera positiva;
- ✓ Baixa densidade (penetrável);
- ✓ Elétrons incrustados na esfera numa quantidade que deixa o átomo neutro;
- ✓ Apelido: “pudim de passas”.

Quanto à natureza elétrica do átomo de Thomson, ele sugeriu que os elétrons estavam organizados e distribuídos uniformemente pela esfera, porém as cargas conseguiam se movimentar. Pelo eletromagnetismo, cargas em movimento emitem radiações eletromagnéticas, contudo o átomo deveria emitir essa radiação eletromagnética, mas não era observada tal emissão.

Além do mais, o modelo de átomo proposto por Thomson não era capaz de explicar as propriedades atômicas.

Depois de Thomson, outros modelos para os átomos foram sugeridos nas quais traziam uma reorganização elétrica do átomo.

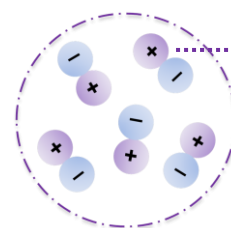
Em 1903, Philipp Lènard propõem um modelo em que o átomo era composto por pares de cargas elétricas positivas e negativas que ficavam dispersas pelo espaço, denominadas **dinamidas**. Desta forma, este modelo contempla a penetrabilidade do átomo já que a dinamidas deixariam espaço entre elas e, também a neutralidade do átomo.

Hantaro Nagaoka, em 1904, propõem um modelo em que os elétrons formam um anel de cargas negativas ao redor de um centro positivo e denso, similar ao planeta Saturno. Este modelo tenta explicar os espectros de linhas, como aquele observado por Fraunhofer em 1814.



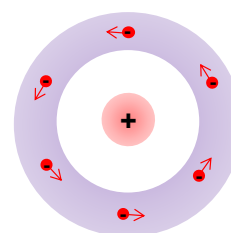
Joseph John Thomson
(1856 – 1940)

Físico britânico e membro da *Royal Society*. Foi Professor Cavendish de Física na Universidade de Cambridge. Sugeriu em 1898 um modelo atômico para o átomo e em 1906 foi condecorado com o Prêmio Nobel pela descoberta do elétron e pela estimativa da massa e carga dessa partícula.



Dinamidas

Modelo atômico proposto por Philipp Lènard em 1903.



Modelo atômico proposto por Hantaro Nagaoka em 1904.

Em 1908, Ernest Rutherford, professor da Universidade de Manchester, Inglaterra, supervisionou um curioso experimento feito pelos seus orientandos Wilhelm Geiger e Ernest Marsden. O experimento consistia em bombardear uma fina folha de ouro com radiação com objetivo de estudar a estrutura atômica do material.

A imagem a seguir ilustra o experimento da folha de ouro, como ficou conhecido.

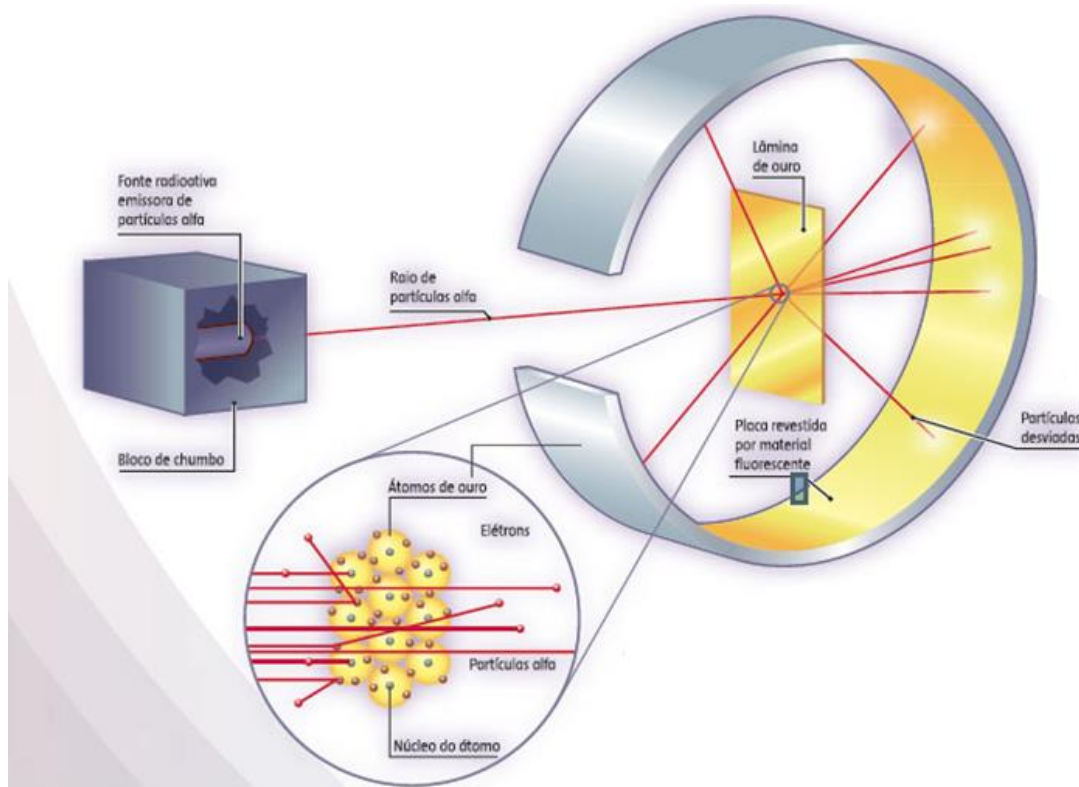
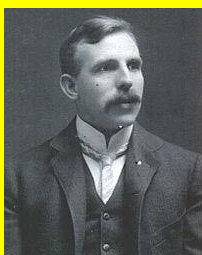


Figura 16 – Ao bombardear radiação alfa (α), radiação de caráter elétrico positivo, esperava-se que toda radiação iria atravessar a folha de ouro, porém houve uma pequena parte da radiação que sofreu algum tipo de desvio.

Adaptado de: <http://redes.moderna.com.br/tag/ernest-rutherford/>, acessado em set. 2018.

A partir do experimento, algumas observações feitas possibilitaram verificar a incompatibilidade do modelo atômico de Thomson, modelo utilizado até o momento. A tabela a seguir registra algumas observações e suas conclusões:



Ernest Rutherford
(1871 – 1937)

Físico de nacionalidade britânica e neozelandês. Foi aluno de J. J. Thomson e desenvolveu estudos na área da Física e Química. Por meio do experimento da folha de ouro propôs um modelo atômico e em 1908 foi laureado com o Prêmio Nobel de Química por suas pesquisas na área da radioatividade e a química dos elementos radioativos. Rutherford sugere em seu livro *Radioatividade* que, a radioatividade não é uma propriedade de todos os elementos e sim de apenas uma classe de elementos químicos.

	OBSERVAÇÕES OBTIDAS NO EXPERIMENTO	O QUE ERA ESPERADO PELO MODELO DE THOMSON	CONCLUSÕES FEITAS POR RUTHERFORD
1	A maioria das partículas α atravessou a folha de ouro (Au) e foram captadas pelo anteparo;	De acordo com o modelo atômico sugerido por Thomson, toda a radiação deveria atravessar integralmente a fina folha de ouro visto que, o átomo possuía uma baixa densidade e, portanto, o átomo era penetrável.	Para que as partículas pudessem atravessar a folha de ouro, deveria existir um grande espaço nos átomos.
2	Algumas partículas sofreram desvios em diferentes direções, também sendo detectadas pelo anteparo;		Rutherford sugere que o átomo dever ser formado por uma região densa e positiva (núcleo) com elétrons girando ao seu redor. Isso justifica os desvios sofridos já que, as partículas α deveriam colidir com os elétrons sofrendo certo desvio assim como, ao passarem próximos ao núcleo, sofriam um desvio devido à repulsão coulombiana com o núcleo já que ambos são eletricamente positivos.
3	Uma pequena quantidade de partículas era rebatida voltando no sentido oposto à emissão da radiação.		Devido ao núcleo ser denso (concentra toda a massa do átomo) e positivo, as partículas que colidiam frontalmente com o núcleo, eram rebatidas.

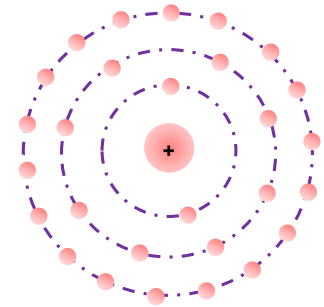
TABELA 2 – A tabela relaciona as observações experimentais com o que se era esperado, de acordo com o modelo adotado e as conclusões obtidas por Rutherford.

Em 1911, Rutherford publica um artigo científico em que descreve o seu átomo. De um modo geral, ele propõe um átomo composto por um núcleo denso e positivo, responsável por toda a massa do átomo, e os elétrons girando a sua volta em órbitas circulares.

Esse modelo ficou conhecido como “sistema planetário” em que o núcleo positivo faz referência ao Sol e os elétrons, os planetas girando em suas órbitas.

Entretanto, esse modelo apresentava um sério problema físico. De acordo com a teoria clássica de Maxwell, cargas em movimento acelerado (devido à atração dos elétrons com o núcleo), emitem energia na forma de radiação eletromagnética. Com isso, os elétrons deveriam perder energia e colidir com o núcleo, gerando assim, um grande colapso; porém não é o que se observa.

Para resolver esse problema, em 1913, o físico dinamarquês Niels H. D. Bohr, propõem quatro postulados para o modelo de Rutherford após estudar o espectro de emissão do átomo de hidrogênio.



Modelo atômico proposto por Rutherford em 1911.

1° POSTULADO

Os elétrons giram em órbitas circulares em torno do núcleo sob ação exclusiva de força coulombiana.

2° POSTULADO

O elétron se move em órbitas nas quais o seu momento angular é dado por:

$$L = n \cdot \hbar$$

em que $\hbar = \frac{h}{2\pi}$.

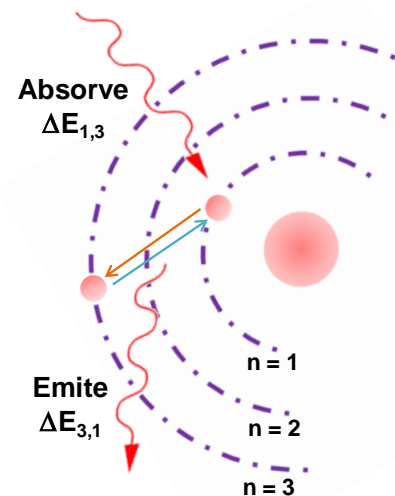
3° POSTULADO

O elétron gira em uma das órbitas que compõem a eletrosfera com movimento acelerado, sem emitir radiação eletromagnética, ou seja, em órbita estacionária.

4° POSTULADO

O elétron somente emite radiação eletromagnética quando muda seu movimento de uma órbita de maior energia E_i para uma de menor energia E_f .

$$\Delta E = h \cdot f \quad \text{logo} \quad f = \frac{E_f - E_i}{h}$$



Para o elétron sair de um nível mais interno para um mais externo ele precisa absorver energia ΔE numa quantidade referente à diferença de energia entre os níveis de origem e de transição. Quando o elétron volta para seu nível de origem, essa energia absorvida ΔE será emitida.

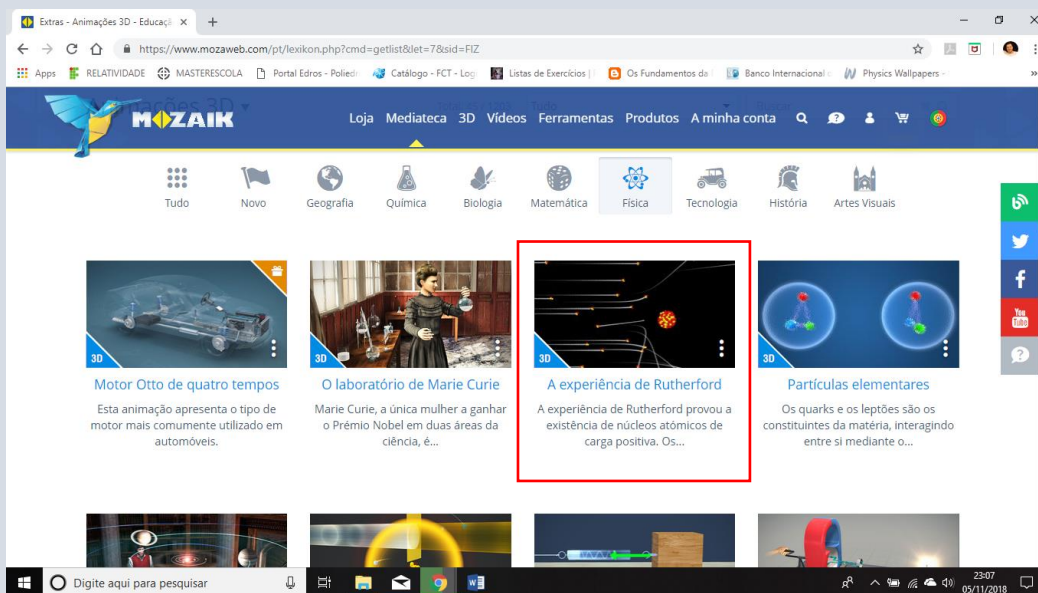
A energia emitida normalmente ocorre na forma de luz. Entretanto podemos entender o porquê, por exemplo, quando acendemos uma lâmpada de vapor de sódio (essas que ficam nos postes pelas ruas das cidades) a luz produzida possui um tom amarelado. Isso se deve a frequência da luz emitida na transição dos elétrons, estarem na coloração amarela no espectro visível.

VAMOS SIMULAR?

Utilizando o simulador do MOSAIK 3D, podemos visualizar como o experimento de Rutherford foi executado. O site traz muitos vídeos e experimentos em 3D sendo uma ótima ferramenta para auxiliar na assimilação dos conceitos, vale muito a pena, tenha certeza que irá se divertir muito!

Vamos simular?

- 1) Acesse o site <https://www.mozaweb.com/pt/index.php>. Ao acessar, você precisará executar um cadastro com login e senha, que é resolvido facilmente acessado através da opção “acessar pelo facebook”.
- 2) Após o cadastro, acesso a opção “animação 3D” e consequente, vá em “física”.
- 3) Escolha a animação “A experiência de Rutherford”. Provavelmente ele solicitará a instalação da extensão “*m3dViewer_1.99.114_setup.exe*” para que a animação possa funcionar.



ANOTAÇÕES

ESPECTROS ATÔMICOS

No estudo dos espectros atômicos, é fundamental e necessário termos sempre em mente que, o espectro da luz branca é um espectro contínuo. Assim como a cor branca, a luz branca também é formada pela soma de sete colorações que caracterizam o fenômeno óptico do arco-íris. Essas cores são: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil, violeta.

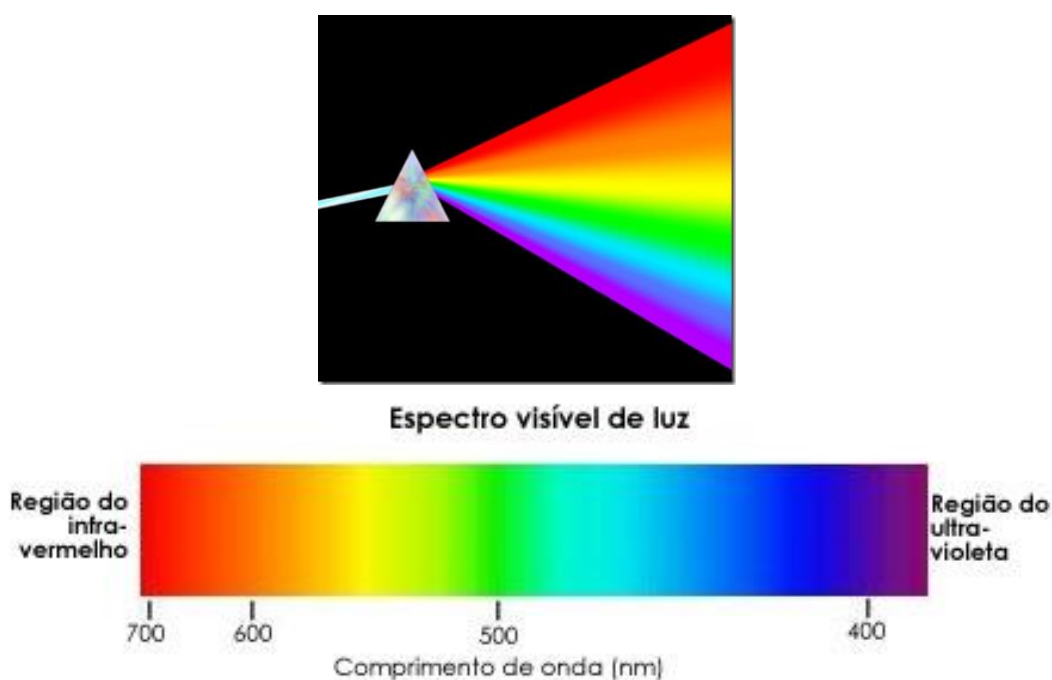


Figura 17 – Espectro da luz branca, descoberto por Isaac Newton em 1672. Newton foi o primeiro cientista a evidenciar que a luz branca era formada pela junção de outras cores e que, ao sofrerem sucessivas refrações, ao passarem por um prisma óptico, estas luzes acabam se separando.

Adaptado de <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica12.php>, acessado em out. 2018.

Porém, desde 1802 já se era observado que, no espectro da luz solar, havia algumas linhas escuras, ou seja, não seguia a extrema continuidade. Essas primeiras observações foram feitas pelo químico inglês William Hyde Wollaston, químico que ficou conhecido por descobrir os elementos químicos paládio (Pd) e ródio (Rh) quando desenvolvia uma técnica para o tratamento do minério de platina.

Posteriormente, em 1814, Joseph Von Fraunhofer conseguiu catalogar as linhas escuras do espectro solar, tanto as linhas fortes quanto as fracas, utilizando um conjunto de prismas ópticos e medidas precisas de ângulos.

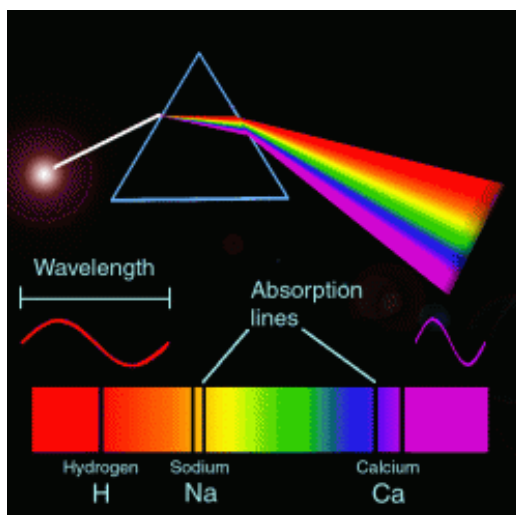


Figura 18 – No espectro solar, algumas linhas escuras foram observadas, porém não se tinha uma explicação plausível para esse fenômeno. As linhas escuras referem-se à absorção da luz.

Adaptado de <https://academichelp.net>, acessado em oct. 2018.

Entretanto, a explicação para esse fenômeno ainda era um certo tabu, pois o que se sabia não era o suficiente para uma explicação plausível sobre a formação dessas linhas escuras no espectro da luz solar.

Hoje, sabemos que isso ocorre devido à absorção de energia de alguns elementos químicos, ou seja, para cada faixa escura do espectro há uma energia equivalente (fóton) que é absorvida por certo elemento químico ao interagir com a luz solar proporcionando um salto quântico, ou seja, um estado excitado do átomo.

A absorção de energia gera um **espectro de absorção**, em que apenas certa energia é absorvida, energia discreta, e emite todas as outras energias. Os átomos podem emitir energia, quando os elétrons excitados retornam ao seu nível energético de origem, essa energia emitida gera um **espectro de emissão**.

ATENÇÃO: como estamos tratando de uma energia radiante, para cada energia há uma frequência (f) e um comprimento de onda (λ) associados; podemos, então, entender o espectro de absorção, por exemplo, como sendo um espectro formado pela absorção de alguns comprimentos de onda específicos, a qual irá caracterizar os elementos químicos, e emitindo todos os outros.

A figura abaixo mostra exemplos de transições que ocorrem para a formação de um espectro de absorção e de emissão. O elétron ao absorver energia torna-se excitado e faz uma transição do seu nível de origem para um nível



Joseph Von Fraunhofer
(1787 – 1826)

Foi um óptico alemão que desenvolveu técnicas de fabricações de vidros ópticos de extrema qualidade. Conseguiu técnicas apuradas para determinar as linhas escuras dos espectros da luz solar assim como a identificação de aproximadamente 570 linhas escuras que ficaram conhecidas como linhas de Fraunhofer.

específico de acordo com a quantidade de energia absorvida. Ao voltar para seu nível de origem, emite a energia na forma de radiação eletromagnética, ou seja, na forma de luz.

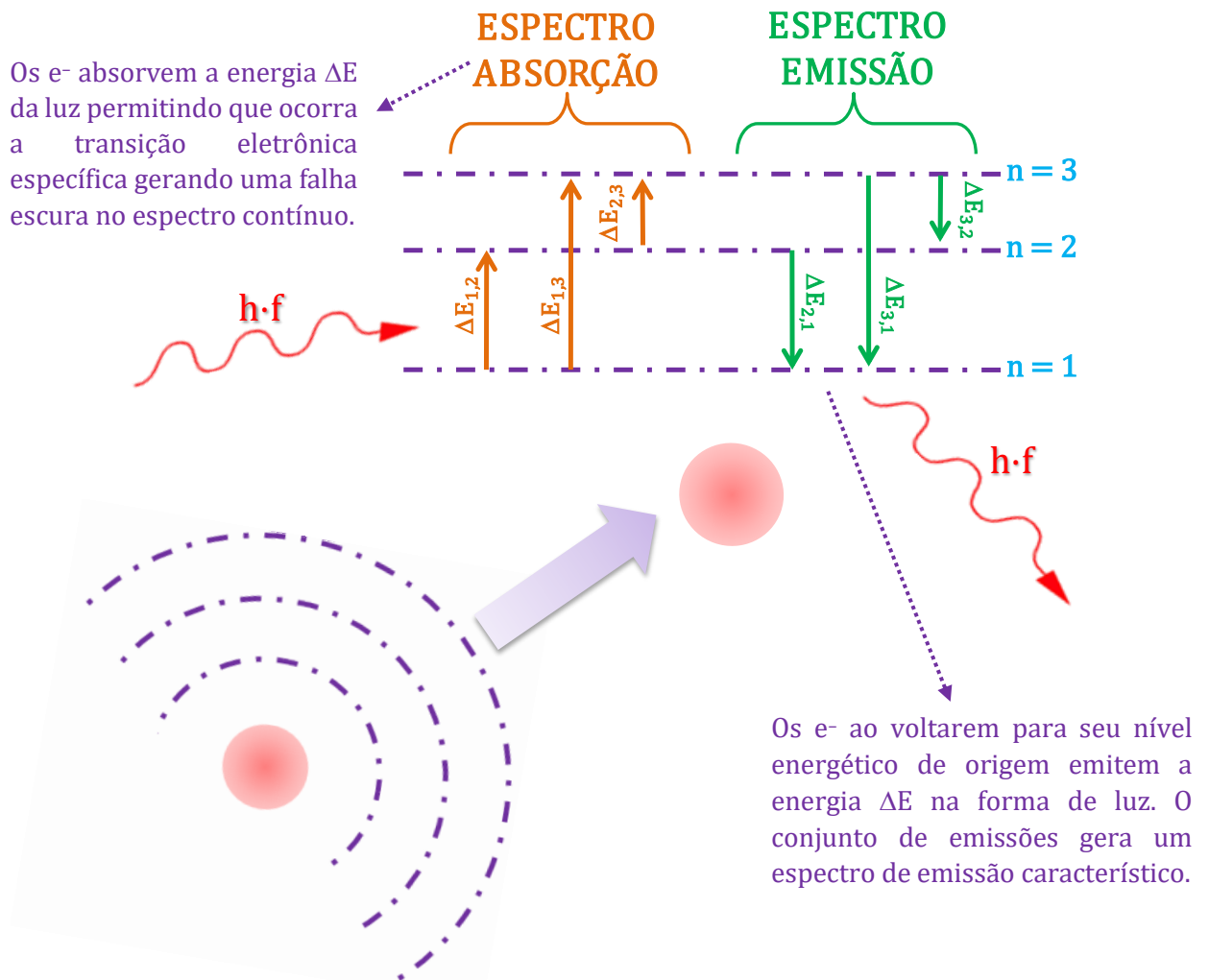


Figura 19 – Na figura, está a representação de possíveis transições eletrônicas que podem gerar um espectro de absorção ou um espectro de emissão. Cada transição só ocorre se a quantidade de energia for discreta como descrito por Bohr em um de seus postulados.

A formação dos espectros de absorção e emissão pode ocorrer simultaneamente. Vamos supor que um gás frio seja iluminado por uma luz branca para criar um espectro de absorção, porém, os elétrons que irão sofrer a transição eletrônica também acabarão emitindo luz, gerando assim, um espectro de emissão (YOUNG & FREEDMAN, 2016, 14e).

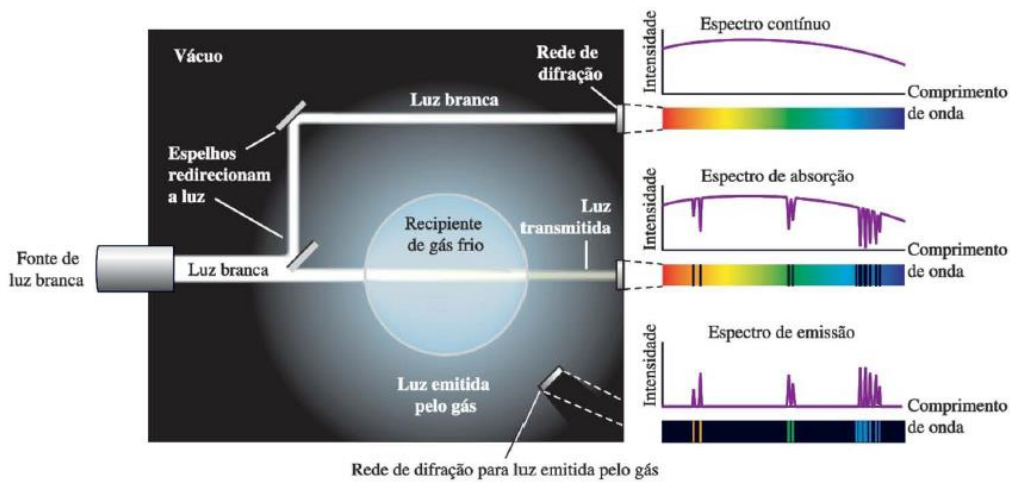


Figura 20 – Uma luz branca com espectro contínuo ao passar por um gás frio, a transmitida terá um espectro de absorção e a energia absorvida da luz, excita os elétrons emitindo luz própria, que gera um espectro de emissão (YOUNG & FREEDMAN; p245, v4, e14, 2016).

As raias espectrais podem ser calculadas através da relação:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

- n_i é o nível energético inicial.
- n_f é o nível energético final.
- $R_H = 1,09 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

em que R_H é a constante de Rydberg e tem valor $1,09 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

Cada série de raias espectrais recebe nomes especiais de acordo com o nível de chegada ou partida da transição.

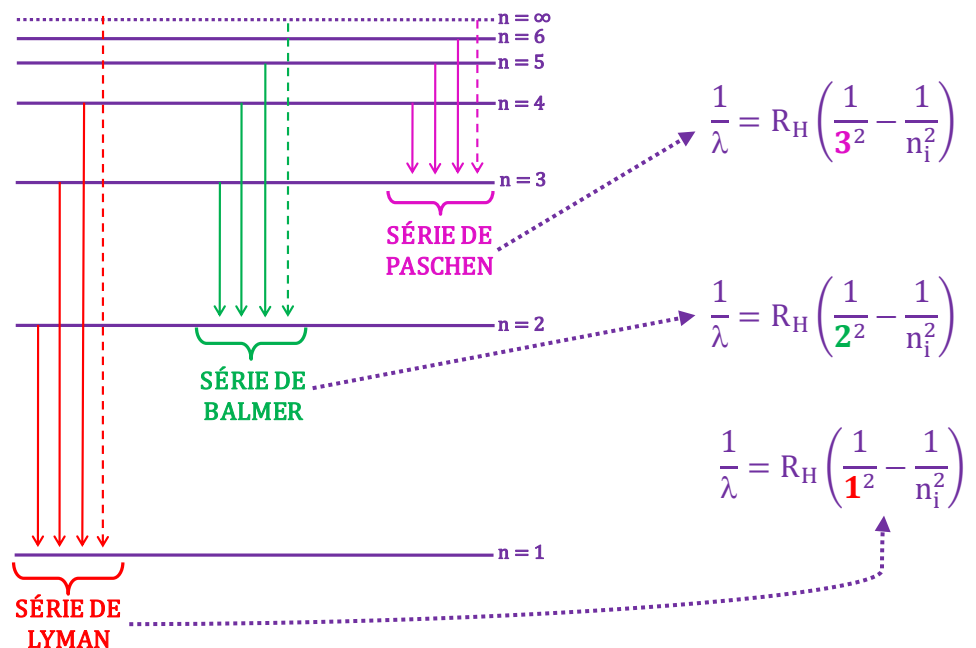


Figura 21 – Diagrama das raias espectrais. Série de Lyman ($\infty \rightarrow 1$); série de Balmer ($\infty \rightarrow 2$); série de Paschen ($\infty \rightarrow 3$). As transições tracejadas referem-se as transições limites de cada série.

Para calcular a energia dos níveis permitidos, usamos a relação matemática em que ϵ_0 é a permissividade elétrica e e é a carga elementar.

$$E = -\frac{Z^2}{2n^2} \cdot \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0} \left\{ \begin{array}{l} - e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C.} \\ - \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-1} \text{ (ou F}\cdot\text{m}^{-1}\text{)} \\ - a_0 = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m (Raio de Bohr)} \end{array} \right.$$

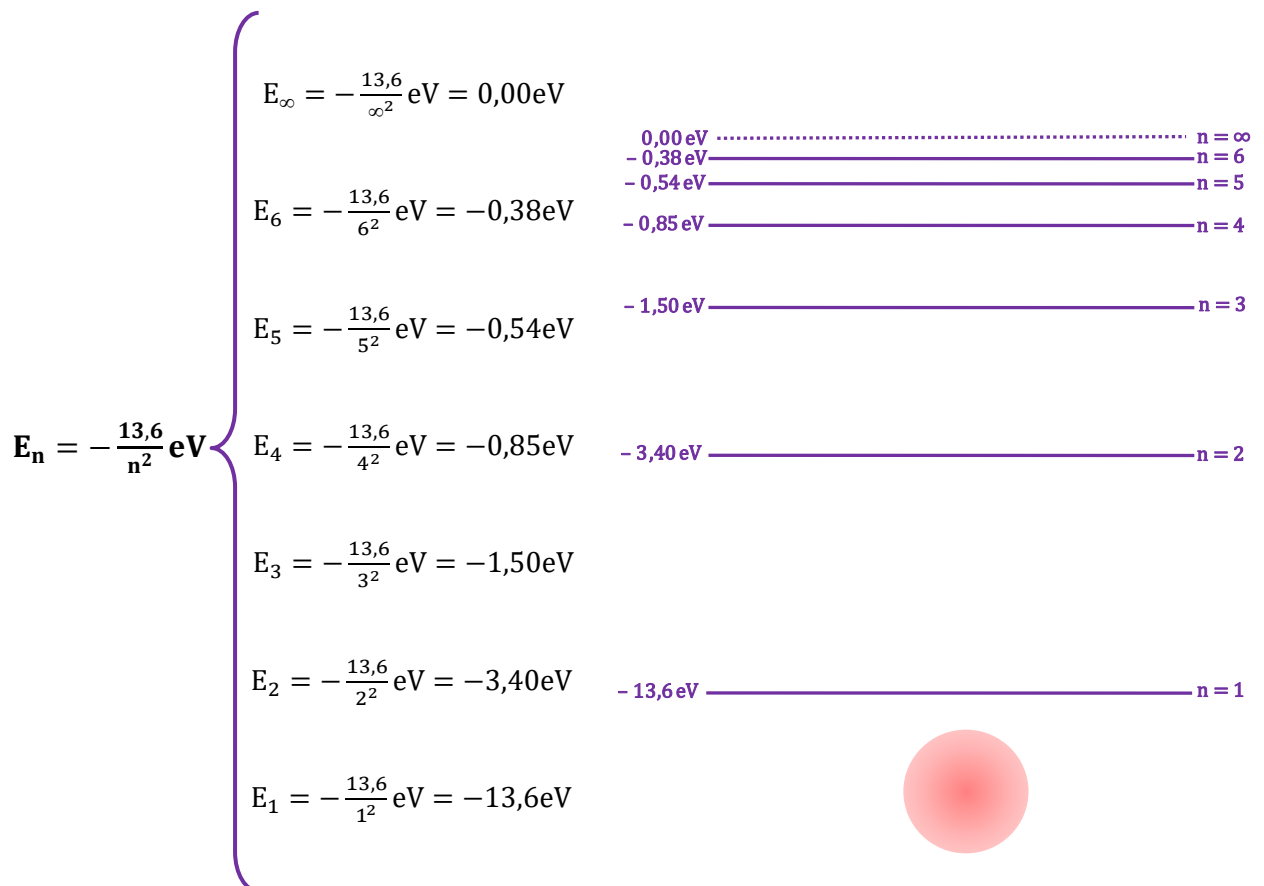
$$E = -\frac{Z^2}{2n^2} \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot e}{4\pi \cdot (8,854 \cdot 10^{-12}) \cdot (5,29 \cdot 10^{-11})}$$

$$E = -\frac{Z^2}{2n^2} \cdot 27,247 \text{ eV}$$

$$E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ eV} \left\{ \begin{array}{l} - Z \text{ é o número atômico (} Z = p^+ \text{).} \\ - n \text{ é o nível energético (camada!).} \end{array} \right.$$



Para o átomo de hidrogênio ($Z = 1$), teremos:



Para que uma transição eletrônica ocorra, o elétron deverá absorver ou emitir um ΔE de energia que seja equivalente ao Δn dos níveis na qual ocorrerá a transição, portanto:

$$E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \quad \text{se} \quad \Delta E_n = -13,6 \frac{Z^2}{\Delta n^2}$$

logo,

$$\Delta E_n = -13,6 \cdot Z^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \text{ (eV)}$$

No cálculo da energia dos níveis permitidos, o sinal de negativo indica que os elétrons estão presos ao átomo devido a uma atração coulombiana entre o núcleo e o elétron. Quando $n \rightarrow \infty$ (*tende ao infinito*), o valor da energia tende a zero, logo o elétron não se encontrará mais preso ao átomo.

Uma aplicação prática dos conceitos de espectros atômicos está na maneira de compreender o motivo pelos quais os fogos de artifícios emitem cores. Além da pólvora e de um propelente, normalmente o salitre, sais de diferentes composições são misturados para que possa ocorrer o espetáculo de cores.

As cores estão associadas às transições eletrônicas decorrente da energia absorvida e, de acordo com os cátions dos sais, podemos prever a coloração que teremos.

CORES	COMPOSIÇÃO
ALARANJADO	Sais de cálcio (Ca^{2+}).
AMARELO	Sais de sódio (Na^+).
VERDE	Sais de bário (Ba^{2+}).
AZUL	Sais de cobre (Cu^{2+}).
VERMELHO	Sais de estrôncio (Sr^{2+}).
LILÁS	Sais de potássio (K^+).
ROXO	Mistura de sais de estrôncio e cobre.
PRATA	Metais titânio (Ti), alumínio (Al) e magnésio (Mg).
DOURADO	Metal ferro (Fe) e lã de aço

TABELA 3 – Algumas cores presentes nos fogos de artifícios e os sais com suas composições responsáveis pela coloração.

Adaptado de <https://brasilecola.uol.com.br/quimica>, acessado em oct. 2018.

Ciência e magia dos fogos de Artíficos

Um espetáculo pirotécnico desperta em qualquer pessoa a impressão de magia. Mas os cientistas garantem: os desenhos multicoloridos no céu são uma maravilhosa questão de Química.

Por **Da Redação**

31 out 2016, 18h48 - Publicado em 1 dez 1990, 00h00

Lúcia Helena de Oliveira

Ouve-se um assovio distante, até ocorrer a explosão em cores. O céu escuro fica estampado com riscos azuis, faíscas vermelhas, estrelinhas de ouro e chuva de prata. Surpreendem, então, luzes brancas como as de um raio e sons que imitam trovões. Esse espetáculo poderia perfeitamente ter acontecido no aniversário de uma cidade, em uma final de Copa do Mundo, em uma festa junina ou na entrada do Ano-Novo. Pois, afinal, os fogos de artifício são velhos convidados nas grandes celebrações, desde que os chineses, inventores da pólvora, começaram a utilizar tiros coloridos de morteiros, há cerca de 1 000 anos, para anunciar a vitória nas guerras. Mas só recentemente os cientistas começaram a desvendar o esplendor dessa antiga forma de comemorar, graças aos avanços da chamada pirotecnia – do grego, a arte de empregar o fogo.

O interesse dos pesquisadores não é gratuito. Na verdade, os princípios dos fogos de artifício valem para desenvolver desde sinalizadores de emergências mais eficientes até propulsores para os modernos ônibus espaciais. Tudo, em suma, é uma questão de controlar o processo da combustão, porque há maneiras e maneiras de uma substância queimar. Para que os fogos produzam esse, e não aquele, efeito visual é necessário obter uma temperatura determinada da chama e calcular a dosagem exata de gás liberado durante a combustão. Para isso, os fogueteiros não devem errar na proporção dos componentes químicos. Quando um ingrediente entra de mais ou de menos, um leque de faíscas esverdeadas, por exemplo, pode se transformar em um borrão cor de laranja. As receitas de fogos de artifício são cheias de truques. E, para complicar, as fórmulas são mantidas em segredo, passadas de geração em geração, por famílias de tradicionais fogueteiros. O que facilita o sigilo, comum no mundo inteiro, é o fato de a indústria pirotécnica ser artesanal. Pois é impossível usar máquinas quando se trabalha com pólvora negra, a milenar invenção da China, que explode quando há atrito ou faísca. Em 1242, o monge inglês Roger Bacon (1220-1292) desvendou a fórmula do explosivo oriental, mas preferiu escrevê-la em código, por considerá-lo perigoso.

Na época, um destino idêntico foi dado às receitas de fogos, encarados como obra de feiticeiros. De qualquer modo, Bacon deve ter anotado, com símbolos estranhos, que para obter 100 gramas de pólvora são necessários 75 gramas de salitre, 15 gramas de carvão e 10 gramas de enxofre. Os fabricantes de fogos ainda acrescentam na mistura goma-laca ou breu, que servem como um ligante, envolvendo as partículas daqueles três componentes. Se isso não é feito, ao rasparem entre si, os grãos de pólvora podem disparar a combustão. A ignição ocorre quando a energia de alguma fonte - combustível, fricção, impacto ou até raios laser - quebra as ligações químicas de uma mistura pirotécnica como a pólvora. Assim, formam-se novas ligações entre os átomos, criando substâncias mais estáveis, isto é, com menos energia; nessa transformação, a energia liberada ativará a camada seguinte do grão de pólvora e assim por diante, até não existir mais material para queimar. A pólvora é ideal para a pirotecnia porque incendeia dispensando o oxigênio do ar. Esse gás essencial à combustão já está contido no salitre de sua composição. Portanto, é natural que quanto mais pólvora contenha, mais tempo dure e mais forte seja a combustão dos fogos de artifício.

Quando a famosa cascata de fogos do Hotel Méridien, no Rio de Janeiro, aconteceu pela primeira vez, no réveillon de 1977, as faíscas mal cobriam dez dos quarenta andares do edifício. “Ano após ano, a cascata crescia, porque desenvolvíamos novas fórmulas de bombas com mais pólvora”, observa o francês Jean-Claude Niger, diretor técnico do Méridien. “No ano passado, conseguimos a proeza: a cascata desceu todos os 120 metros do prédio, chegando até o chão.” O segredo desse espetáculo está na troca de elétrons entre os átomos de oxigênio e os átomos dos chamados combustíveis, que no caso da pólvora são o carvão e o enxofre. “Em toda reação com oxigênio existe essa troca, na qual a energia dos reagentes pode ser liberada de várias maneiras: como luz, como

calor, como som”, conta a química Rita Tereza dos Santos, da Universidade de São Paulo. O final pomposo da festa de Ano- Novo carioca, por exemplo, costuma apresentar o que os pirotécnicos chamam mistura de luz e som. Os químicos traduziriam isso para mistura de alumínio e pólvora branca: o metal, aquecido, libera luz; a pólvora branca (uma combinação de clorato de potássio, enxofre e alumínio) descarrega energia como ondas acústicas. É por isso que esse mesmo ingrediente entra nos rojões, que os torcedores de futebol soltam quando seu time marca um gol. A pólvora negra gera apenas calor.

Uma chama pirotécnica pode chegar a 3 600 graus Celsius. Para se ter uma ideia, segundo Rita, a temperatura da chama de um fogão doméstico costuma alcançar 800 graus Celsius. “Se o calor não se dispersa, porque está confinado em uma bomba, cria-se uma enorme pressão, que culmina separando todas as partículas, no fenômeno da explosão”, descreve a química. Por isso, a primeira função da pólvora nos fogos de artifício é a propulsão, isto é, lançar a carga da bomba a 200 ou 300 metros do chão. O segundo papel da pólvora é fornecer calor para acender as chamadas baladas, pedaços de uma massa feita com produtos químicos, responsáveis pelo colorido dos fogos. Usa-se o estrôncio para se obter o vermelho e o cobre para se ter o azul; assim como um pintor misturaria na paleta as duas cores para conseguir o roxo, os pirotécnicos combinam estrôncio e cobre para fazer fogos de luz violeta.

Muitas vezes, os fogos começam de uma cor e terminam de outra, porque as baladas têm duas camadas de misturas diferentes. “Com uma família pequena de elementos químicos, recriamos as cores do arco-íris”, comenta o empresário Valter Jeremias, da Caramuru, a indústria pioneira na fabricação de fogos no Brasil, fundada há 65 anos. A fábrica se espalha por uma colina, no município de Santa Branca, 88 quilômetros a leste de São Paulo. Ali, trabalham cerca de noventa funcionários, em minúsculas casinhas distantes entre si, onde ficam, no máximo, três pessoas de cada vez. O motivo disso pode ser chocante: trata-se de uma precaução, adotada no mundo inteiro, para evitar que morram muitas pessoas em eventuais explosões. Acidentes de maior ou menor gravidade acontecem com frequência razoável, nem sempre por causa da pólvora. Depois de se moldarem as baladas, que têm do tamanho de um caroço de uva até o de uma bola de gude, a massa deve secar ao sol.

“Às vezes, o calor faz com que elas peguem fogo espontaneamente”, diz Jeremias, que exhibe uma bomba na mesa de trabalho. Trata-se de um tubo de cartão, com 75 centímetros de altura. Na base do cartucho, encontra-se uma pastilha grossa de pólvora, que lançará para o alto a carga do recheio – mais pólvora e as baladas. Existe ainda a bomba oriental redonda, que pode ter até o dobro do diâmetro de uma bola de basquete. “Nela, as baladas devem ser arrumadas organizadamente em todo o contorno”, demonstra Jeremias. O próprio estopim ou o estouro da pastilha propulsora acende o que se chama fusível de tempo, um pavio que demora mais para queimar, encarregado de acender a carga do recheio. Assim, a pólvora no interior só explode espalhando e incendiando as baladas quando a bomba está longe do solo.

O calor liberado torna o material das baladas líquido ou gasoso. Então, as partículas começam a emitir luz, cuja cor dependerá do comprimento da onda. A luz visível são radiações eletromagnéticas que medem entre 380 nanômetros (um bilionésimo de metro), quando causam a sensação do violeta, e 780 nanômetros, quando provocam a sensação do vermelho. Os fogos são brancos reluzentes quando as baladas conseguem emitir, ao mesmo tempo, ondas de todos os comprimentos, com todas as cores do espectro. Para isso, é necessário fornecer muito calor, de modo que os pirotécnicos, quando desejam esse efeito, misturam alumínio, magnésio ou titânio à pólvora da carga. “Os metais elevam ainda mais a temperatura de uma chama”, justifica a química Maria Regina Alcântara, da Universidade de São Paulo. O calor é fundamental para os três processos pelos quais as baladas produzem ondas luminosas. Um deles é a incandescência: “Quando se fornece muito calor a uma substância, é como se ela se sobrecarregasse, recusando a energia extra, devolvida na forma de luz. É o fenômeno de um ferro em brasa”, informa Maria Regina.

Qualquer um pode notar que o ferro aquecido logo se torna vermelho – a primeira cor do espectro – até se alaranjar aos poucos; com mais calor, a cor passa a ser um amarelo forte; se for possível esquentá-lo ainda mais, ele assumirá tons azulados e, finalmente, ficará branco. “Do mesmo modo, nos fogos, é possível obter várias cores a partir de uma única substância existente na balada, conforme os elementos, como metais, acrescentados à pólvora, portanto, se o calor da chama é menor ou maior”, esclarece Maria Regina. O mesmo não é possível nos outros dois processos de produção de luz. Na emissão atômica e na emissão molecular, uma substância qualquer só pode emitir determinado comprimento de onda luminosa, de acordo com as suas características. Na emissão atômica, os elétrons se agitam ao rodar em torno do núcleo atômico, transferindo-se para órbitas mais externas, que são mais energéticas; ao retornarem para a órbita de origem, os elétrons

liberam a energia adquirida como luz. A emissão molecular é semelhante, só que a agitação é das moléculas, e não dos elétrons. “Quando as baladas são de sódio, inevitavelmente reluzem amarelo”, exemplifica Maria Regina. Quando existe sódio dentro da bomba, os raios amarelos ofuscam qualquer outra onda luminosa de cor diferente.

O problema é que o sódio muitas vezes pode se formar indesejavelmente em reações durante a combustão, quando as partículas das baladas se evaporam e se misturam. Pois os fogos podem ser comparados com tubos de ensaio, repletos de elementos químicos, que se combinam quando aquecidos. “Os pirotécnicos podem usar dois ingredientes para formar uma terceira substância”, conta o químico Atilio Vanin, professor da USP. É o caso das moléculas de bário, capazes de emitir a luz verde. “Frágeis, elas não duram muito mesmo em temperatura ambiente”, explica Vanin. “Por isso, não devem ser colocadas diretamente nos fogos, e sim serem formadas no instante em que se precisa delas”, revela o pesquisador, cuja paixão pela pirotecnia vem da infância.

No bairro paulistano do Brás, Atilio Vanin foi coroinha durante dez anos na Igreja de São Vito, que todo dia 15 de junho comemorava a festa do padroeiro com fogos. “Fascinado, aos 15 anos, eu não descansei enquanto não aprendi sozinho a fazer pólvora” lembra. Hoje, trinta anos depois, o químico reconhece que fazer fogos é muito mais difícil do que imaginava quando fabricava suas próprias bombinhas. “Leva-se em conta até o tamanho das baladas”, ele observa. Ao se incendiar, uma balada pequenina brilha por brevíssimos momentos, antes de se derreter completamente. O resultado é a visão de um ponto luminoso feito uma estrela.

Uma balada maior, porém, leva mais tempo até se desfazer e, enquanto isso, vai caindo por força da gravidade; dessa maneira, faz um traço no céu, como uma chuva de fogo. “As bombas, às vezes, são divididas em diversos compartimentos que estouram em alturas diferentes, graças aos fusíveis de tempo”, nota Vanin. Com esse recurso, inúmeras pequenas bombas criam o que os pirotécnicos chamam buquê de noiva – porque as explosões espalhadas lembrariam flores de faíscas. Para dar acabamento ao desenho criado pelos fogos, os pirotécnicos misturam à pólvora combustíveis que liberam mais ou menos gás, de acordo com o efeito desejado. A pressão do gás afasta as partículas incandescentes, deixando os feixes de luz distantes entre si. A tendência é cada vez mais os cientistas se interessarem pelo tema, como nos Estados Unidos, onde pesquisadores contratados pela Marinha buscam substâncias que possam produzir a cor azul.

Até hoje, sempre que se querem faíscas azuladas, usa-se o cloreto de cobre, uma substância que só gera luz em temperaturas muito elevadas. No entanto, quando o calor excede o ponto ideal, por pouco que seja, o cloreto de cobre se desintegra e aí não se tem luz alguma. Muitas vezes a descoberta de novos materiais para fogos de artifício é decorrência de decepções na prática. Um exemplo disso foi o réveillon carioca, há três anos, quando milhares de pessoas na Praia de Copacabana aguardavam o anúncio da meia-noite pela cascata de fogos do Hotel Méridien. Mas, então, os fogos começaram a pipocar em hesitantes etapas. Enquanto isso, técnicos corriam, acendendo, um por um, cerca de 200 morteiros. “Havia chovido e os estopins molhados demoravam para pegar fogo”, lembra o engenheiro Jean- Claude Niger.

Há treze anos, para promover o Ano Novo no Rio de Janeiro, Niger foi ao terraço do Méridien e amarrou de cabeça para baixo pequenas bombas de mão. Com isso, ele derreteu as juntas das janelas do prédio: “Só não levei bronca porque o efeito foi belíssimo”. A traquinagem deu origem a uma tradição: no final deste mês, devem ser queimadas 46 toneladas de fogos no Ano-Novo de Copacabana. Este ano, porém, Niger buscou na Inglaterra um novo estopim impermeável, revestido de betume. Assim, Copacabana receberá 1991 com muitos artifícios – chova ou não chova.

Disponível < <https://super.abril.com.br/ciencia/ciencia-e-magia-dos-fogos-de-artificio/>>, acessado em oct. 2018.

Como funcionam os fogos de Artifícios?

Por **Marcel Nadale**

4 jul 2018, 20h27 - Publicado em 1 dez 2009, 18h10

Estevão Basílio de Sousa,
Pouso Alegre, MG;
Zander Paulo de Sousa,
Vila Velha, ES

Os fogos de artifício funcionam com uma carga explosiva que é arremessada ao céu por um tubo de explosão. Dependendo do tipo de fogo de artifício, alguns detalhes variam. Nas bombas que só estouram e fazem barulho, como o rojão, esse tubo de explosão pode estar acoplado ao equipamento. Nas mais complexas, que formam diferentes desenhos, cores e até sons, as bombas são impulsadas por morteiros – em grandes shows, eles são acionados por computador. As tonalidades que aparecem no céu são obtidas com diferentes produtos químicos misturados à pólvora: o cobre gera uma luz azul; o magnésio, prateada; o bário, verde; o lítio, vermelha. “Também se adiciona ferro ou alumínio para obter um efeito mais vivo”, afirma Omar Rodrigues, representante comercial que trabalha na área há mais de 20 anos.

Carreira meteórica

Ao explodir, carga de pólvora lança várias cápsulas ao céu para formar desenho

1. O fogo de artifício é uma carga explosiva arremessada no céu por um tubo de explosão, ou seja, um morteiro comum, carregado com pólvora. Em grandes shows de fogos, os morteiros são acionados a distância, por computador. No caso do rojão, claro, não há necessidade de morteiro – o próprio rojão, que tem formato de cano, arremessa os explosivos.
2. As bombas que criam figuras, chamadas de orientais, têm uma carga de pólvora no centro e um suporte de papelão no mesmo formato do desenho final. No contorno desse suporte são coladas cápsulas, conhecidas como “estrelas” ou “baladas”, que levam, em seu interior, a mistura química que as transformarão em um ponto luminoso colorido da figura.
3. Para explodir, a ignição começa pelo morteiro, passa pelo estopim e depois para a bomba. Ao estourar, a carga de pólvora lança as baladas com a mesma força, garantindo que repitam, no ar, a mesma figura que compunham no suporte de papelão. Elas só acendem depois de certa distância porque são revestidas por uma camada que demora para queimar.

Efeito dominó

As bombas que estouram em fases têm estrutura parecida com as das desenhistas. A diferença é que, lá dentro, ela é dividida em compartimentos, que podem estar ligados a um único pavio (que aos poucos atinge cada seção); ou a vários individuais, de diferentes tamanhos (o que garante o timing de cada estrondo).

Apressadinho e barulhento

Os fogos de artifício que já sobem soltando brilho e faíscas não possuem a reserva de pólvora central presente nos que explodem só no alto. A carga de impulsão no solo já acende imediatamente o efeito. Alguns ainda assobiam: o som é provocado pela pressão do ar passando por um tubo furado acoplado à bomba.

Segura esse rojão

Assim como na bomba de fases, em um rojão de 12 tiros cada explosivo tem sua própria divisória e seu próprio estopim. A bomba que vai estourar primeiro tem o pavio mais curto, e a última, o mais longo. Eles são acesos no momento de impulsão, quando há uma pequena descarga de pólvora no cano do rojão.

Cor sim, cor não

Fazer uma explosão de luz que muda de tom é relativamente simples. Utilizam-se baladas dentro de baladas: um único estouro central lança as cápsulas de efeito e, quando elas entram em ignição, primeiro queimam a mistura química externa, gerando uma cor. Depois, incendiam o núcleo, que tem outra tonalidade.

- Cada cápsula tem uma camada externa de pólvora: quanto mais grossa a camada, maior a figura desenhada no céu.
- Uma bomba esférica de 40 centímetros de diâmetro gera uma estrela de 60 metros no céu.
- Quanto mais longo o estopim, maior a altitude atingida pela bomba.

Bombardeio recorde

Maior explosão bombou mais de 56 mil rojões

Segundo o Guinness, o recorde da maior apresentação de fogos do mundo é de Roy Lowry, da Inglaterra, que coordenou a explosão de 56 645 rojões em menos de 60 segundos, em agosto de 2006.

Em 21 de agosto de 2009, houve uma nova tentativa de quebrar o recorde, com 110 mil bombas, em Dorset, na Inglaterra. Apesar do número significativo, o resultado foi sem graça: foram usados rojões de baixa altitude, durante apenas seis segundos. Parecia mais uma grande bola de luz do que exatamente um show de fogos. A equipe do Guinness ainda não deu seu parecer final para essa tentativa.

Disponível em <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funcionam-os-fogos-de-artificio-2/>, acesso em nov. 2018.

VAMOS EXPERIMENTAR?

Podemos evidenciar os espectros da luz com o auxílio de um simples cd. Para isso precisaremos de fita adesiva, um cd de música, e um material opaco.

1) Com o auxílio de uma fita adesiva, retire a parte metálica do cd. Ao grudar e logo após puxar a fita, a parte metálica irá sair facilmente, caso contrário, faça um pequeno risco com um instrumento pontiagudo e coloque a fita por cima e puxe.

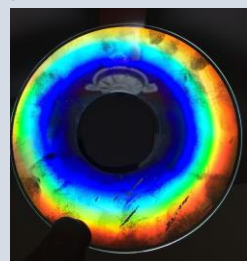


2) Certifique que toda a parte metálica foi retirada.
Obs.: Não lave o cd e nem passe pano úmido após a retirada da camada metálica.



3) Para que tenhamos uma melhor visualização do espectro, tampe o orifício central do cd com uma fita adesiva opaca ou qualquer material que não seja transparente.

4) Direcione a região central, que está tampada para uma lâmpada acesa ou para chama de uma vela, e observe o espectro formado no cd. A imagem ao lado refere-se ao espectro da luz emitida por uma lâmpada de LED. Repare que os tons de azul é mais intenso; isto justifica o motivo pela qual as lâmpadas de LED emitem luzes bem mais claras.

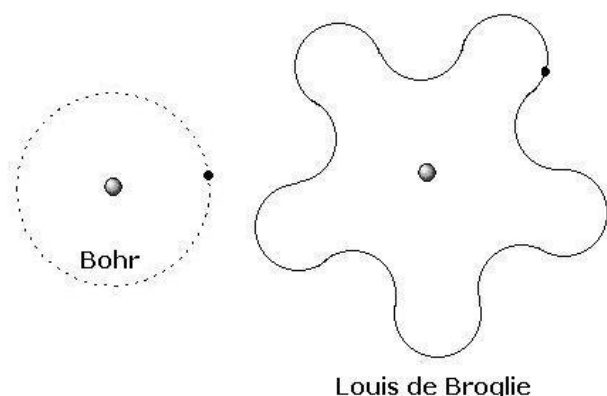


MODELO ORBITAL

Para poder explicar o efeito fotoelétrico, Einstein, utiliza a hipótese desacreditada de Planck da quantização de energia, para entender o comportamento a luz sobre a superfície metálica, ou seja, a luz apresenta um comportamento dual, se propaga como uma onda, porém interage com a matéria como uma partícula.

Em 1924, Louis De Broglie propõe, em sua tese de doutorado, que o elétron também deveria ter um comportamento dual, ou seja, ora comporta-se como onda e outro momento como partícula.

De Broglie postulou que uma partícula livre com massa de repouso m_0 , que se desloca com velocidade não relativística v , deve possuir um comprimento de onda λ associado com seu momento linear p assim como o fóton.



Louis De Broglie
(1892 – 1987)

Foi um físico francês que publicou em sua tese de doutorado, a teoria sobre o comportamento ondulatório da matéria relacionando o comprimento de onda (λ) com a quantidade de movimento, o momento, (p) de uma partícula. Recebeu o Nobel 1929 sobre essa teoria. De Broglie foi integrante da Conferência de Solvay.

Figura 22 – A imagem representa o comportamento do elétron de acordo com a teoria atômica proposta por Bohr em 1913 e o comportamento dual do elétron proposto por De Broglie em 1924.

Adaptado de <https://www.infoescola.com/quimica/>, acessado em oct. 2018.

Matematicamente:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

como $p = m_0 \cdot v$,

$$\lambda = \frac{h}{m_0 \cdot v}$$

- h é a constante de Planck ($6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s);
 - m_0 é a massa de repouso do e^- ($9,11 \cdot 10^{-31}$ kg);
 - v é a velocidade não relativística do e^- .

A comprovação da teoria de De Broglie veio em 1927 através dos experimentos de difração de elétrons feito por Davidson.

Portanto, as ideias propostas por De Broglie propõem que o elétron possui um comportamento dual durante sua movimentação nos níveis de energia do átomo a que pertence.

Werner Heisenberg propõem, em 1927, que não podemos determinar, simultaneamente, a posição e a velocidade de um elétron. Precisamente determinamos a posição do elétron ou, precisamente, determinamos a velocidade da partícula (NOVAIS, 1981).

Essa situação proposta por Heisenberg ficou conhecido como **princípio da incerteza**. Matematicamente, temos:

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

Podemos associar com a energia de um sistema:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

O elétron possui uma massa muito pequena, portanto, no princípio da incerteza é relevante ao seu comportamento. Com isso, a ideia de órbita proposta por Bohr, sofre modificação.

Bohr sugere que o elétron gire em órbitas circulares em torno do núcleo atômico, conforme a figura 22. Como o elétron possui um comportamento dual, sua trajetória torna-se incerta e, portanto, para determinarmos a posição desse elétron, é prudente utilizarmos probabilidade, ou seja, a possibilidade de encontrá-lo em tal região. A região de maior probabilidade de encontrar o elétron é, então, definida como **orbital**.

Em meados de 1927, o físico austríaco Erwin Schrödinger, propõem uma teoria de caráter ondulatório para o elétron, na qual, sua solução expõe informações básicas de um comportamento dual onda-partícula.

A teoria de Schrödinger dá início a mecânica quântica pois, as equações geradas a partir de seu trabalho, descreve o comportamento dos estados quânticos em função do tempo, assim como, possibilita determinar suas condições de contorno, ou seja, as condições para que o sistema seja válido. De uma forma simples, podemos entender que a teoria de Schrödinger é similar a segunda lei de Newton da mecânica clássica.

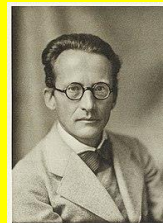
A seguir temos a equação unidimensional de Schrödinger independentemente do tempo.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \Psi(x)}{dx^2} + V(x) \Psi(x) = E \Psi(x)$$

Energia potencial do estado quântico.

Energia do estado quântico

$\Psi(x)$ é denominada **função de onda**. Ela é a solução da equação; nos fornece as condições em que a equação é válida (condições de contorno) assim como a probabilidade de encontrar o elétron.



Erwin Schrödinger
(1887 – 1961)

Foi um físico austríaco ganhador do prêmio Nobel de Física em 1933 pela sua colaboração nas teorias da Mecânica Quântica ao descrever uma equação de onda que descrevem os estados quânticos. Conhecido pelo experimento mental do “Gato de Schrödinger” que analisa as possibilidades de vida e não vida do animal fazendo analogia a existência de um evento mediante a um observador.

Ao resolvermos a equação de Schrödinger, independente do tempo, em coordenadas esféricas, a solução obtida $\Psi(x, \sigma, \varphi)$ propõem alguns números inteiros para sua caracterização. Esses números são conhecidos como **números quânticos**.

$$\Psi_{(x,\sigma,\varphi)} = R(x) L(\sigma) M(\varphi)$$

NÚMERO QUÂNTICO PRINCIPAL (n)

- ✓ indica a localização do elétron no nível de energia (camada);
- ✓ indica o tamanho do orbital;
- ✓ indica a distância do elétron ao núcleo.

n = 1, 2, 3, 4...

NÚMERO QUÂNTICO MAGNÉTICO (m)

- ✓ mostra a orientação do orbital no espaço;
- ✓ o número de orbitas depende do valor de l;
- ✓ os valores variam de $-l \leq m \leq l$.

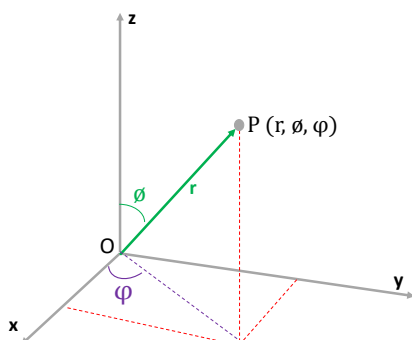
m = 0, ± 1, ± 2, ..., ± (2l+1)

NÚMERO QUÂNTICO SECUNDÁRIO (l)

- ✓ indica a forma geométrica do orbital;
- ✓ indica o subnível de energia (s, p, d, f) em que os elétrons estão.

l = 0, 1, 2, ..., (n-1)

OBSERVAÇÃO: As coordenadas esféricas representam a descrição da posição de um ponto P situado no espaço, figura 23, em função das ordenadas (r, ϑ , φ) em que:



- r é a distância de P até a origem O;
- ϑ é o ângulo que OP forma com eixo Oz positivo;
- φ é o ângulo das coordenadas cilíndricas (x,y).

Figura 23 – O sistema ao lado mostra as coordenadas que descrevem o ponto P no espaço tridimensional.

Conforme ϑ e φ variam, obtemos algumas formas geométricas para os orbitais dos subníveis s, p, d e f.

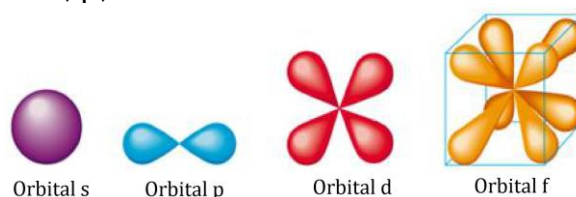


Figura 24 – Formas geométricas assumidas pelos orbitais. O subnível s possui uma geométrica esférica e os subníveis p, d e f são formados por conjuntos de lóbulos.

Adaptado de <http://www.compiko.info/pages/e/electron-orbital-shapes-s-p-d-f>, acessado em oct. 2018.

Cada orbital pode acomodar no máximo dois elétrons, então para cada subnível temos uma quantidade de orbitais específicas tal como subnível s apenas um orbital, subnível p são três orbitais, subnível d são cinco orbitais e o subnível f, sete orbitais.

Para simplificar a representação dos orbitais, podemos representar cada orbital por um quadrado ou um círculo.

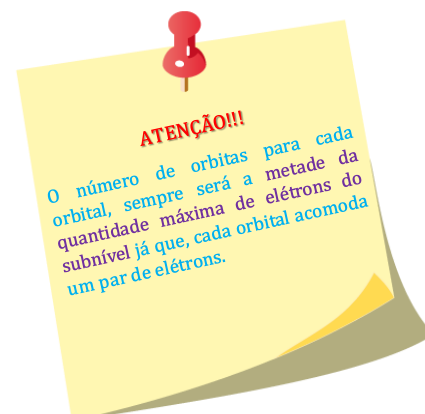
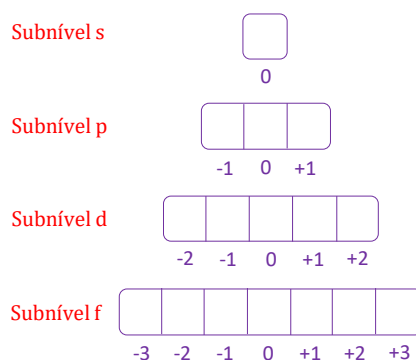


Figura 25 – Temos o conjunto de orbitais para os subníveis e os valores do número quântico magnético (m) para cada orbital. A quantidade de orbitais é sempre a metade da quantidade máxima de elétrons de cada subnível.

Podemos então relacionar os orbitais para cada número quântico magnético.

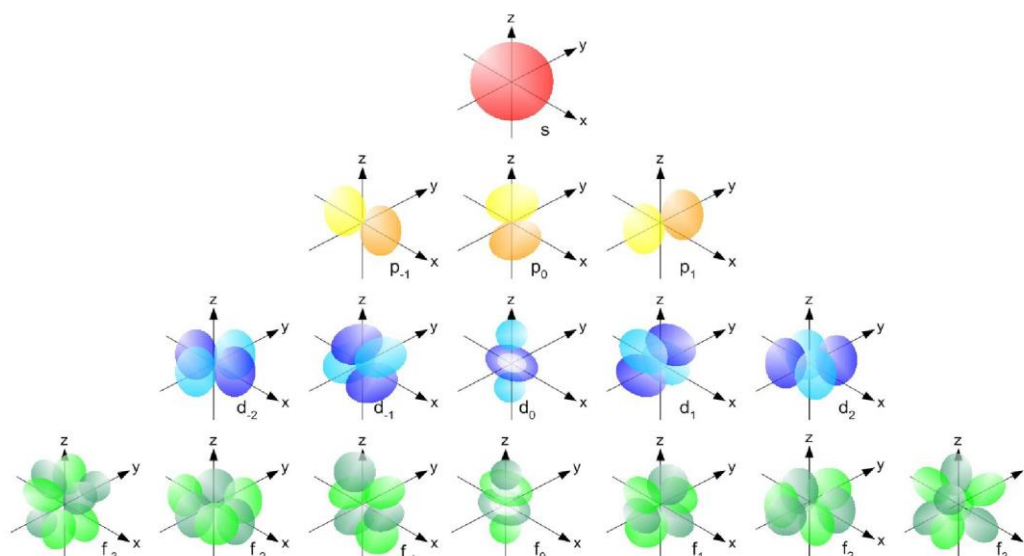


Figura 26 – Orbitais geométricos para cada número quântico magnético.

Adaptado de <http://www.compiko.info/pages/e/electron-orbital-shapes-s-p-d-f>, acessado em oct. 2018.

Entretanto, para os níveis de energia que estudamos no capítulo anterior para o átomo de hidrogênio, podemos reescrevê-lo com os três números quânticos:

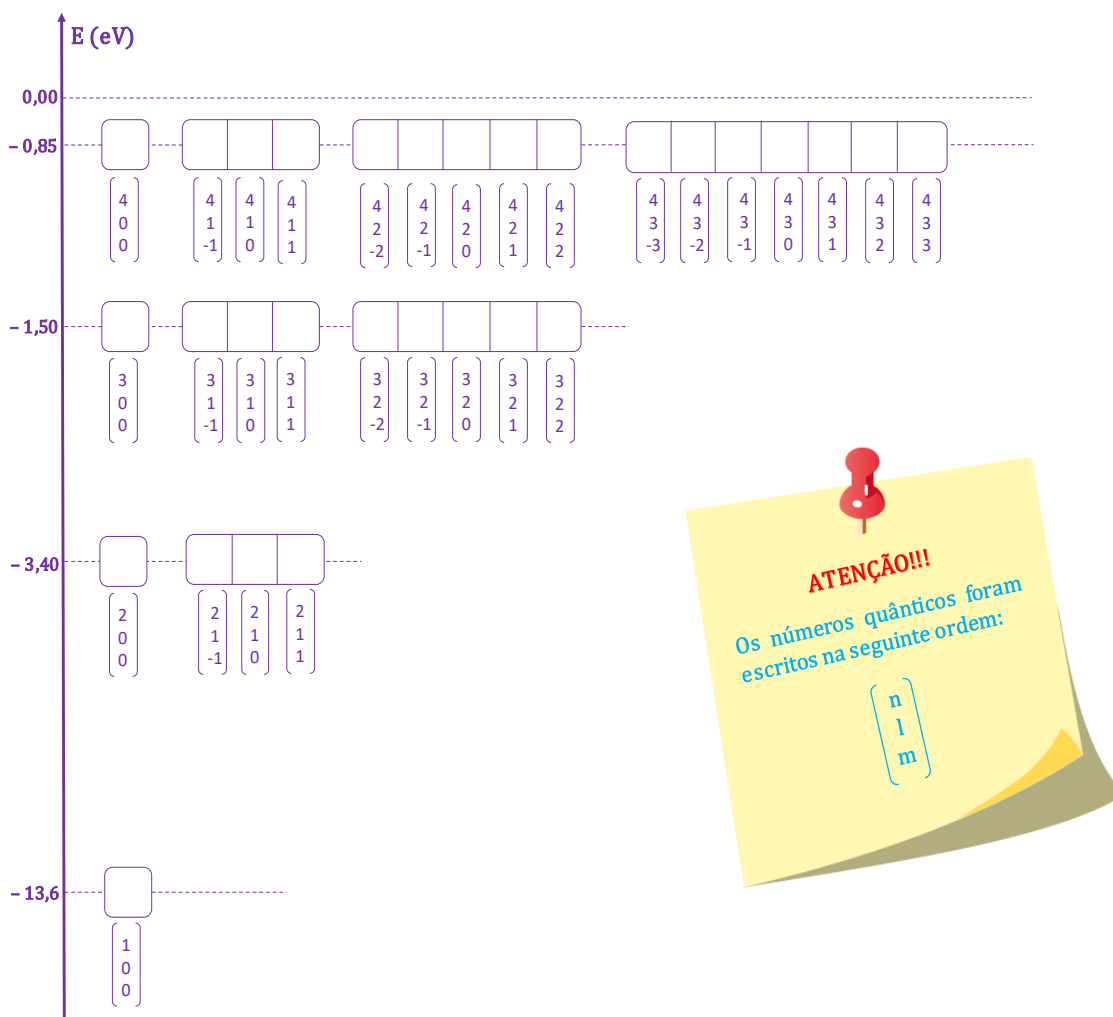
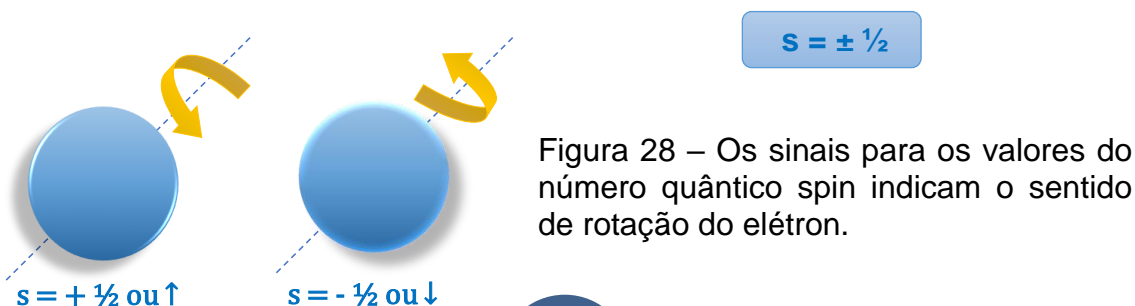


Figura 27 – Temos o diagrama de energia, para o átomo de hidrogênio, considerando os orbitais permitidos à cada nível de energia e os possíveis valores que o elétron poderá assumir conforme sua posição.

Cada orbital, representado por uma caixinha, pode acomodar até dois elétrons desde que possuam rotações, em torno do seu próprio eixo, opostas.

Os elétrons possuem cargas e quando em movimento, geram um campo magnético similar a um ímã. Esses elétrons ao rotacionarem no mesmo sentido, terão campos magnéticos de mesma polaridade e, portanto, irão se repelir. Quando a rotação é oposta, os campos magnéticos formados são de polaridades opostas e então, se atraem. Essa rotação é denominada **spin** (m_s ou s).



Para organizar os elétrons dentro dos orbitais precisamos seguir três condições básicas:

CONDIÇÃO 1

Os orbitais devem ser organizados em ordem crescentes de nível energético (n).

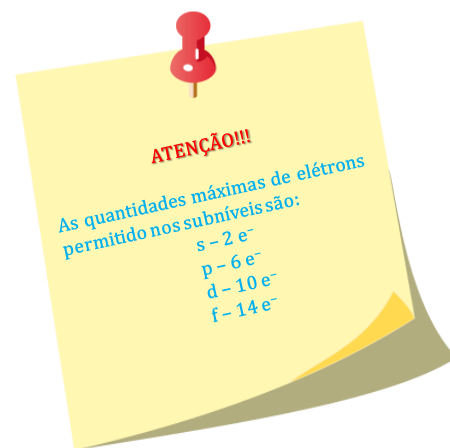
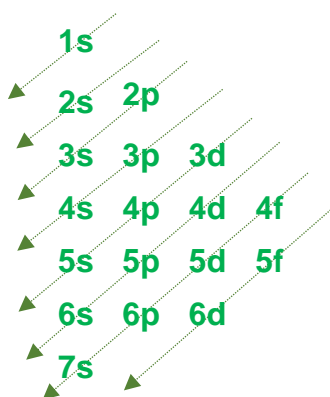
CONDIÇÃO 2:

Primeiro são acomodados, dentro de um mesmo subnível, os elétrons de mesmo spin, um em cada orbital (Regra de Hund).

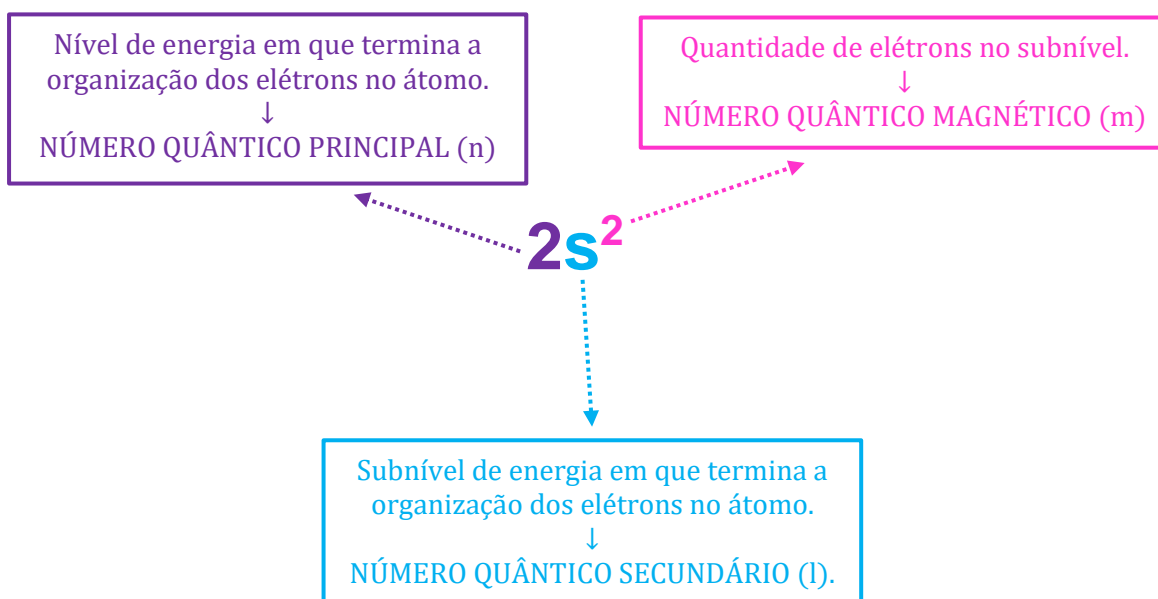
CONDIÇÃO 3

Num mesmo orbital não se pode ter dois elétrons de mesma rotação, ou seja, com mesmo spin.

O químico quântico norte-americano Linus Carl Pauling, organizou um diagrama em que dispõem os níveis e subníveis de energia em ordem crescente, conhecido como **diagrama de Linus Pauling**.



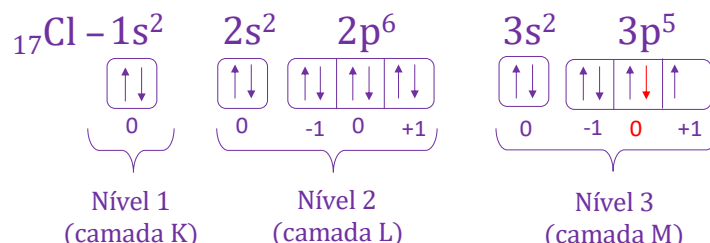
Através da notação utilizada por Pauling, podemos determinar os números quânticos para o elétron mais energético assim como entender a organização dos elétrons na eletrosfera.



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. Determine os quatro números quânticos para o elétron mais energético do átomo de cloro ($Z = 17$).

Primeiro, precisamos ter em mente que o elétron mais energético é o último elétron distribuído, conforme o diagrama de Linus Pauling:



A seta em vermelho representa o último elétron distribuído, ou seja, o elétron mais energético do átomo de cloro, portanto, o conjunto dos números quânticos será:

$n = 3$ (o último e^- distribuído está no terceiro nível);

$l = 1$ (pois o último e^- distribuído está no subnível p do terceiro nível energético);

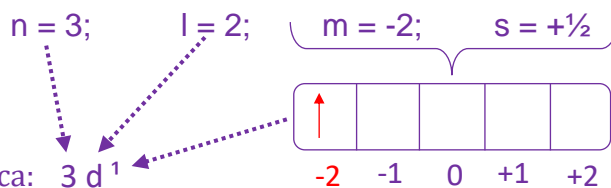
$m = 0$ (pois o último e^- distribuído está alocado no orbital de valor zero);

$s = -\frac{1}{2}$ (neste material adotamos o sinal negativo para o spin com rotação anti-horário, seta para baixo, veja a Figura 28).

2. A partir dos números quânticos do elétron mais energético de certo átomo neutro e adotando spin positivo para o primeiro elétron a entrar no orbital, determine o número atômico e diga a qual elemento químico refere-se a configuração desse átomo.

$$n = 3; l = 2; m = -2; s = +\frac{1}{2}$$

Os números quânticos, de acordo com o enunciado, referem-se ao elétron mais energético do elemento químico, portanto esses números irão nos dar a configuração do último subnível na qual estará o elétron mais energético, então:



o último subnível fica: $3d^1$

Para determinarmos o número atômico, basta completar a distribuição até chegar em $3d^1$, assim temos:



Somando todos os elétrons da distribuição, temos a quantidade de 21 elétrons. Para o átomo neutro, a quantidade de elétrons e a mesma que de prótons, portanto, $Z = 21$ e refere-se ao elemento ESCÂNDIO (Sc).

Gato de Schrödinger: entenda o que é o experimento

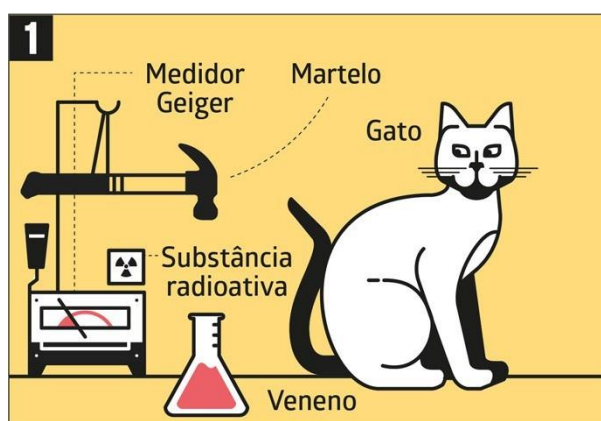
Explicamos a experiência de Erwin Schrödinger

29/09/2017 - 14H09/ ATUALIZADO 14H0909 / POR ANDRÉ JORGE DE OLIVEIRA

A mecânica quântica é clara: se você não conhece o estado de um elétron, deve assumir que ele está em todos os estados possíveis ao mesmo tempo. Para digerir esse conceito, o físico Erwin Schrödinger bolou um famoso experimento mental batizado de “gato de Schrödinger”.

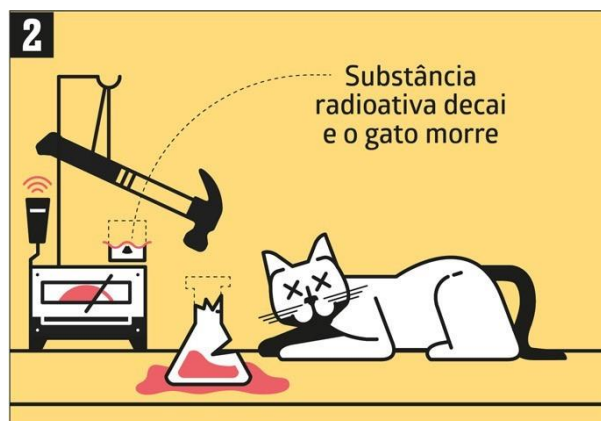
Funciona assim: um gatinho está dentro de uma caixa com partículas radioativas que podem circular ou não — só que quem está de fora da caixa não sabe o que aconteceu. Ou seja, se o gato fosse uma partícula, estaria vivo e morto ao mesmo tempo.

Se a substância radioativa não decair, o medidor não aciona o martelo e não quebra o frasco. O gato vive.



(FOTO: ZANSKY, REBECA CATARINA E GUILHERME HENRIQUE)

Caso a substância radioativa decaia, o medidor aciona o martelo, que quebra o frasco e mata o gato.



(FOTO: ZANSKY, REBECA CATARINA E GUILHERME HENRIQUE)

Para quem está fora, o gato pode estar vivo ou morto. Fosse uma partícula, estaria vivo e morto ao mesmo tempo.



Seria o observador responsável pela vida ou morte do gato?



Disponível em <https://revistagalileu.globo.com/ciencia/noticia/2017/09/gato-de-schrodinger-entenda-o-que-e-o-experimento.html>, acessado em nov. 2018.

Um breve comentário:

Para que o contato de Geiger acione o martelo, o mesmo necessita receber radiação na qual fará com que o circuito elétrico feche, permitindo a passagem de uma corrente elétrica que soltará o martelo.

O experimento tenta mostrar que a observação é fundamental para determinarmos uma condição de dúvida, entretanto, enquanto essa observação não é realizada, o gato poderá assumir todas as possíveis condições do experimento. O Gato poderá estar vivo, como também poderá estar morto, simultaneamente. Essa condição é denominada de *sobreposição quântica* dos estados.

A partir do momento que o observador verificar dentro da caixa, os estados serão reduzidos em apenas um único, pois o observador irá evidenciar se realmente o gato está no estado de vivo ou no estado de morto.

Analogamente, o gato pode ser associado com o elétron de um átomo e, portanto, sua posição e velocidade são estados quânticos que não se pode determinar simultaneamente como previsto na teoria da Incerteza de Heisenberg.

Esse experimento racional foi sugerido por Schrödinger para mostrar o quão controverso é a *Interpretação de Copenhague* em que sugere, de um modo geral, que a Física é uma ciência determinística e que especulações não propõem sentido.

VAMOS SIMULAR?

➤ DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA (DE BROGLIE)

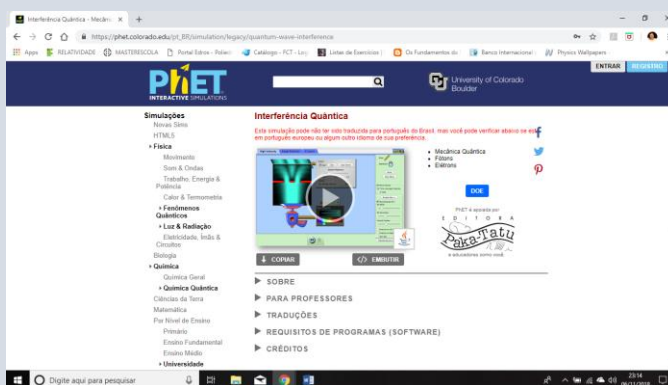
A teoria da dualidade onda-partícula proposta por De Broglie pode ser confirmada a partir dos experimentos de difração de elétrons. Neste experimento observa-se que o feixe de elétrons desviam-se dos obstáculos seguindo as mesmas propriedades das ondas.

Utilizando o simulador do PhET, podemos evidenciar o comportamento dos feixes de elétrons, ou fótons quando em contato com barreiras de simples fendas ou dupla fendas e, por fim, evidenciar o comportamento ondulatório das partículas.

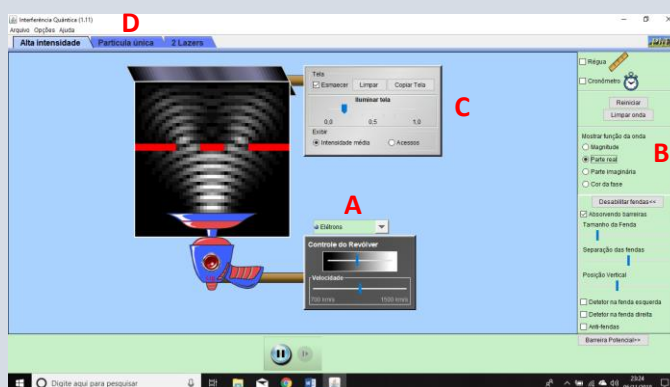
Vamos simular?

1) Acesse o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/quantum-wave-interference.

2) Ao acessar o link acima, abrirá esta página e, ao clicar no play, o próprio site solicitará que seja feito o download da extensão do simulador.



3) Após o download, o simulador estará pronto para ser explorado.



A – Escolha a opção de elétrons;

B – Nesta parte, após adicionar a “barreira de dupla fenda” você pode optar a forma que você prefere visualizar o feixe de elétrons emitido pelo revólver além de regular a largura da fenda.

C – Nesta janela, você poderá escolher a intensidade em que a tela (região em que chegará o feixe de elétrons), estará iluminada. Nesta tela, uma ressalva aos pontos escuros.

D – Nestas abas, podemos reproduzir os experimentos para apenas uma partícula emitida por vez ou com dois feixes sendo emitidos.

Divirta-se e simule!!!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. **Física para universitários**. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013.

BOHR, N. **Philosophical Magazine** (6), **26**, 1 – 1913.

CUTNELL, John D.; JOHNSON, Kenneth W.; **Física 3**. V3; 6e. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006.

GEIGER, H; MARSDEN, E. **Philosophical Magazine**. (6), **25**, 604 – 1913.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. V4. 8e. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009.

NOVAIS, Vera Lucia Duarte de; **ESTRUTURA DA MATÉRIA**. V. Único. 2e. São Paulo: ATUAL, 1981.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. São Paulo: E. Blücher, 2002;

RUTHERFORD, E. **Philosophical Magazine**. (6), **21**, 669 – 1911.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV – ÓTICA E FÍSICA MODERNA**. V4. 14e. São Paulo, SP: Pearson, 2016.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene, **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol. 3, 5e. Rio de Janeiro: LTC, 2006;

TIPLER, P.A; LLEWELLYN, R.A. **Física moderna**. Trad. De Ronaldo Sérgio de Biasi, 3 ed, Rio de Janeiro: LTC, 2000.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A. **Física IV – óptica e física moderna**. v.4; Trad. Daniel Vieira, 14 ed.; São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICE C

Atividades Aplicadas Durante as Aula

AULA 1 – REVISÃO

O texto a seguir referem-se às questões 1 e 2.

“O espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética que contém as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, os raios X, a radiação gama, os raios ultravioleta e a luz visível ao olho humano.”

Adaptado de <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>.

1. Quais são as características das ondas eletromagnéticas em relação à massa, propagação e energia?

2. Faça um esquema mostrando quais são as energias e frequências das radiações limítrofes à radiação visível ao olho humano. Explique por que levam esses nomes.

3. Sabe-se que, tanto o som quanto a luz, se propagam como ondas. De acordo com seu conhecimento, explique a diferença que ocorre entre as ondas sonoras e as ondas luminosas.

4. (ENEM-2014) Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor.

WENDLING. M. Sensores. Disponível em: www2.feg.unesp.br. Acesso em: 7 maio 2014 (adaptado).

A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência

- a) da luz visível.
- b) do ultravioleta.
- c) do infravermelho.
- d) das micro-ondas.
- e) das ondas longas de rádio.

5. A principal estação de rádio de Presidente Prudente – SP é a 98,1 FM. Sabendo que a velocidade da luz é $3 \cdot 10^8$ m/s, determine:

- a) a frequência em hertz da estação e rádio.
- b) o seu comprimento de onda medido em metros.

6. Durante as tempestades observamos primeiro uma descarga elétrica e logo após ouvimos o trovão. Explique porque isso ocorre.

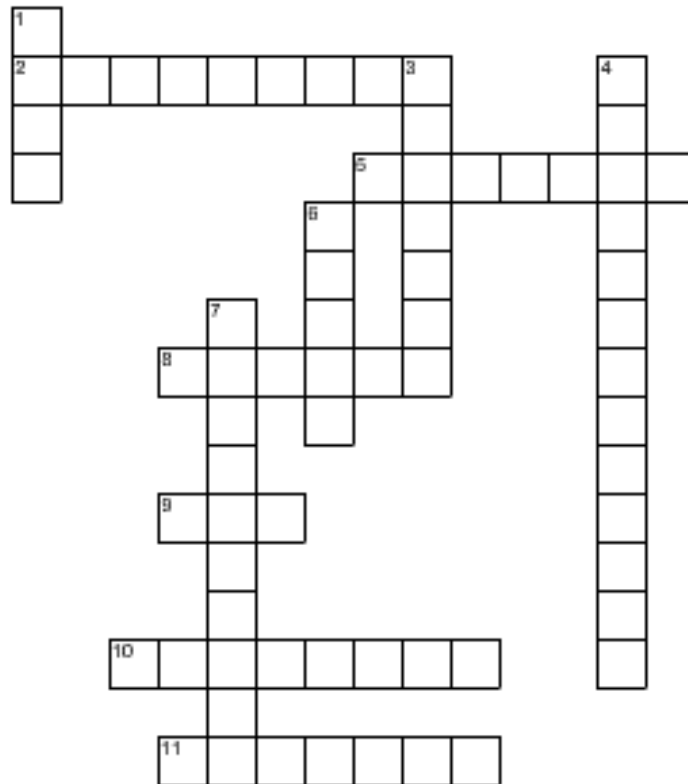
7. Resolva a palavra cruzada.

HORIZONTAL

- 2. Responsável em identificar se um som é mais forte ou mais fraco.
- 5. Tempo mínimo para execução de um evento.
- 8. Região positiva de uma onda.
- 9. Propaga-se no vácuo e é muito importante para os seres vivos, principalmente aos que fazem fotossíntese.
- 10. O som não se propaga no vácuo.
- 11. O comprimento de onda é formado por uma crista e um vale.

VERTICAL

- 1. Região negativa de uma onda.
- 3. Ondas transportam.
- 4. Dois feixes de luz, ao se cruzarem, não sofrem desvios.
- 6. Geração de uma onda independente da sua dimensão.
- 7. Repetições de um evento em certo intervalo de tempo.



8. Dentre as onze palavras chaves que compõe a palavra cruzada da atividade anterior, monte um **texto resumo** sobre o assunto em que, ao menos, oito dessas palavras estejam contidas.

AULA 2 – RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

1. De forma objetiva, descreva como Planck tentou resolver o problema da distribuição da energia radiante.

2. Se todos os corpos com temperaturas acima de 0 K emitem radiações eletromagnéticas então, por que os corpos não brilham no escuro?

3. Vamos considerar um corpo que tenha uma emissividade perfeita ($\epsilon = 1$) e as temperaturas de 300 K, 3000 K, 4000 K e 6000 K na qual ele pode atingir. Calcule:

a) A radiância (R) para cada temperatura.

b) O comprimento de onda máximo (λ), medido em μm , para cada temperatura.

c) Utilizando a tabela a seguir, diga se o comprimento de onda calculado no item anterior está na região do infravermelho, visível ou ultravioleta. Caso esteja na região do visível, diga qual a cor emitida.

Luz	Comprimento de onda (10^{-7} m)	Frequência (10^{14} Hz)
Violeta	4,0 a 4,5	6,7 a 7,5
Anil	4,5 a 5,0	6,0 a 6,7
Azul	5,0 a 5,3	5,7 a 6,0
Verde	5,3 a 5,7	5,3 a 5,7
Amarela	5,7 a 5,9	5,0 a 5,3
Alaranjada	5,9 a 6,2	4,8 a 5,0
Vermelha	6,2 a 7,5	4,0 a 4,8

Adaptado de <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Claudia>, acessado em oct. 2018

d) Monte um gráfico da Radiância versus o comprimento de onda.

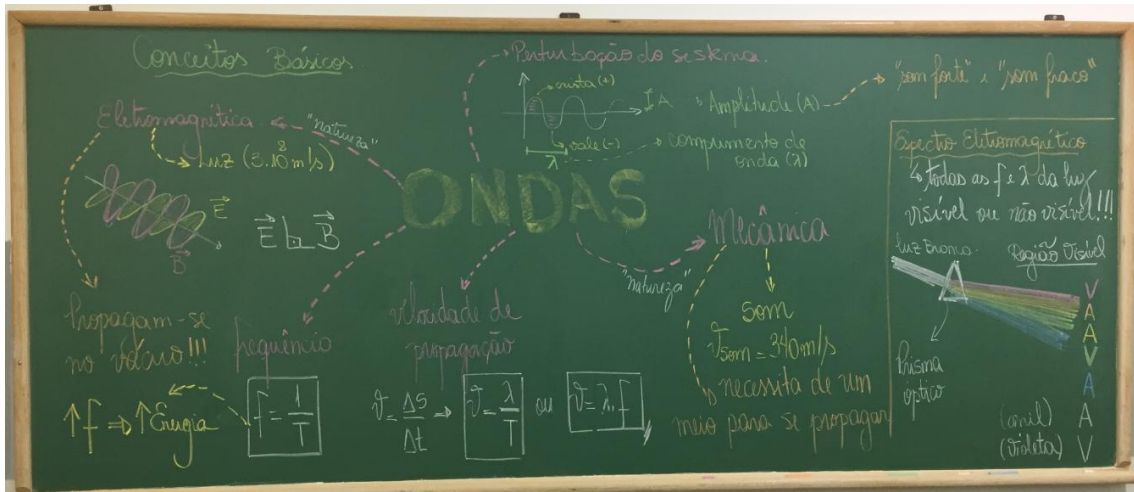
4. Utilizando o simulador do PhET® – Interactive Simulations, verifique se os picos e cores, calculados no exercício 3 item b e c, estão de acordo.

NA SUA CASA!!!
(Entregar na próxima aula)

5. Após a leitura do material e as atividades desenvolvidas em aula, monte um pequeno resumo sobre o assunto “radiação de corpo negro”.

6. Você sabe o que é um mapa mental? É uma ferramenta, normalmente colorida e chamativa, que possui o intuito de ajudar a organizar e relacionar os conceitos estudados com o máximo de detalhes. Nos mapas mentais é permitido desenhos e fórmulas ao contrário dos mapas conceituais.

Um exemplo de mapa mental foi à forma que fizemos a revisão de ondas e luz na aula passada.



Transforme seu resumo em um mapa mental.

AULA 3 – EFEITO FOTOELÉTRICO E PRODUÇÃO DE RAIOS X

PARTE I

1. Você já se perguntou, como as portas automáticas de shoppings funcionam? Quem acende as luzes dos postes? Intrigante né?! Convido você a fazer uma reflexão e levando seu conhecimento cotidiano, registre sua opinião para as duas perguntas e proponha uma explicação física para os dois fenômenos.

2. Ao lado temos a radiografia da mão direita de um certo paciente que, por infelicidade, fraturou o dedo anelar. Registre, a partir dos seus conhecimentos, como é possível obter essa imagem e uma explicação física para esse efeito.



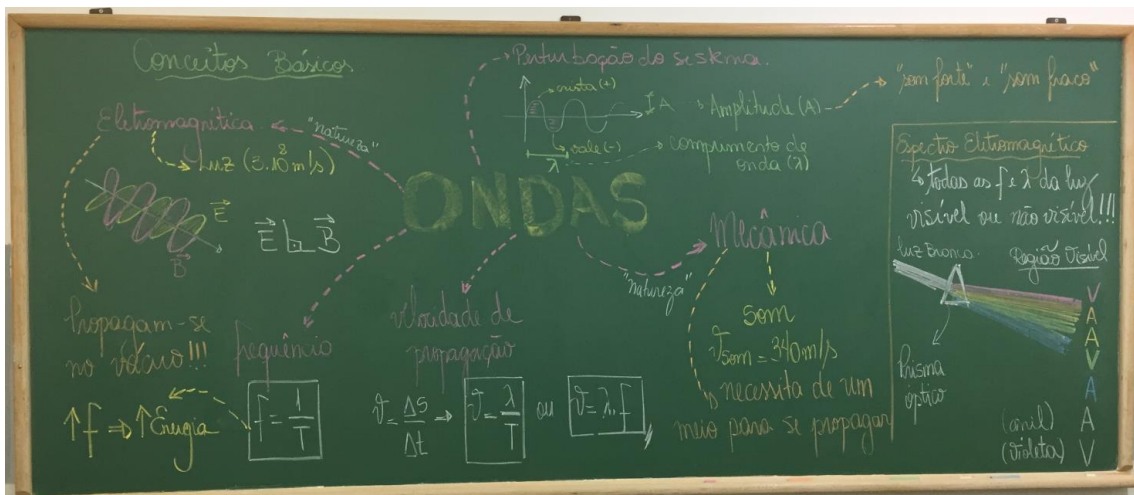
PARTE II

Após a discussão sobre as questões propostas na parte I e utilizando o material "Física Contemporânea: Uma abordagem às ideias quânticas para o Ensino Médio" refaça as respostas propondo uma explicação física mais elaborada e consistente.

NA SUA CASA!!! (Entregar na próxima aula)

1. Após a leitura do material e as atividades desenvolvidas em aula, monte um pequeno resumo sobre os assuntos "Efeito Fotoelétrico" e "Produção de Raio X".
Obs.: Faça os resumos separados.

2. Como fizemos na aula anterior, transforme os dois resumos em dois mapas mentais. Abaixo, deixo como exemplo de mapa mental, a lousa que montamos na primeira aula.



AULA 4 – ESPECTROS ATÔMICOS

PARTE I

1. Por que os fogos de artifícios são coloridos? Monte uma explicação para esse efeito.

2. Observe o experimento e tome notas:

SUBSTÂNCIA	CÁTION	COLORAÇÃO
Óxido de Cálcio		
Permanganato de Potássio		
Sulfato de Alumínio		
Carbonato de Sódio		
Nitrato de Cobalto		
Sulfato de Cobre		
Cloreto de Bário		
Lã (esponja) de aço		

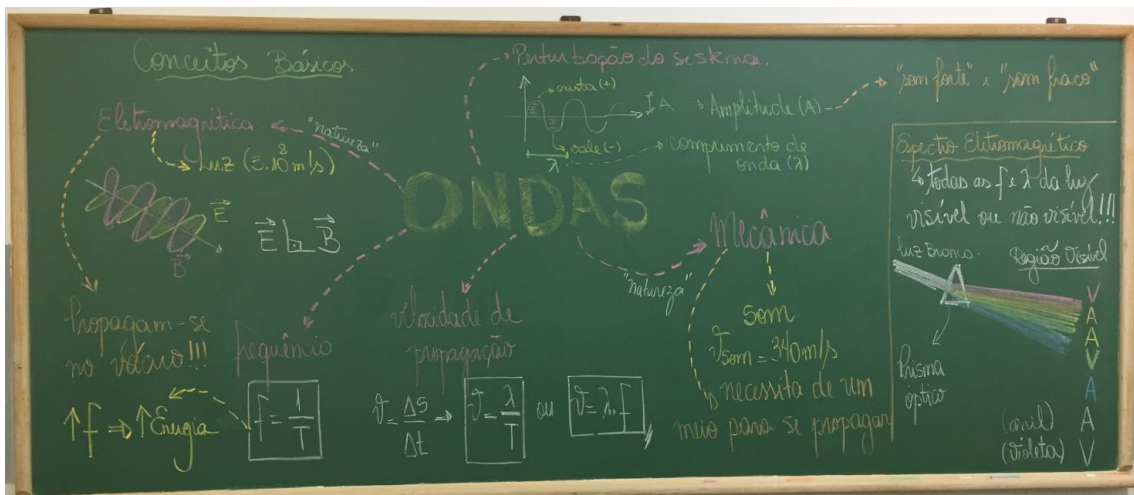
PARTE II

Após a discussão sobre as questões propostas na parte I e utilizando o material "Física Contemporânea: Uma abordagem às ideias quânticas para o Ensino Médio", refaça a resposta propondo uma explicação física mais elaborada e consistente.

NA SUA CASA!!! (Entregar na próxima aula)

1. Após a leitura do material e as atividades desenvolvidas em aula, monte um pequeno resumo sobre o assunto "Espectros Atômicos".

2. Como fizemos nas aulas anteriores, transforme o resumo em um mapa mental. Abaixo, deixo como exemplo de mapa mental, a lousa que montamos na primeira aula.



AVALIAÇÃO – ESPECTROS ATÔMICOS

Leia, reflita e responda:

O Sol é o astro mais importante do nosso sistema solar. Sua energia irradiada na forma de luz e calor são fundamentais para todos os seres vivos tais como as plantas que realizam fotossínteses e nós, seres humanos, que necessitamos da luz solar para regular nosso relógio biológico e produzir vitaminas. Este astro detém, segundo o site astro.com, 99,8% da massa do sistema solar e aproximadamente 109 vezes o diâmetro da Terra e sua temperatura, na superfície, é de aproximadamente 5500 °C. Porém, devido a sua alta temperatura, chegar até o Sol é algo um pouco complicado, portanto, como o ser humano conseguiu determinar a composição química do Sol?

APÊNDICE D

Modelo de Mapa Mental feito com os alunos

APÊNDICE E

Experimento – Teste da Chama

O TESTE DA CHAMA – ANÁLISE DE CÁTIONS.

INTRODUÇÃO

O teste da chama é uma técnica utilizada na química analítica para determinar a presença de alguns cátions metálicos em substâncias desconhecidas. Consiste em expor, a amostra em questão, a uma chama e observar a coloração emitida. Para que a coloração ocorra, a amostra deve estar em contato com a zona redutora da chama para que a coloração seja formada na zona oxidante.

Desta forma ocorrem as interações atômicas através dos níveis e subníveis de energia quantizada. Quando um objeto é aquecido, ele emite radiação, que pode ser observada através da sua cor. Um exemplo é o aquecimento de metais nas indústrias metalúrgicas, quando eles emitem uma cor vermelha intensa.

A tabela abaixo mostra as cores da chama formada na presença dos principais cátions.

CORES	COMPOSIÇÃO
ALARANJADO	Sais de cálcio (Ca^{2+}).
AMARELO	Sais de sódio (Na^+).
VERDE	Sais de bário (Ba^{2+}).
AZUL	Sais de cobre (Cu^{2+}).
VERMELHO	Sais de estrôncio (Sr^{2+}).
LILÁS	Sais de potássio (K^+).
ROXO	Mistura de sais de estrôncio e cobre.
PRATA	Metais titânio (Ti), alumínio (Al) e magnésio (Mg).
DOURADO	Metal ferro (Fe) e lã de aço

Adaptado de <https://brasilecola.uol.com.br/quimica>, acessado em oct. 2018.

OBJETIVOS

Este experimento tem como objetivo evidenciar a coloração da chama de uma na presença diversos cátions.

MATERIAIS

1 vela;

Caixa com palitos de fósforos;

Pinça de madeira (ou um prendedor de roupas);

Fio de Platina (ou uma resistência de chuveiro);

Ácido Clorídrico concentrado – HCl;

Óxido de Cálcio – CaO (conhecido como cal virgem);

Permanganato de Potássio – KMnO_4 (utilizado no tratamento de catapora);

Sulfato de Alumínio – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (utilizado para limpar piscinas);

Carbonato de Sódio – Na_2CO_3 (comercialmente chamado de barrilha);

Nitrato de Cobalto – $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$;

Cloreto de Bário – BaCl_2 ;

Lã de aço (comumente chamado de “*bombril*”)

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

5. Dobre uma pequena parte da extremidade, de um pedaço de fio, de resistência;
6. Passe a haste metálica no ácido e posteriormente na amostra levando-a até a chama da vela;
7. Observe a coloração e anote na tabela abaixo.

Observação: A pinça é para segurar a haste metálica diminuindo a chance de se queimar.

8. Repita o procedimento com todas as amostras anotando as colorações obtidas na tabela abaixo.

Observação: A utilização do cloreto de bário e do nitrato de cobalto, no experimento, deu-se devido a disponibilidade das substâncias no laboratório didático do colégio. Entretanto, pode-se testar diversas substâncias, sólidas, que tenham cátions metálicos em sua composição.

SUBSTÂNCIA	CÁTION	COLORAÇÃO
Óxido de Cálcio		
Permanganato de Potássio		
Sulfato de Alumínio		
Carbonato de Sódio		
Nitrato de Cobalto		
Sulfato de Cobre		
Cloreto de Bário		
Lã (esponja) de aço		

REFÊRENCIA

Adaptado de <https://www.infoescola.com/quimica/teste-da-chama/>, acessado em set. 2018.

APÊNDICE F

Questionários de opinião aplicados aos alunos

Questionário 1 – Aplicado antes de iniciar o trabalho.

Disponível em: <https://goo.gl/forms/HXUEKkRfGBIcX1Qf1>

12/12/2018

MNPEF - QUESTIONÁRIO 1 (ALUNOS)

MNPEF - QUESTIONÁRIO 1 (ALUNOS)

Este conjunto de perguntas visa obter sinceras opiniões sobre a disciplina de Física e os conteúdos trabalhados em sala de aula. É de muita importância que seja respondido com sinceridade pois, sua opinião é significativa para nós professores e também, permitir estudar maneiras de melhorar o ensino da Física nas escolas.

* Required

1. Você gosta de estudar Física? *

Check all that apply.

- SIM
- NÃO

2. Para você, as disciplinas de Física e Matemática possuem alguma diferença? *

Check all that apply.

- SIM
- POUCA
- NÃO

3. Qual a diferença entre a Física e a Matemática? *

Check all that apply.

- NÃO HÁ
- A TEORIA
- AS FÓRMULAS
- NÃO SEI

4. Para você, o ensino da Física tem alguma importância? *

Check all that apply.

- NÃO TEM
- POUCA
- MUITA

5. A Física é uma disciplina: *

Check all that apply.

- MUITO FÁCIL
- FÁCIL
- DIFÍCIL
- MUITO DIFÍCIL

6. Qual a maior dificuldade que você encontra na disciplina de Física? **Check all that apply.*

- COMPREENDER OS CÁLCULOS
- RELACIONAR A TEORIA E PRÁTICA
- INTERPRETAR A TEORIA
- A MANEIRA QUE É TRABALHA PELO PROFESSOR
- NÃO TENHO

7. Você consegue relacionar os conteúdos estudados em Física, na sala de aula, com seu cotidiano e as tecnologias ao seu redor? **Check all that apply.*

- SIM
- POUCO
- NÃO

8. Nas aulas de Física, os assuntos estudados lhe desperta interesse? **Check all that apply.*

- MUITO
- POUCO
- NENHUM

Questionário 2 – Aplicado aos alunos ao termino das aulas de Física Moderna.

Disponível em: <https://goo.gl/forms/XQ98ErYQlpiQeiKK2>

12/12/2018

MNPEF - QUESTIONÁRIO 2 (ALUNOS)

MNPEF - QUESTIONÁRIO 2 (ALUNOS)

Este conjunto de perguntas visa obter sinceras opiniões sobre as aulas de Física Moderna e os conteúdos trabalhados em sala de aula. É de muita importância que seja respondido com sinceridade pois, sua opinião é significativa pois contribuirá para estudos em prol da melhoria do ensino da Física nas escolas.

* Required

1. Sobre as aulas de Física Moderna: *

Check all that apply.

- MUITO INTERESSANTE
- POUCO INTERESSANTE
- COMUM

2. Na sua opinião, a inserção de aulas de Física Moderna, no ensino médio é: *

Check all that apply.

- IMPORTANTE, POIS AMPLIA O CONHECIMENTO PARA COMPREENDER A NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS
- POUCO IMPORTANTE, POIS NÃO PERTENCE AO MEU COTIDIANO
- DESNECESSÁRIO, POIS JÁ TEM MUITAS FÓRMULAS PARA DECORAR

3. O uso e confecção dos mapas mentais nas, atividades, ajudou a entender e relacionar os conteúdos estudados? *

Check all that apply.

- MUITO
- POUCO
- NADA

4. Após o uso dos mapas mentais nas aulas de Física Moderna, houve interesse, da sua parte, em aplicá-los nas outras disciplinas? *

Check all that apply.

- MUITO
- POUCO
- NADA

5. Selecione as disciplinas em que você passou a aplicar os mapas mentais, após as aulas de Física Moderna. *

Check all that apply.

- LITERATURA
- GRAMÁTICA
- REDAÇÃO
- HISTÓRIA
- GEOGRAFIA
- MATEMÁTICA
- BIOLOGIA
- QUÍMICA
- INGLÊS
- ARTES

6. Caso tenha alguma consideração, sinta-se a vontade em escreve-la.
