



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
PRODUTO EDUCACIONAL**



**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS**

**ELISMAR GONÇALVES DA SILVA
MARTA JOÃO FRANCISCO SILVA SOUZA**

**JATAÍ
2017**

ELISMAR GONÇALVES DA SILVA

MARTA JOÃO FRANCISCO SILVA SOUZA

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

A Evolução dos Modelos Atômicos

Produto Educacional vinculado à dissertação Uma Sequência de Ensino Investigativa sobre a evolução dos modelos atômicos: a busca pela argumentação em aulas de Física

Autorizo, para fins de estudo e de pesquisa, a reprodução e a divulgação total ou parcial desta dissertação, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

SIL/seq	Silva, Elismar Gonçalves da. Sequência de Ensino Investigativa: a evolução dos modelos atômicos [manuscrito] / Elismar Gonçalves da Silva. -- 2017. 60 f.; il. Orientadora: Prof ^a . Ma. Marta João Francisco Silva Souza. Produto Educacional (Mestrado) – IFG – Câmpus Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2017. Bibliografias. 1. Ensino de Física. 2. Sequência de Ensino Investigativa. 3. Modelos atômicos. 4. Produto Educacional. I. Souza, Marta João Francisco Silva. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título. CDD 530.7
---------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

APRESENTAÇÃO

Caro colega professor (a),

A sequência de ensino investigativa aqui apresentada compõe o Produto Educacional da dissertação de Mestrado em Educação para Ciências e Matemática, intitulada UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: A BUSCA PELA ARGUMENTAÇÃO EM AULAS DE FÍSICA, defendida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí. Pretendemos que seja um recurso didático para auxiliar você, professor (a) de Física, em seus planejamentos.

O objetivo dessa proposta foi ensinar sobre a evolução dos modelos atômicos, abordando tópicos de Física Moderna no ensino médio. Buscamos promover, por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), a argumentação dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades próprias de cidadãos alfabetizados cientificamente, ou seja, cidadãos conscientes e capazes de utilizar os conhecimentos científicos aprendidos na escola para resolver problemas cotidianos.

Os encontros descritos nessa sequência foram planejados para uma turma com dificuldades na leitura e na expressão de ideias por meio da escrita, mas você poderá adaptá-los à realidade de seus alunos. As atividades investigativas, os materiais utilizados, as estratégias de ensino utilizadas poderão contribuir de forma significativa para sua prática em sala de aula. Assim, apresentamos as temáticas que nortearam nossa pesquisa de Mestrado e contribuíram para a elaboração desta sequência de ensino.

Conscientes da importância do papel do professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem de Ciências, esperamos que este material possa contribuir com o planejamento de suas aulas e para a melhoria do ensino de Física na educação básica.

Bom trabalho!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	04
A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.....	06
O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	07
A SEQUÊNCIA DE ENSINO: A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS	12
Primeiro encontro: aulas 1, 2 e 3.....	13
Segundo encontro: aulas 4 e 5	16
Terceiro encontro: aulas 6 e 7	18
Quarto encontro: aulas 8 e 9	20
Quinto encontro: aulas 10, 11 e 12	21
Sexto encontro: aulas 13, 14 e 15	24
Sétimo encontro: aulas 16, 17 e 18	27
Oitavo encontro: aulas 19 e 20	31
ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	32
REFERÊNCIAS	33
ANEXOS.....	35

INTRODUÇÃO

Esta proposta buscou elaborar e implementar em sala de aula uma sequência de ensino, cujas atividades sejam capazes de permitir aos estudantes fazer uso de procedimentos científicos em outros contextos e a aprender sobre Ciências de forma diferente da memorização mecânica do ensino tradicional, conforme proposto por Carvalho (2013). Para isso, propomos atividades a partir de problematizações, abordagens de conceitos priorizando a história da Ciência e metodologias que incluam a leitura de textos científicos e a produção escrita.

Os PCN+ propõem um ensino de Física que faça sentido para os estudantes, que considere as tecnologias presentes na sociedade e que esteja voltado para a formação de cidadãos conscientes e capazes de compreender, intervir e participar do meio em que vivem (BRASIL, 2002).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) estas competências e habilidades estão relacionadas à investigação e compreensão, à linguagem física e sua comunicação e à contextualização histórico-social. Daí a necessidade de promover um ensino de Física contextualizado e integrado às vivências dos estudantes, tal qual sugerido no documento. Uma Física que explique a formação do arco-íris, os raios lasers, os talões da conta de luz, o consumo de combustíveis, a televisão, as células fotoelétricas, dentre outros, e que explique ainda os princípios e conceitos que levem à compreensão de tais assuntos (BRASIL, 1999).

Diante de todas essas expectativas, a presente proposta visa propiciar aos estudantes um ambiente de interações sociais, oportunizar momentos de discussões, promover a resolução de problemas e a argumentação, e fomentar o desenvolvimento de habilidades que indiquem estar em processo a Alfabetização Científica (AC), aqui entendida como o processo que conduz os estudantes a se valer da Ciência na resolução de problemas e na tomada de decisões em situações cotidianas (SASSERON; MACHADO, 2017).

Para que você, professor (a) tenha em mãos um material que o (a) auxilie a

planejar suas aulas, estruturamos esta proposta abordando os seguintes pontos:

- Breve discussão sobre a inserção de tópicos de Física Moderna (FM) no ensino médio;
- Alguns pressupostos e conceitos do ensino por investigação, abordando as características da SEI, bem como as concepções alusivas à AC dos estudantes;
- Descrição da sequência de ensino, explicando cada encontro, as atividades investigativas elaboradas, os materiais utilizados, as atividades escritas propostas, os textos e vídeos selecionados, os *slides* para apresentação em *Power Point*, dentre outros.

No final apresentamos algumas considerações para você que fará uso de nossa sequência em sua prática pedagógica.

A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Entendemos que as novas perspectivas de preparar os estudantes do ensino médio para a cidadania, para a vida e para o aprendizado permanente, demandam um ensino de Física que considere os avanços científicos e tecnológicos para um melhor entendimento do mundo atual. E isso implica se valer dos tópicos de FM na grade curricular.

Nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio são apresentados exemplos de ações que o professor poderá implementar ao trabalhar os temas estruturadores de Física, propostos pelos PCN+. Esse documento faz menção, inclusive, ao uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) e do enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), com potencial para contribuir nesse novo cenário do ensino de Física.

Autores como Terrazan (1992) e Ostermann e Moreira (2000) defendem que os conteúdos de FM influenciam na compreensão do mundo criado pelo homem atual, contribuindo para a formação de cidadãos capazes de intervir no meio em que vivem, justificando assim a importância de se pensar formas para a inserção da temática no ensino médio.

Sabemos que as dificuldades encontradas por professores, para a inserção de tópicos de FMC em sala de aula, vão desde os problemas relacionados à carga horária limitada às escolhas dos conteúdos a abordar. Mas é possível desenvolver um bom trabalho. Para isso, cada professor (a) precisa desenvolver a capacidade de investigar propostas e metodologias utilizadas por outros profissionais de educação, de organizar e selecionar os assuntos de maneira que façam sentido para os estudantes e estejam ancorados nos objetivos de ensino estabelecidos, de refletir sobre sua prática.

Implementar propostas com o uso de metodologias com abordagem investigativa tem sido uma opção adotada por muitos professores e tem contribuído para a inserção de tópicos de FM no ensino médio, para a motivação dos estudantes e para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de Ciências.

O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Para que nossos colegas professores (as) compreendam as bases dos estudos que deram origem à sequência de ensino apresentada neste produto educacional, explicitaremos as perspectivas do ensino por investigação e os elementos necessários para o planejamento de atividades investigativas. Em seguida, discutiremos sobre os conceitos e propósitos da AC, a relação entre argumentação e ensino por investigação e o papel do professor como agente motivador nesse processo.

Perspectivas do ensino por investigação

Carvalho (2013) salienta que as transformações pelas quais passou a sociedade do século XX também atingiram a escola, enquanto transmissora do conhecimento. Dois fatores são apontados pela autora como influenciadores nesse processo: o primeiro foi o aumento considerável do conhecimento científico nesse período; o segundo, os trabalhos de pesquisadores (epistemólogos e psicólogos) sobre como os conhecimentos são produzidos, individual e socialmente. A autora esclarece quais são essas influências. De Piaget, a importância da problematização e dos conhecimentos prévios na construção do conhecimento científico; de Vigotsky, o processo de construção do conhecimento por meio das interações sociais. Tais aspectos são características principais do ensino por investigação que ela defende.

Assim, promover um ensino de Ciências voltado para a formação de cidadãos atuantes na sociedade é a perspectiva do ensino por investigação, que passa a requerer uma nova postura da escola.

Segundo Zômpero e Laburú (2011), há várias denominações e abordagens para o ensino por investigação, mas alguns aspectos ou etapas são comuns a todas elas. São eles:

- Deve partir de problemas;
- Emissão de hipóteses diante de um problema;

- Plano de ação para o processo investigativo e resolução do problema (manipulação/imaginação);
- Sistematização do conhecimento (informações) para construções de novos conceitos;
- Comunicação do conhecimento (oralidade ou escrita).

Carvalho (2013) argumenta que, apesar de tais aspectos estarem bem próximos aos adotados pelos cientistas em suas práticas, o que se propõe no ensino por investigação é proporcionar um ambiente investigativo nas aulas de Ciências, a fim de proporcionar aos estudantes a construção do conhecimento, interagindo com a cultura científica.

As Atividades Investigativas

Uma vez que estamos nos reportando ao ensino de Ciências, em especial ao ensino de Física, com o objetivo de conduzir os estudantes a se valerem dos conhecimentos científicos para tomada de decisões, características dos alfabetizados cientificamente, a prática pedagógica nesse processo precisa ir além da transmissão de conhecimento.

Azevedo (2004) enfatiza sobre a importância das atividades investigativas no ensino de Física, uma vez que têm o potencial de desenvolver nos estudantes habilidades como pensar, dialogar, justificar ideias, argumentar e aplicar os conhecimentos em situações diversas. Tais habilidades estão diretamente relacionadas ao que propõe Carvalho (2011) sobre os aspectos cruciais a serem considerados ao se planejar as atividades estruturantes da SEI. São eles:

- Iniciar a construção do conhecimento por meio de um problema;
- Levar o estudante da ação manipulativa para a intelectual;
- Promover a tomada de consciência das ações;
- Proporcionar momentos para as explicações científicas.

Entendemos que esses pontos são cruciais para desenvolver nos estudantes habilidades como observar, manipular, questionar, testar hipóteses, sistematizar ideias.

Outros pontos elencados pela autora e que devem ser considerados ao elaborar atividades investigativas são:

- A participação do estudante no processo;
- A interação aluno-aluno;
- O professor como elaborador de questões;
- Um ambiente encorajador;
- Considerar os conhecimentos prévios dos estudantes;
- Propor problemas significativos;
- Abarcar a relação CTS;
- Passagem da linguagem cotidiana para a científica

A partir dos pontos elencados, Carvalho (2013) propõe o desenvolvimento da SEI seguindo as seguintes etapas: a) proposição do problema e distribuição do material pelo professor, b) resolução do problema pelos alunos (em grupos), c) sistematização dos conhecimentos construídos, d) comunicação do conhecimento por meio da escrita e/ou desenhos.

Após estas etapas, que podem ser adaptadas a cada realidade de ensino, é importante a introdução, pelo professor, de atividades de sistematização e contextualização dos conhecimentos aprendidos. Estas podem ser feitas por meio de textos científicos, vídeos, filmes, história da ciência, dentre outros.

Portanto, corroborando as ideias dos referenciais aqui discutidos, acreditamos que as atividades investigativas são propícias para o ensino de Física no ensino médio por facilitar o desenvolvimento de conhecimentos conceituais e procedimentais, por ampliar a liberdade de pensar dos estudantes e por contribuir para a construção de sua autonomia intelectual.

A Alfabetização Científica

A AC tem sido defendida por muitos pesquisadores como um dos objetivos das Ciências, no sentido de proporcionar aos estudantes a compreensão da natureza da

Ciência enquanto formação humana e relacionar o conhecimento científico discutido na escola com seus problemas cotidianos.

Sasseron e Machado (2017) relacionam o terno ao ensino de Ciências “[...] cujo objetivo é a formação do indivíduo que o permita resolver problemas de seu dia a dia, levando em conta os saberes das Ciências [...]” (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 11).

Ao discorrer sobre o processo de investigação, Sasseron e Machado (2017) citam os “Indicadores da Alfabetização Científica” propostos por Sasseron (2008) como possibilidade de averiguação do processo de AC em curso. Esses indicadores estão diretamente relacionados com as ações de estudantes e professores durante atividades investigativas e devem ser encontrados no modo como os estudantes reagem, em sala de aula, quando há um problema a ser resolvido.

Os indicadores propostos por Sasseron (2008) foram arranjados em três grupos: 1) os que se relacionam aos trabalhos com os dados (**seriação de informações, organização de informações e classificação de informações**); 2) os que se relacionam à estruturação do pensamento dos estudantes (**raciocínio lógico e raciocínio proporcional**); 3) os que se relacionam com o entendimento da situação analisada (**levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação**).

Para Sasseron (2008), os indicadores aqui listados são “algumas competências”, que se desenvolvem quando se busca relações entre um problema investigado e as construções mentais necessárias para compreendê-lo. Daí a importância das atividades investigativas no ensino de Ciências, onde os estudantes são levados da posição passiva da aprendizagem para a de atores principais na construção do conhecimento.

Para o melhor entendimento destes descritores e como identificá-los nas ações e falas dos estudantes, durante uma atividade investigativa, sugerimos aos professores (as) a leitura do trabalho da autora.

A argumentação no ensino por investigação e o papel do professor

Ao falar em ensino por investigação, enquanto metodologia que visa o processo

de AC dos estudantes, precisamos considerar as interações discursivas em sala de aula e o papel de você, professor (a), como mediador nesse processo. Não é possível pensar o ensino por investigação sem atentar para as diversas formas de interações mediadas pela linguagem.

Nessa perspectiva, reforçamos a importância do papel do (a) professor (a) no processo ensino-aprendizagem, pois cabe a este (a) a responsabilidade do planejamento das atividades e o seu desenvolvimento na sala de aula, bem como a orientação durante as interações aluno-objetos, aluno-aluno, aluno-professor, aluno-conhecimento.

Assim, a argumentação deve ser estimulada para que os estudantes expressem suas ideias, pois por meio da linguagem se constrói os significados e estes, por sua vez, desencadeiam o processo de aprendizagem.

Sobre esse processo de argumentação em sala de aula, Sasseron e Carvalho (2011), ao desenvolverem seus trabalhos com SEI, propuseram o chamado ciclo argumentativo, que procurou entender a construção de argumentos pelos estudantes em sala de aula. O ciclo está relacionado com as etapas de desenvolvimento de uma SEI e seus movimentos com os dados do início da investigação, com a investigação em si para a resolução do problema e com a etapa final de sistematização e apropriação dos conhecimentos.

A seguir discorreremos sobre os aspectos da sequência de ensino proposta neste trabalho, apresentando as etapas desenvolvidas, as atividades propostas, os encontros, os materiais utilizados e como você, professor (a), poderá conduzir a implementação dos encontros.

A SEQUÊNCIA DE ENSINO: A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

Alguns esclarecimentos

A sequência de ensino aqui abordada foi planejada com o propósito de promover o ensino de tópicos de Física Moderna, utilizando algumas atividades investigativas, leitura de textos, história da ciência, simulação computacional. Nesse contexto, podemos delinear seu planejamento da sequência em duas etapas: a primeira, que incluiu a seleção dos conteúdos e a sondagem dos conhecimentos prévios; a segunda, a redefinição dos conteúdos e a estruturação das aulas, que incluiu todos os aspectos inerente a elas, como: seleção de textos, vídeos, elaboração de *slides*, materiais didáticos, atividades experimentais, atividades escritas, dentre outros.

Esta sequência foi planejada para ser desenvolvida em uma turma de terceira série de ensino médio de uma escola pública de Goiás e a escolha dos conteúdos se deu, principalmente, mediante consulta ao currículo proposto pela rede estadual para o quarto bimestre, por se tratar dos tópicos de Física Moderna, e estes estarem previstos para o final do período letivo.

A primeira ideia foi abordar os seguintes conteúdos: efeito fotoelétrico, dualidade onda partícula e átomo de Bohr. Aplicamos um questionário inicial para sondagem dos conhecimentos prévios da turma sobre o átomo. O questionário inicial continha as seguintes questões:

- 1 - Para você, o que é o átomo?;
- 2 - Represente um átomo de um elemento químico qualquer. Utilize desenhos, legendas e palavras para caracterizá-lo com o maior número de detalhes;
- 3 - De acordo com suas concepções, qual é o tamanho de um átomo?.

Pelos resultados do questionário, constatamos que a maioria da turma apresentou dificuldades em conceituar átomo e ainda o definiu com base em outros conceitos estudados na escola, como moléculas, ligações químicas, eletricidade.

Assim, optamos por trabalhar os tópicos de Física Moderna previstos no currículo, inserindo-os no contexto da história da evolução dos modelos atômicos. Os conteúdos trabalhados foram: modelagem científica, primeiros modelos atômicos, a descoberta do elétron, o modelo de Ernest Rutherford, estudo da espectroscopia, efeito fotoelétrico e modelo de Niels Bohr.

Nossos objetivos gerais foram:

- estimular os estudantes a resolver problemas, a argumentar, a trabalhar em grupo e a expressar opiniões de forma clara, utilizando a linguagem verbal e escrita;
- fomentar o desenvolvimento de habilidades que indiquem estar em processo a AC dos estudantes, tais como: levantar hipóteses, testar hipóteses, organizar dados, explicar e justificar fenômenos, prever situações e utilizar o raciocínio lógico na resolução de problemas;
- proporcionar um ambiente de interações sociais, oportunizando momentos de discussões;
- instigar os estudantes a refletir sobre a evolução histórica dos modelos atômicos e a desenvolver uma visão atualizada do mundo que os cercam.

A sequência foi planejada para ser desenvolvida em oito em oito encontros, perfazendo um total de vinte horas/aulas de cinquenta minutos, havendo a possibilidade de encontros no contraturno, em comum acordo com a turma e com a direção da escola.

Caso você professor (a) opte por utilizar nossa sequência na íntegra, outra possibilidade é buscar parceria com colegas de outras disciplinas e conseguir algumas aulas extras. A seguir, apresentamos os encontros, com a quantidade de aulas ministradas em cada um deles, os conteúdos a serem trabalhados e as atividades propostas.

Primeiro encontro: aulas 1, 2 e 3

Os objetivos específicos do primeiro encontro são:

- proporcionar momentos para levantamento de hipótese, argumentação, resolução de problemas e manipulação de materiais;

- compreender a importância dos modelos no meio científico;
- analisar a evolução histórica e compreender as características dos modelos da estrutura atômica, de Demócrito a Dalton;
- compreender a influência da descoberta do elétron para a evolução dos modelos atômicos.

Os conteúdos a serem abordados são: apresentação da proposta; atividade investigativa 1: A Caixa Mágica; modelagem científica: o papel dos modelos e das representações no meio científico; modelos da estrutura atômica: de Demócrito a Dalton; a descoberta do elétron.

➤ **Aula 1: Apresentação da proposta e início da atividade investigativa 1**

Professor (a), inicie a aula com uma breve apresentação da proposta que será desenvolvida nos oito encontros. Em seguida, proponha o início da atividade investigativa 1, que consiste na apresentação de uma pequena caixa de papelão com dois palitos, um em cada lado da caixa, e ligados entre si por um sistema de transmissão de forças existente dentro da caixa, que não pode ser visto. A caixa deve ser construída de forma que, quando se movimenta um dos palitos, o outro também se movimenta do lado oposto. A ilustração da caixa, construída para esta sequência, pode ser vista na Figura 1, a seguir.



Figura 1 - Caixa utilizada na atividade investigativa 1

Após apresentar a caixa, proponha o seguinte problema: “O que está acontecendo dentro da caixa que permite o movimento simultâneo dos palitos? ”. Incentive os estudantes a elaborar suas hipóteses sobre o funcionamento da caixa, fazendo

perguntas do tipo: “Por que quando movimentamos um dos palitos, o outro também movimenta? Como vocês podem descrever o interior da caixa? ”. Este é o momento em que os estudantes devem argumentar e explicitar as hipóteses levantadas.

O próximo passo é permitir que os estudantes, em grupo, manuseiem a caixa e respondam ao problema proposto. Depois de todos manusearem a caixa e trocar ideias, cada estudante deverá responder, em uma folha à parte, a seguinte questão:

“Na sua opinião, o que estaria acontecendo dentro da caixa que permite o movimento simultâneo dos palitos? Explique e desenhe como deverá ser o sistema (modelo) no interior da caixa”.

➤ **Aula 2: Roda de conversa e leitura de texto científico**

Este é o momento em que os estudantes devem justificar suas escolhas, opiniões e respostas sobre o funcionamento da caixa. Na verdade, apesar de ser colocado um problema para resolução, é importante deixar claro para os alunos que pode haver várias respostas, dependendo do ponto de vista de cada um durante a manipulação do material. No final, o segredo na caixa não deve ser revelado aos estudantes, pois o objetivo é que compreendam que a maioria dos modelos científicos não podem ser verificados, porque são representações. Após as discussões, entregue aos estudantes o texto “A Modelagem Científica” (ANEXO A). Proceder com a leitura compartilhada e a discussão das ideias principais.

➤ **Aula 3: Modelos da estrutura atômica de Demócrito a Dalton**

Inicie a aula com o vídeo “Do micro ao macrocosmo”, disponível no site https://www.youtube.com/watch?v=Pq_bb-4WPyM&t=77s. O objetivo é chamar a atenção dos estudantes para o mundo micro, das coisas infinitamente pequenas, invisíveis a olho nu, pois é onde se encontram os átomos.

Em seguida, utilizando-se de *slides* (ANEXO B - *slides* nº 1 ao nº 12), faça uma abordagem histórica e de forma dialogada, sobre a evolução do conceito de átomo, apresentando os principais filósofos e cientistas do século IV a.C. ao século XX d.C.) que

tentaram explicar a composição da matéria, apontando as principais características dos modelos da estrutura atômica propostos nesse período. Em seguida, complementa a sistematização apresentando o vídeo “A descoberta do elétron”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=4g0tX6WcUvo> e, de forma dialogada, faça a abordagem do modelo atômico proposto por J.J. Thomson, conhecido como “Pudim de passas”. Sugerimos, também, os *slides* (ANEXO B – *slides* nº 13 ao nº 16) como suporte didático.

Após a abordagem do modelo de Thomson, sugerimos o texto “Modelos atômicos” (ANEXO C), que contém as principais ideias discutidas na aula, para que os estudantes leiam em casa para discussão no próximo encontro. O objetivo dessa proposta é incentivar a prática da leitura e apresentar os primeiros modelos atômicos formulados.

Após esse momento, em folha à parte para ser recolhida, solicite que os estudantes respondam a atividade 2, composta por duas questões: 1) “Em que aspectos os resultados das experiências com os raios catódicos não foram explicados por Dalton, influenciando assim Thomson a formular um novo modelo para a estrutura atômica da matéria?; 2) Por que Thomson concluiu que os elétrons poderiam ser encontrados em átomos de todos os elementos?”.

Segundo encontro: aulas 4 e 5

Os objetivos específicos para esse encontro são:

- Resolver um problema, utilizando um aparato experimental, estimulando os estudantes a pensar, dialogar, sistematizar e justificar ideias;
- Ter noção de como é feito o trabalho dos cientistas ao realizarem pesquisas relacionadas ao mundo microscópico;
- Ser capaz de argumentar sobre os resultados da experimentação.

O conteúdo para este encontro é o desenvolvimento da atividade investigativa 2 intitulada “Imaginando o invisível”. Para o desenvolvimento da atividade, que deve ser realizada em grupo, são necessários os seguintes materiais: bolas de gude, um aparato

construído por nós com hastes de ferro em formato de “Y” e quatro bolas de borracha acopladas nas pontas das hastes para formar um único objeto, uma placa quadrada de madeira compensada, conforme pode ser observado na Figura 2.

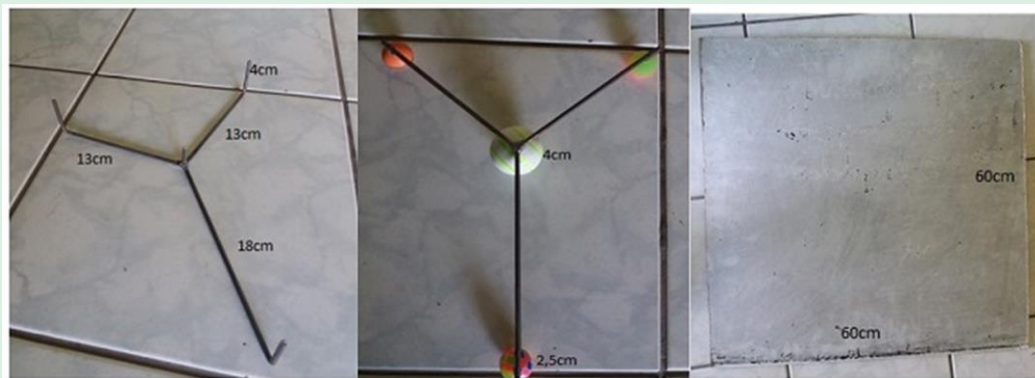


Figura 2 - Materiais para a atividade investigativa 2

Para acoplar as bolas de borracha nas pontas das hastes é só fazer um furo com prego ou arame. Para a base de madeira, reaproveitamos pedaços de quadro branco, disponíveis na escola. A placa é colocada sobre o objeto, de forma que este fica oculto. Na construção do aparato experimental, buscamos fazer uma alusão ao experimento de Rutherford, assunto do próximo encontro. O objetivo da atividade é inserir os estudantes em uma atividade investigativa e proporcionar momentos para que elaborem hipóteses, testem estas hipóteses, organizem dados, elaborem plano de ação, pensem, organizem ideias, expliquem, justifiquem, façam previsões, ou seja, utilizem habilidades próprias do fazer científico para resolver um problema.

É importante salientar que a sala destinada à manipulação dos materiais seja diferente, pois parte do material a ser utilizado não pode ser visto pelos estudantes. Coloque um conjunto de materiais para cada grupo, mantendo uma certa distância entre eles.

➤ Aula 4: Proposição do problema e manipulação dos materiais

Professor (a), inicie a aula com uma revisão sobre os modelos atômicos já estudados, debatendo as ideias do texto que os estudantes levaram para leitura em casa. Nesse momento é importante instigar os estudantes a argumentar sobre os conceitos já

aprendidos, fazendo perguntas do tipo: “ Por que os modelos foram elaborados? Qual era o contexto histórico na época? A ciência é imutável? Por que? ” Explique que a atividade investigativa 2 consiste na resolução de um problema utilizando os materiais disponíveis. Saliente que eles não podem olhar debaixo da placa. Apresente o seguinte problema: “O que há debaixo da tábua? Elabore um modelo que represente esse objeto, justificando e explicando sua resposta”.

Cada grupo deverá responder ao problema proposto utilizando os materiais disponíveis. Espera-se que os estudantes discutam em grupo e pensem estratégias para descobrir o que há debaixo da tábua. As hipóteses levantadas, as ações, o modelo para o objeto oculto, devem ser registrados por cada grupo. Durante a realização da atividade, você, professor (a), desempenha um papel de mediador (a), fazendo questionamentos sobre as ações dos grupos, a fim de direcioná-los para a resolução do problema.

➤ **Aula 5: Registro das ideias por escrito e sistematização**

Após a manipulação dos materiais, proponha aos grupos que respondam às seguintes questões: “Sobre o aparato experimental, o que há debaixo da tábua? Como chegaram à resposta (ações)? Por que chegaram a tal conclusão? Elabore um modelo que represente esse objeto”. Espera-se que os estudantes argumentem por escrito sobre “como” fizeram e “porque” chegaram às conclusões discutidas no grupo. Em seguida, promova uma discussão para que cada grupo relate suas conclusões. Seu papel nessa discussão é crucial, pois é o momento em que os questionamentos precisam ser feitos de forma direcionada, no sentido de buscar nas falas dos estudantes as informações sobre o que realizaram. Por meio de questionamentos conduza a sistematização das ideias, fazendo alusão ao trabalho dos cientistas em suas pesquisas.

Terceiro encontro: aulas 6 e 7

Os objetivos específicos para esse encontro são:

- mostrar a necessidade de um novo modelo para explicar o átomo, após o experimento realizado por Rutherford;

- compreender a estrutura do modelo de Rutherford e o contexto histórico em que foi concebido;
- diferenciar os modelos de Dalton, Thomson e Rutherford.

O conteúdo a ser abordado no encontro é o modelo atômico de Ernest Rutherford.

➤ **Aula 6: Introdução ao modelo de Rutherford**

Inicie a aula fazendo uma revisão sobre o modelo atômico de Thomson com alguns questionamentos: “Como foi chamado o modelo? O que Thomson descobriu? O que ele utilizou em suas experimentações?” É importante fazer a revisão, chamando a atenção sobre as diferenças entre os modelos e os fatores que favoreceram as rupturas de um modelo para o outro, a fim de proporcionar a compreensão da evolução dos modelos atômicos ao longo dos anos. Promova uma discussão, questionando os estudantes sobre os pontos importantes.

Após a revisão dos modelos já estudados, sugerimos os *slides* (ANEXO D) e o vídeo “Experimento de Rutherford”, disponível no site <https://www.youtube.com/watch?v=CRU1ltJs2SQ>, para apresentar o contexto histórico da época, os experimentos e as características do modelo atômico de Ernest Rutherford. Contextualize a atividade investigativa do encontro anterior, fazendo um paralelo entre a investigação realizada e os experimentos realizados sob a orientação de Ernest Rutherford em 1909. Instigue os estudantes a apresentarem as possíveis semelhanças.

➤ **Aula 7: Avaliação**

Ao final do encontro, proponha uma produção textual individual, onde os estudantes devem escrever o que aprenderam sobre os modelos atômicos já estudados. Entregue a atividade em folha impressa com a seguinte instrução: “Redija um texto explicitando o que mais lhe chamou a atenção no estudo da evolução dos modelos atômicos até o momento. Mencione os acontecimentos que ocorreram para que fosse necessário substituir um modelo por outro. Dê um título ao seu texto”.

Quarto encontro: aulas 8 e 9

Os objetivos específicos previstos para esse encontro são:

- Discutir sobre a importância dos estudos sobre a luz no contexto histórico da evolução dos modelos atômicos;
- Construir um espectroscópio caseiro simples.

Os conteúdos a serem abordados são: desenvolvimento da espectroscopia, o problema das linhas espectrais de Joseph V. Fraunhofer e os modelos atômicos, construção de um espectroscópio caseiro simples.

➤ **Aula 8: Estudo da luz**

Inicie o encontro com uma revisão sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford. Para isso, utilize os *slides* (ANEXO E – *slides* nº 1 ao nº 4). Objetiva-se com essa revisão, reforçar as características dos modelos e os acontecimentos que marcaram a ruptura de um modelo para outro. Em seguida, para sondar o conhecimento prévio sobre o assunto da aula, proponha o seguinte questionamento: “O que é a luz?”. Ouça as respostas dos estudantes, para posterior inferência.

Retomando os slides (nº 5 ao nº 14) apresente o retrospecto histórico sobre a natureza ondulatória da luz. Discorra sobre o espectro eletromagnético de Maxwell, entregando um exemplar impresso dele, para cada estudante. Relembre com os alunos as características das ondas, como período, amplitude, comprimento de onda, frequência. Para provocar uma maior discussão, instigue os estudantes com questionamentos, como: “O que é a frequência de uma onda? E comprimento de onda? Qual a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética?”. As discussões sobre a natureza ondulatória da luz têm o objetivo de preparar os estudantes para a retomada da teoria corpuscular, que provocará a formulação de outro modelo atômico.

Após as discussões, apresente parte do vídeo da série “Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo”, apresentada pelo físico Neil deGrasse Tyson, intitulado “Escondido na luz” (iniciar em 17’28” até 33’08”). Este trecho trata das descobertas de Isac Newton

sobre a luz e as descobertas de Joseph V. Fraunhofer sobre as linhas espectrais escuras. O vídeo está disponível no site <http://www.dailymotion.com/video/x2fduwe> (último acesso em 13 de setembro de 2017). Explique que espectro é a separação da luz em suas cores componentes e que as linhas espectrais escuras descobertas por Fraunhofer foram um fator desencadeador para a formulação de um novo modelo atômico. Daí a razão de inserirmos em nossa sequência tópicos relacionados à espectroscopia.

➤ **Aula 9: Construção do espectroscópio caseiro simples**

Professor (a), explique que o espectroscópio é um instrumento utilizado para observar os espectros da luz emitida e proponha a construção de um espectroscópio caseiro, a fim de serem utilizados para observação de espectros de algumas fontes de luz no próximo encontro. Para isso, utilize o roteiro proposto por Brockington (2005) (ANEXO F). Conforme este roteiro, os materiais utilizados na construção dos espectroscópios são: fita isolante, fita adesiva, papel color set preto, 1 CD, cola, régua, estilete, tesoura, tubo de papelão (ex.: tubo de papel higiênico), e devem ser disponibilizados aos estudantes para que cada um faça o seu instrumento. Um espectroscópio pronto está mostrado na Figura 3.



Figura 3 - Espectroscópio caseiro simples (BROCKINGTON, 2005)

É importante que você professor (a), durante a confecção do material, oriente os estudantes no desenvolvimento da atividade, para que os espectroscópios sejam construídos conforme o roteiro.

Quinto encontro: aulas 10, 11 e 12

Os objetivos específicos desse encontro são:

- Observar fontes de luz, identificando os tipos de espectros de emissão característicos de cada uma delas, se contínuo ou discreto;
- Descrever as cores dos espectros das lâmpadas observadas;
- Compreender os aspectos da espectroscopia que não foram explicados pelos modelos atômicos de Thomson e Rutherford.

Os conteúdos a serem abordados são: espectros de algumas fontes luminosas, tipos de espectros: contínuo e discreto, estudos da espectroscopia na formulação dos modelos atômicos.

O ideal é que o encontro aconteça no turno noturno em um ambiente escuro, de preferência, para uma melhor visualização dos espectros das lâmpadas. Se não for possível, você professor (a) deve tentar escurecer o ambiente, com cortinas por exemplo.

A atividade envolve a observação das seguintes lâmpadas: fluorescente tubular, fluorescente compacta, de Led, incandescente, luz negra, de vapor de mercúrio e de vapor de sódio. O objetivo é observar diferentes tipos de espectros, para que os estudantes identifiquem quais lâmpadas apresentam espectro contínuo e quais apresentam espectro discreto. Providencie também algumas redes de difração, para o caso de possíveis falhas no funcionamento dos espectroscópios caseiros. Observe uma lâmpada de cada vez.

Na Figura 4 podem ser visualizados alguns materiais para a aula. Da esquerda para a direita os materiais: rede de difração, lâmpada de vapor de mercúrio, base com soquete acoplado e alguns tipos de lâmpadas.



Figura 4 - Materiais utilizados para observar os espectros

➤ **Aula 10: Formação dos grupos e levantamento de hipóteses**

Professor (a), inicie esta aula fazendo uma revisão sobre as observações dos espectros discretos por Joseph V. Fraunhofer. Explique que os espectros de algumas fontes luminosas serão observados. Forme grupos com três pessoas e apresente as lâmpadas. Peça que cada grupo responda, por escrito, à seguinte questão: “Considerando as diferentes fontes luminosas, pode-se dizer que as luzes emitidas por elas apresentam espectros diferentes? Ou haveria algumas com espectros iguais? Justifique sua resposta.” Pretende-se com esse questionamento que os estudantes levantem hipóteses sobre os espectros das lâmpadas, trocando ideias com os colegas do grupo.

Após o levantamento das hipóteses pelos grupos, prossiga com a atividade, ligando as diferentes lâmpadas, uma de cada vez, para que os estudantes observem os seus espectros.

➤ **Aula 11: Observação dos espectros das lâmpadas**

Durante a observação, oriente os grupos a descrever os espectros de cada lâmpada, respondendo às questões: “1) Utilizando seu espectroscópio observe e descreva o espectro de cada fonte disponível. Sugestão: Organize seus dados, representando os espectros observados com lápis de cor; 2) Faça comparações, sistematize seus resultados e verifique se confirmam a resposta ao questionamento feito antes da observação dos espectros”. Espera-se que os estudantes percebam que as lâmpadas de gás emitem espectros discretos, diferentes dos espectros contínuos das lâmpadas de emissão por aquecimento de sólido.

A seguir, imagens do momento de observação dos espectros, ao implementarmos a sequência em sala de aula (Figura 5):

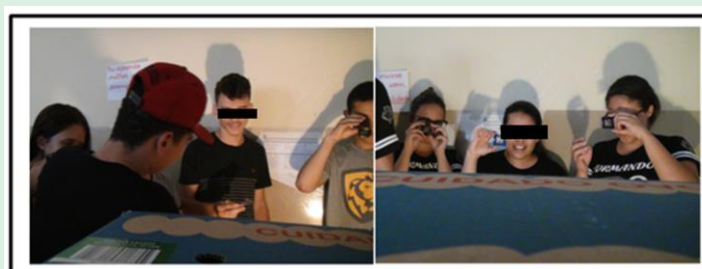


Figura 5: Observação dos espectros das lâmpadas

➤ **Aula 12: Sistematização dos conceitos**

Após a observação dos espectros, utilize *slides* (ANEXO G) e explique sobre a importância da espectroscopia para os estudos dos modelos atômicos. É importante que os estudantes compreendam que as informações sobre as propriedades físicas de um objeto podem ser obtidas a partir de seu espectro. A seguir, apresente a parte final do vídeo “Escondido na luz” da série Cosmos (iniciar em 36’35” até 40’54”), que explica como a observação dos espectros da luz das estrelas permite identificar o que há na atmosfera desses corpos celestes.

Após a exibição do vídeo, você professor (a), deve fazer o seguinte questionamento aos estudantes: “Mas, por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?”. Explique que os modelos atômicos de Thomson e de Rutherford não esclareciam o problema das raias espectrais e que no próximo encontro será abordado outro assunto que também contribuiu para a formulação dos modelos atômicos.

Sexto encontro: aulas 13, 14 e 15

Como esta sequência de ensino foi pensada para a abordagem da evolução histórica dos modelos atômicos, incluímos o efeito fotoelétrico, pois foi o responsável em abalar as bases do modelo ondulatório da luz e retomar as discussões sobre o modelo corpuscular. Assim, os objetivos específicos para esse encontro são:

- identificar as variáveis relevantes na ocorrência do efeito fotoelétrico;
- Compreender a importância dos resultados do efeito fotoelétrico para a retomada do modelo corpuscular da luz e, conseqüentemente, para a compreensão da estrutura da matéria.

Os conteúdos a serem abordados são: efeito fotoelétrico, atividade investigativa 3: simulação computacional do efeito fotoelétrico.

O encontro deve acontecer no laboratório de informática. Na Figura 6, apresentamos a interface do objeto de aprendizagem proposto para a abordagem do efeito fotoelétrico, disponível no site <http://www.fisica.ufpb.br/>.

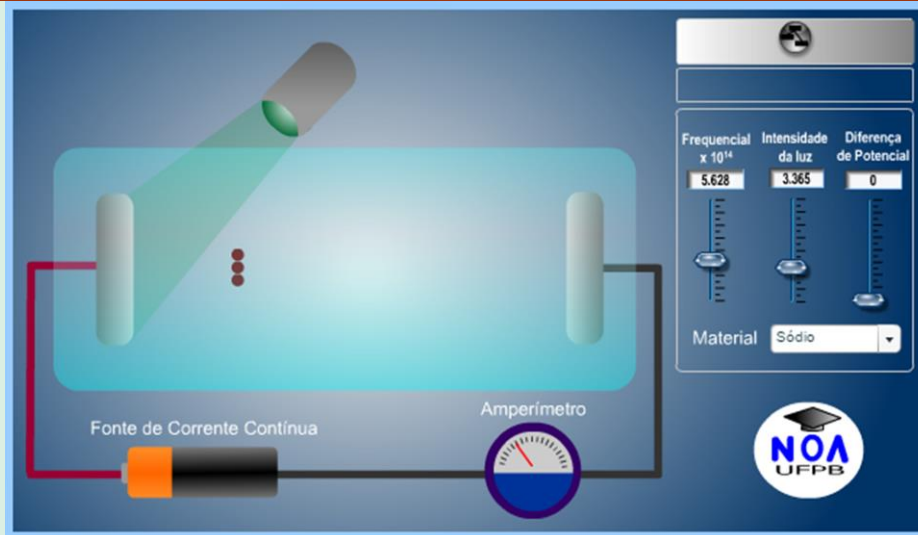


Figura 6 - Objeto de aprendizagem: o Efeito Fotoelétrico

Conforme a ilustração, o objeto de aprendizagem simula um circuito elétrico acoplado a um tubo de vácuo contendo duas placas de metal, uma de cada lado e separadas por uma certa distância. Há uma fonte de luz, representada por uma lanterna, responsável em incidir luz sobre uma das placas de metal. É possível perceber que algumas variáveis podem ser alteradas, tais como: a frequência da luz incidente, a intensidade da luz, a diferença de potencial entre as placas metálicas e o tipo de material de que são feitas as placas. Além disso, há um amperímetro na parte inferior, indicador de que há passagem de corrente elétrica de uma placa para a outra.

➤ **Aula 13: Introdução ao efeito fotoelétrico e problematização**

Inicie a aula promovendo uma pequena discussão sobre o encontro anterior, onde os estudantes observaram os espectros de alguns tipos de lâmpadas. Pergunte sobre suas percepções sobre os espectros das luzes emitidas. Em seguida, utilize os *slides* (ANEXO H) e fale sobre a quantização da energia proposta por Max Planck em 1900, ao estudar a emissão de radiação por um corpo aquecido. E depois sobre a quantização da luz proposta por Albert Einstein em 1905, estudos que marcaram o nascimento da Física Quântica e que deram início a novas formulações para o modelo atômico.

Concluídas as discussões, mostre o objeto de aprendizagem (utilize o projetor multimídia), explicando aos estudantes o significado de cada variável. Em seguida,

solicite que os estudantes se dividam em duplas para realização da atividade investigativa 3, ou de acordo com a disponibilidade de computadores. O objetivo é que os estudantes troquem ideias entre si, manipulem o simulador e resolvam o seguinte problema: “Quais os fatores que influenciam na ocorrência do efeito fotoelétrico, ou seja, em que condições ou o que interfere para que ocorra o fenômeno?”. Ao apresentar a pergunta, peça aos estudantes que emitam suas hipóteses, para que exponham suas concepções prévias sobre o problema apresentado.

➤ **Aula 14: Atividade com a simulação e resolução do problema**

Nessa aula, os estudantes manipulam o simulador para a resolução do problema proposto. Espera-se que eles percebam, gradualmente, como funciona o simulador, a influência das variáveis para a ocorrência do fenômeno e quais as situações em que não ocorre (por exemplo, perceber que para determinado valor de frequência, e determinado material, nenhum elétron será ejetado da placa de metal). Durante o processo, cabe a você professor (a) orientar os estudantes, tirando dúvidas, direcionando ações com questionamentos e instigando a discussão de ideias, para que haja interações discursivas entre eles. A ideia é levar os estudantes a pensar, refletir sobre suas ações, discutir, explicar, levantar hipóteses, testar essas hipóteses, e argumentar sobre suas ideias. Por fim, peça que sintetizem suas conclusões, por escrito, respondendo à questão: “Quais os fatores que influenciam na ocorrência do efeito fotoelétrico, ou seja, em que condições ou o que interfere para que ocorra esse fenômeno? Explique como foi possível chegar às conclusões (descrever os passos seguidos) ”.

➤ **Aula 15: Sistematização das conclusões pelos estudantes e contextualização**

Terminada a atividade, promova uma roda de conversa sobre as respostas à questão, para que os estudantes argumentem sobre “como” fizeram e os “porquês” de suas ações e conclusões, e para que exponham as dificuldades encontradas. Utilizando o simulador, sistematize os conceitos sobre o efeito fotoelétrico, discutindo sobre os sobre os conceitos aprendidos. Assim, pode ser feita a sistematização sobre as variáveis

envolvidas na ocorrência do efeito fotoelétrico e sobre as conclusões propostas por Einstein, a partir das respostas dos estudantes. Nesse momento, introduza a equação do efeito fotoelétrico, que relaciona a energia cinética (E_c) do elétron ejetado da superfície de um metal à frequência da luz incidente (f) e à energia necessária para arrancar o elétron do material, que é a função trabalho (W) do metal ($E_c = hf - W$, onde h é a constante de Planck).

Para complementar a sistematização do conteúdo, resolva com os estudantes a questão: “Um fotoelétron do cobre é retirado com uma energia cinética máxima de 4,2 eV. Qual a frequência do fóton que retirou esse elétron, sabendo-se que a função trabalho (W) do cobre é de 4,3 eV? (Considere $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$)”. Em seguida, contextualize explicando sobre o funcionamento das portas de *shoppings* e das lâmpadas da iluminação pública, que funcionam, automaticamente, com o uso de fotocélulas.

No final da aula, entregue uma cópia impressa do texto “O físico e o fóton” (ANEXO I), disponível no site http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o_fisico_e_o_foton. Neste texto, o professor faz uma abordagem histórica do efeito fotoelétrico e trata da repercussão das descobertas de Einstein na comunidade científica da época. Oriente aos estudantes para que façam a leitura e resolvam as questões: “1) Como você definiria o efeito fotoelétrico?; 2) Dois feixes de luz de mesma frequência, mas de intensidades diferentes incidem sobre duas placas metálicas de mesmo material. Qual delas poderá ejetar mais elétrons da placa? Justifique; 3) Para que a prata exiba o efeito fotoelétrico é necessário que ela tenha uma frequência de corte de $1,14 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$. Determine a função trabalho (W), em Joule, para “arrancar” um elétron de uma placa de prata. Considere $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ”. O objetivo dessas questões é ampliar a sistematização do conteúdo, incentivar a prática da leitura, levar os estudantes a compreender a importância das pesquisas de Einstein e verificar a aprendizagem dos conceitos.

Sétimo encontro: aulas 16, 17 e 18

Os objetivos específicos para este encontro são:

- lembrar as principais características dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford;
- identificar as principais características do modelo de Bohr;
- compreender como diferentes materiais emitem luz, segundo o modelo de Bohr.

Os conteúdos a serem abordados são: revisão dos modelos atômicos estudados, atividade experimental do Teste das Chamas, o modelo atômico de Niels Bohr.

Para este encontro, propomos a realização de uma atividade experimental demonstrativa, o Teste das Chamas, que consiste na queima de diferentes substâncias por meio da adição de um combustível (álcool etílico), onde cada substância apresenta uma cor característica, quando entra em combustão. Pensamos a atividade para sistematizar os conceitos de espectro contínuo e discreto, possibilitar discussões sobre as limitações do modelo atômico de Rutherford e introduzir o modelo de Bohr por meio de um elemento do cotidiano, o fogo.

Para a atividade do Teste das Chamas são necessários diferentes materiais, como: sulfato de cobre, sulfato de lítio, sulfato de sódio, carbonato de sódio e tiras de magnésio. Além destes, um par de luvas, álcool etílico, colheres descartáveis, cápsulas de porcelana, pinça metálica, fósforo e uma caixa de papelão com seu interior forrado com papel cartão preto, para melhor visualização da chama, caso o ambiente seja claro. Os procedimentos devem ser realizados por você professor (a), a fim de não colocar os estudantes em risco. A proposta é colocar os materiais nas cápsulas de porcelana e iniciar a queima, um de cada vez. Acrescente uma porção de álcool etílico e ponha fogo. Com a pinça, misture a substância, enquanto acontece a queima. Se for necessário, ir acrescentando porções do material no fogo, utilizando para isso a colher descartável.

Na Figura 7, apresentamos os materiais que utilizamos para a realização do Teste das Chamas, durante a implementação dessa sequência de ensino.



Figura 7 - Materiais para a atividade do Teste das Chamas

➤ **Aula 16: Revisão dos modelos atômicos e problematização**

Inicie a aula, utilizando os *slides* elaborados para este momento (ANEXO J - nº 1 ao nº 10). Em uma exposição dialogada, faça uma breve revisão dos modelos atômicos. Explique o modelo de Rutherford e aborde os problemas do início do século XX que não foram explicados por ele, a saber, os espectros discretos dos elementos e o efeito fotoelétrico. Relembre a ideia de quantização proposta por Planck e Einstein, pois foi a partir dela que Bohr postulou seu modelo. Espera-se com a revisão que os estudantes compreendam a evolução dos modelos atômicos ao longo do tempo e a necessidade de um outro modelo que explique os espectros discretos e o efeito fotoelétrico.

Após a revisão, continue a aula fazendo a seguinte pergunta: “Qual a cor do fogo? ”. A pergunta tem como finalidade despertar o interesse dos estudantes para a atividade experimental e provocar dúvidas nas concepções que trazem sobre a cor do fogo. Em seguida, apresente os materiais da atividade, para que anotem os nomes das substâncias e imaginem a cor da chama produzida por cada uma delas.

➤ **Aula 17: Atividade experimental do Teste das Chamas**

Antes de iniciar a queima dos materiais, oriente os estudantes a registrarem suas observações, durante a atividade, respondendo à questão impressa em folha para ser recolhida: “Na atividade experimental do Teste das Chamas, cada material utilizado emitirá uma determinada cor quando for submetido ao aquecimento. Os recipientes nos quais serão aquecidos foram previamente identificados por números. Durante a

queima, observe o que ocorre e faça suas anotações. Registre as diferentes cores apresentadas pelos diferentes materiais”. Espera-se que eles percebam que cada substância, ao ser aquecida, emite luz em uma cor característica.

Na Figura 8, o resultado da queima de algumas substâncias, durante a nossa implementação da sequência em sala de aula.



Figura 8: Queima de algumas substâncias, durante nossa implementação

Professor (a), terminada a atividade do Teste das chamas, retome aos *slides* (nº 11 ao nº 16) e, de forma expositiva e dialogada, apresente os postulados propostos por Niels Bohr para o modelo atômico e explique como tal modelo resolveu o problema da instabilidade do átomo de Rutherford e do espectro discreto do átomo de hidrogênio.

Em seguida, para sistematizar o conteúdo, apresente mais uma parte do vídeo “Escondido na luz” da série Cosmos (iniciar em 33’ até 37’08”). Esse trecho mostra, por meio de simulações, movimentos semelhantes ao salto quântico dos elétrons e as linhas escuras produzidas, bem como as cores produzidas pelas ondas luminosas emitidas.

Após o vídeo, mostre a relação do salto quântico do elétron, proposto por Bohr, com as cores obtidas na atividade experimental do Teste das Chamas.

➤ Aula 18: Resolução de exercícios

Após as discussões, resolva com os estudantes, de forma dialogada e participativa, algumas questões sobre o átomo de Bohr, instigando-os ao raciocínio, à discussão e à sistematização de conceitos. As questões propostas, encontram-se no Anexo K. O objetivo da atividade é reforçar a compreensão dos estudantes sobre os postulados de Bohr.

Oitavo encontro: aulas 19 e 20

Propomos para o último encontro a avaliação final, após a implementação da sequência de ensino. Para isso, foram pensados dois instrumentos: um questionário final e uma roda de conversa com os estudantes.

➤ **Aula 19: Aplicação do questionário final**

Nessa aula, os estudantes respondem o questionário final (ANEXO L), que contém questões abertas, onde os estudantes, são desafiados a escrever sobre os modelos atômicos, suas características, as diferenças entre eles, o contexto em que foram formulados; sobre o modelo atômico proposto por Bohr e como seus postulados explicaram os espectros discretos e as diferentes cores emitidas por elementos químicos aquecidos; sobre a importância das hipóteses erradas para o avanço da ciência; e por fim, sobre suas percepções a respeito das atividades e/ou conteúdos desenvolvidos durante o desenvolvimento da sequência. Oriente para que o façam, individualmente, e sem consulta a nenhum tipo de material de pesquisa, a fim de que se possa verificar o conhecimento apreendido por cada estudante.

➤ **Aula 20: Roda de conversa com os estudantes**

Após a resolução do questionário final por todos os estudantes, recolha a atividade e proponha uma roda de conversa sobre os principais tópicos abordados no desenvolvimento das atividades. Para este momento, inicie perguntando: “O que é o átomo? ”. O propósito da pergunta é retomar às concepções iniciais dos estudantes, quando responderam o questionário inicial. A roda de conversa tem como objetivos estimular os estudantes a se expressar oralmente sobre os conceitos abordados na sequência, reforçar os conhecimentos aprendidos e proporcionar momentos para argumentar, explicar, listar, opinar sobre o que aprenderam.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Sabemos que é um desafio iminente para professores de Física encontrar caminhos que instiguem os estudantes a participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

Esperamos que este produto educacional possa proporcionar a você professor (a) de Física oportunidade de assumir o papel de mediador na construção do conhecimento dos seus estudantes. Que as aulas aqui descritas os auxiliem no planejamento de suas atividades e provoque em vocês reflexões sobre a prática pedagógica e sobre a importância da mediação na construção do conhecimento científico.

Salientamos que esta sequência de ensino é uma proposta e, como tal, pode ser adaptada de acordo com as necessidades e realidades de cada escola. Portanto, você professor (a) tem total liberdade de adequar como assim o desejar. Sugerimos a leitura dos referenciais adotados nesta sequência, para uma melhor compreensão de nossa proposta.

Bom trabalho e bons estudos!!!

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira, 2004. p. 19-33.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 1999.

_____. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2002.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o Diverso na Educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. cap. 18, p. 253-266.

_____. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do ensino médio**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, mar. 2000.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e o padrão de Toulmin”. **Ciência & Educação**, v.17, n.1, p. 97-114, mar. 2011.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p.209-214, Florianópolis, dez. 1992.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67 – 80, set./dez. 2011.

ANEXO A - Texto: A modelagem científica

A modelagem científica

Rafael Vasques Brandão - Inês Solano Araújo - Eliane Angela Veit

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Nos referimos à modelagem científica como um processo de criação de modelos com a finalidade de compreender a realidade.

(...)

Assim, os cientistas produzem conhecimento científico formulando questões de pesquisa sobre objetos (ou fatos) reais ou supostos como tais. Por exemplo, átomos, moléculas, células, sistemas, processos, máquinas e sociedades, etc. Nesse processo, eles formulam hipóteses e elaboram modelos conceituais que, encaixados em teorias gerais, poderão se constituir em modelos teóricos capazes de gerar resultados que possam ser confrontados com os resultados empíricos provenientes da experimentação. Porém, quão bem um modelo teórico representa o comportamento de um objeto ou fenômeno físico? A adequação de modelos teóricos aos fatos depende basicamente: a) das questões que pretendem responder; b) do grau de precisão desejável em suas previsões; c) da quantidade de informações disponíveis sobre a realidade; e d) das idealizações que são feitas a respeito dos seus referentes.

Adicionalmente, é desejável que os modelos sejam compatíveis com grande parte do conhecimento científico previamente estabelecido. Estes requisitos de cientificidade, embora necessários, de modo algum são suficientes quando alcançados independentemente. Contudo, nenhum modelo teórico tem a pretensão de representar completamente qualquer sistema ou fenômeno físico. Em geral, eles são concebidos para descrever certos fenômenos que exibem estrutura e/ou comportamento semelhantes. Por isso, possuem um domínio de validade. Por concentrarem-se em um número limitado de características essenciais, espera-se que, mais cedo ou mais tarde, falhem ao representar aspectos da realidade. Nesses casos, dizemos que o domínio de validade do modelo foi extrapolado.

De forma semelhante, as teorias gerais também possuem limitações. O exemplo clássico é o da mecânica newtoniana que descreve com boa aproximação o movimento de objetos macroscópicos usuais, porém, com o surgimento de outras teorias, suas leis e princípios demonstraram-se limitados para a descrição do movimento nas regiões de altas velocidades (da ordem da velocidade da luz), e de pequenas dimensões (escalas atômica e subatômica).

(...)

Fragmentos do texto “A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física” - Física na Escola, v. 9, n. 1, 2008.

ANEXO B – Slides da aula 3

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva
Ensino médio, 3ª série A

Evolução dos Modelos Atômicos

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO
Outubro de 2016

Slide 2



De que é feita a matéria?

Fonte: <http://www.averdaoiverso.com.br/wp-content/uploads/2015/11/plantas1.jpg>

Fonte: <http://remedioanatural.info/wp-content/uploads/2014/03/pedrahoiosa.jpg>

Fonte: <http://data.whicdn.com/images/12112948/original.jpg>

Fonte: <http://www.gradiente.com.br/site/images/banner1.jpg>

Slide 3

As ideias de alguns filósofos gregos

Leucipo e Demócrito
Século V a. C.

Influenciados por teorias antecessoras (Parmênides, Heráclito, Anaxágoras, Empédocles...) postularam:

- O mundo seria formado por matéria e o vazio;
- A matéria seria formada por partículas minúsculas e indivisíveis, átomo (do grego **a-tomos**, o não divisível);
- Um átomo era imutável, mas um conjunto de átomos, arranjado de maneiras diferentes poderiam formar várias formas de matéria.

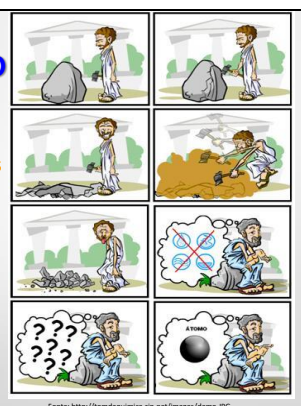


Fonte: <https://www.emaze.com/@A9D9ZWD/PKCS850SICA-VI9C9g94MICA-A9g9099A9C8A9PKCS850SICA>

Slide 4

PARA DEMÓCRITO

Os átomos são **indivisíveis, maciços, indestrutíveis, eternos e invisíveis**, podendo ser concebidos somente pelo **pensamento**, nunca percebidos pelos sentidos.



Fonte: <http://tomdaquimica.zp.net/images/democ.jpg>

Slide 5

Aristóteles rejeita o modelo de Demócrito

Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.)



- Toda matéria seria contínua e composta por quatro elementos: **AR, ÁGUA, TERRA e FOGO**;
- A matéria poderia ser dividida indefinidamente.

Fonte: <https://projetoatheneis.files.wordpress.com/2009/06/talao-de-aristo.jpg>

Slide 6

As ideias de Leucipo e Demócrito sobre o ÁTOMO só foram retomadas, aproximadamente, 2.200 anos depois.

Slide 7

John Dalton (1766 – 1844)



- Químico e meteorologista inglês, ;
- Estudou sobre a “cegueira das cores”, mal que ele mesmo sofria, conhecida hoje como **daltonismo**;
- Estudou diferentes reações químicas, medindo as massas dos reagentes antes e depois das reações;
- fez aproximadamente duzentas mil observações meteorológicas.

FONTE: http://paintingandframe.com/uploads/orig/1/john_dalton_1766-1844.jpg

Slide 8

Motivação de Dalton

- As informações de que Lavoisier havia identificado que o ar atmosférico era composto, pelo menos, por dois gases de pesos diferentes.

Dalton queria saber:

- **As proporções desses gases na atmosfera;**
- **Se o vapor de água combinava com esses gases;**
- **Porque a gravidade não separava os gases de pesos diferentes, dentre outros questionamentos.**

(PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011)

Slide 9

Em 1808, John Dalton propôs sua teoria atômica:

- **Os átomos são esféricos, maciços, indivisíveis e indestrutíveis;**
- **Todos os átomos de um mesmo elemento são iguais em peso, forma e tamanho. Elementos químicos diferentes apresentam átomos com massas, formas e tamanhos diferentes.**
- **Os diferentes átomos se combinam em várias proporções, formando novos compostos;**
- **Uma reação química é um rearranjo de átomos. Não destroem ou criam átomos.**

Slide 10

Modelo da bola de bilhar



1. Oxigênio	10. Mercúrio	19. Arsênio	28. Cálcio
2. Hidrogênio	11. Cobre	20. Cobalto	29. Magnésio
3. Nitrogênio	12. Ferro	21. Manganês	30. Zinco
4. Carbono	13. Níquel	22. Urânio	31. Estanho
5. Enxofre	14. Látão	23. Tungstênio	32. Alumínio
6. Fósforo	15. Chumbo	24. Tântalo	33. Silício
7. Ouro	16. Zinco	25. Cério	34. Ítalo
8. Platina	17. Bismuto	26. Potássio	35. Berílio
9. Prata	18. Antimônio	27. Sódio	36. Estrôncio

Slide 11

PROBLEMAS DO MODELO

- A regra da máxima simplicidade. Segundo ela, por exemplo, a água deveria possuir a fórmula HO e a amônia NH, o que sabemos hoje que não é verdadeiro.
- Não contemplar a natureza elétrica da matéria (Faraday, Ampère, Oersted).

Slide 12

Os resultados obtidos pela Teoria Cinética dos Gases e a formulação do conceito de átomo científico, elaborado no século XIX, por Dalton, contribuíram para a aceitação da teoria atômica... (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011)

Slide 13

No final do século XIX, a comunidade científica (Willian Crookes, Eugen Goldsrein, Thomson, entre outros) estavam realizando experimentos com **ampola de Crookes**. Vários fenômenos foram observados.



Ampola de Crookes

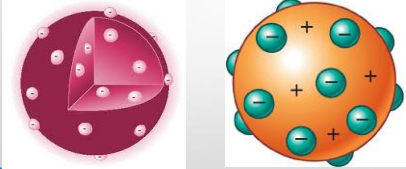
Fonte: http://3.bp.blogspot.com/_Rc2TRWZcdeFu/TKDQ5H0IAAA/AAAAAAAAABw/PSZ-6rVv0Tc4s1600/images.jpg

Fonte: http://www.mundovestibular.com.br/content_imagem/1/Quimica/Modelo_atomico02.gif

Slide 16

ANALOGIA AO MODELO DE THOMSON

Pudim de passas



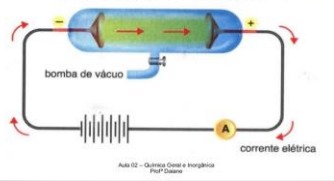
Fonte: http://www.fisu.edu.br/image_gallery/ruo0-8227616-268%404-8302-4657318438708groupid-1013784-126805052203

Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/upload/conteudo/imagens/atomos/thomson.jpg>

Slide 14

THOMSON

Tubo de Raios Catódicos



Fonte: <http://imga.slideshare.net/chem/2a02-131105050436-pptapp0106/quimica-geral-aula-02-9-638.ppt?cb=1383627922>

Thomson testou tubos contendo 4 diferentes gases e utilizou 3 metais diferentes na constituição dos eletrodos chegando sempre aos mesmos valores para a relação e/m .

Slide 17

CRÉDITOS

FOGAÇA, J. R. V. "John Dalton". *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/john-dalton.htm>>. Acesso em 28 de outubro de 2016.

<http://www.oversodoinverso.com.br/wp-content/uploads/2015/11/plantas1.jpg>

<http://remediosnaturais.info/wp-content/uploads/2014/03/pedraNosRins.jpg>

<https://www.emaze.com/@A0ORZWIO/F%3C%8DSICA-AT%3C%94MICA---Apresenta%3C%A7%3C%A3o.pptx>

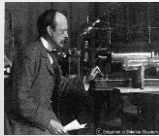
<https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/atomic-structure-and-properties/introduction-to-compounds/a/daltons-atomic-theory-version-2>

<http://data.whicdn.com/images/12132948/original.jpg>

LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o "pudim de passas" nos livros texto. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, n. 7, 2009. *Anais...* Florianópolis, 2009.

Slide 15

Modelo Atômico de J. J. Thomson (1904)



“Temos assim, em primeiro lugar, **uma esfera de electricidade positiva uniforme** e, dentro dessa esfera, **um número de corpúsculos** dispostos em uma série de **anéis** paralelos, com o número de corpúsculos em um anel variando de anel para anel: **cada corpúsculo se move a alta velocidade** sobre a circunferência do anel no qual está situado e os anéis são dispostos de modo que aqueles que **contêm um grande número de corpúsculos estão próximos à superfície da esfera**, enquanto **aqueles em que há um número menor de corpúsculos estão mais no interior**” (THOMSON, 1904 apud PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 43).

Fonte: https://www.if.ufrgs.br/hay/1142/Thomson/verbetau/thomson_36.jpg

Slide 18

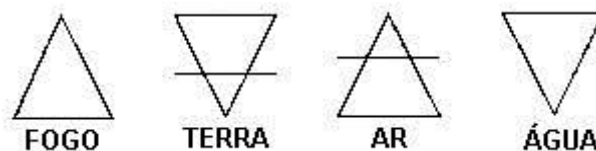
PINHEIRO, L.A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf. Acesso em: 28 out. 2016.

ANEXO C - Texto: Evolução do modelo atômico

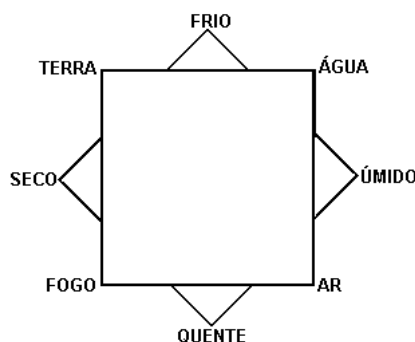
EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO

Ideia filosófica sobre a constituição da matéria

A preocupação com a constituição da matéria surgiu por volta do século V a.C., na Grécia. O filósofo grego Empédocles (490 a.C. – 430 a.C.), estabeleceu a “Teoria dos Quatro Elementos Imutáveis” onde acreditava que toda matéria era constituída por quatro elementos: água, terra, fogo e ar, que eram representados pelos seguintes símbolos:



Esses 4 elementos básicos eram aliados às quatro qualidades: quente, frio, seco e úmido:



Tudo na natureza seria formado pela combinação desses quatro elementos, em diferentes proporções.

Leucipo de Mileto (aprox. 500 a.C.) nos deu a primeira noção de átomo, partindo da própria semântica da palavra: ÁTOMO vem do grego "A-TOMOS" e significa INDIVISÍVEL. Ele acreditava também que o vácuo não existia somente no mundo em que vivemos, mas muito além, no infinito espaço do cosmos. Achava, ainda, que existia um número infinito de mundos, todos compostos de um número infinito de átomos.

Demócrito de Abdera (aprox. 460 a.C.), discípulo de Leucipo, explicou que a matéria era constituída de partículas em perpétuo movimento e dotadas das seguintes qualidades: indivisibilidade, invisibilidade (pelo seu tamanho extremamente pequeno), solidez, eternidade (por ser perfeita, segundo ele), cercada por espaços vazios (o que explicava o seu movimento e diferentes densidades) e dotada de um infinito número de formas (explicando a diversidade na natureza). Com isso, os filósofos gregos Leucipo e Demócrito desenvolveram a seguinte ideia filosófica:

- No universo há duas coisas, os átomos e o vácuo. O mundo é, portanto, composto de montes de matéria em um mar de vazio total.
- Os átomos são substâncias sólidas, infinitos em número e forma e, a maioria deles, se não todos, muito pequenos para serem vistos.
- Um átomo não poderia ser cortado ou dividido de qualquer maneira, e é completamente sólido. Todos os átomos estão em perpétuo movimento no vácuo.

Modelo atômico de Dalton

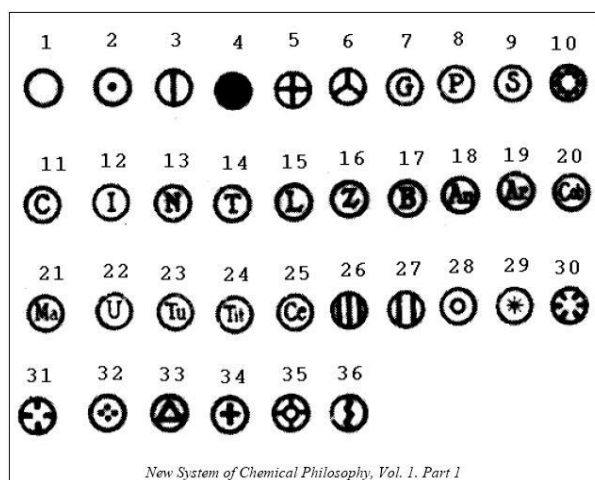


Em 1808, John Dalton a partir da ideia filosófica de átomo estabelecida por Leucipo e Demócrito, realizou experimentos fundamentados nas Leis Ponderais, propôs uma Teoria Atômica, também conhecida como modelo da bola de bilhar, a qual expressa, de um modo geral, o seguinte:

- O átomo é constituído de partículas esféricas, maciças, indestrutíveis e indivisíveis.
- A combinação de átomos de elementos diferentes, numa proporção de números inteiros, origina substâncias químicas diferentes.
- Numa transformação química, os átomos não são criados nem destruídos: são simplesmente rearranjados, originando novas substâncias químicas.
- Elementos químicos diferentes apresentam átomos com massas, formas e tamanhos diferentes.
- Um conjunto de átomos com as mesmas massas, formas e tamanhos apresenta as mesmas propriedades e constitui um elemento químico.

Na época de Dalton haviam sido isolados apenas 36 elementos químicos e ainda se utilizavam símbolos vindos da alquimia para representar tais elementos. O próprio Dalton

foi autor de uma destas simbologias. Veja a ilustração a seguir adaptada de um de seus livros:



1. Oxigênio	10. Mercúrio	19. Arsênio	28. Cálcio
2. Hidrogênio	11. Cobre	20. Cobalto	29. Magnés
3. Nitrogênio	12. Ferro	21. Manganês	30. Bário
4. Carbono	13. Níquel	22. Urânio	31. Estrônc
5. Enxofre	14. Latão	23. Tungstênio	32. Alumini
6. Fósforo	15. Chumbo	24. Titânio	33. Silício
7. Ouro	16. Zinco	25. Cério	34. Ítrio
8. Platina	17. Bismuto	26. Potássio	35. Berílio
9. Prata	18. Antimônio	27. Sódio	36. Zircônic

Os símbolos de Dalton não eram muito diferentes dos símbolos mais antigos da alquimia, porém traziam uma inovação. Cada átomo possuía um símbolo próprio e a fórmula de um composto era representada pela combinação destes símbolos. Veja os exemplos:



A nomenclatura utilizada por Dalton, que é basicamente a mesma utilizada até hoje, foi introduzida pelo Francês Antoine Lavoisier, em 1787, no livro *Methods of Chemical Nomenclature*. O uso de símbolos abstratos só terminou por volta de 1813-1814, com Berzelius, que, além de ter isolado o cálcio, bário, estrôncio, silício, titânio e o zircônio, também descobriu o selênio, o tório e o cério. Quando Berzelius decidiu que era hora de mudar as coisas ele realmente mudou. Tendo em vista que os símbolos antigos não eram fáceis de escrever, desfiguravam os livros e não colaboravam em nada para a sua memorização, Berzelius propôs que os símbolos fossem representados por letras, baseadas na letra inicial do nome em Latim de cada substância elementar. (...)

Texto extraído do Portal e Estudos em Química, disponível em: http://www.profpc.com.br/evolu%C3%A7%C3%A3o_at%C3%B4mica.htm#Idéia_filosófica_sobre_a_constituição_da_matéria. Acesso em 25 set. 2016.

J.J. Thomson e a descoberto do elétron

No final do século XIX, o físico J.J. Thomson começou a fazer experimentos com *tubos de raios catódicos*. Tubos de raios catódicos são tubos de vidro lacrados dos quais a maior

parte do ar foi retirada. É aplicada uma alta voltagem através de dois eletrodos em uma das extremidades do tubo, o que faz com que um feixe de partículas flua do cátodo (o eletrodo carregado negativamente) para o ânodo (o eletrodo carregado positivamente). Os tubos são chamados tubos de raios catódicos porque o feixe de partículas, ou "raio catódico", se origina no cátodo. É possível detectar o raio pintando um material conhecido como *fósforo* na extremidade do tubo, além do ânodo. O fósforo emite centelhas, ou luz, quando atingido pelo raio catódico.

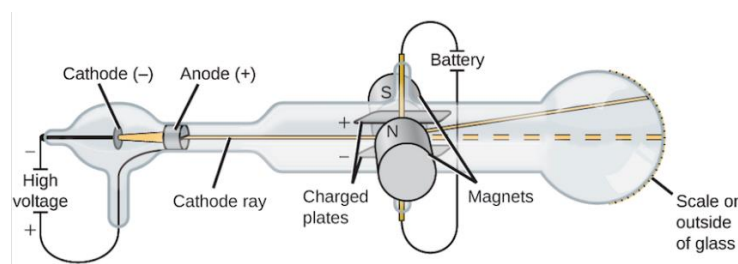


Diagrama do tubo de raios catódicos de J.J. Thomson. O raio origina-se no cátodo e passa através de uma fenda no ânodo. O raio catódico é desviado da placa elétrica de carga negativa, e em direção à placa elétrica de carga positiva. O tamanho do desvio do raio pelo campo magnético ajudou Thomson a determinar a razão entre massa e carga das partículas.

Para testar as propriedades das partículas, Thomson colocou duas placas elétricas ao redor do raio catódico. O raio catódico desviou-se da placa elétrica de carga negativa e foi em direção à placa elétrica de carga positiva. Isso indicou que o raio catódico era composto de partículas carregadas negativamente.

Thomson também colocou dois ímãs em cada lado do tubo, e observou que este campo magnético também desviava o raio catódico. Os resultados desses experimentos ajudaram Thomson a determinar a razão entre *massa e carga* das partículas do raio catódico, o que levou a uma fascinante descoberta - a de que a massa de cada partícula era muito, muito menor que a de qualquer átomo conhecido. Thomson repetiu seus experimentos usando diferentes metais como materiais de eletrodo, e descobriu que as propriedades do raio catódico permaneciam constantes independentemente do material catódico de onde se originavam. A partir destas evidências, Thomson chegou às seguintes conclusões:

- O raio catódico é composto de partículas carregadas negativamente.
- As partículas devem ser partes do átomo, pois a massa de cada partícula é apenas 1/2000 da massa de um átomo de hidrogênio.
- Essas partículas subatômicas podem ser encontradas nos átomos de todos os elementos.

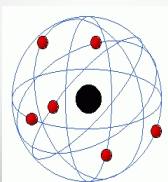
Apesar de inicialmente controversas, as descobertas de Thomson foram gradualmente aceitas pelos cientistas. Por fim, suas partículas de raios catódicos receberam um nome mais familiar: *elétrons*. A descoberta do elétron refutou a parte da teoria atômica de Dalton que pressupunha que os átomos fossem indivisíveis. Para dar conta da existência dos elétrons, um modelo atômico completamente novo seria necessário.

Texto extraído do site: <https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/electronic-structure-of-atoms/history-of-atomic-structure/a/discovery-of-the-electron-and-nucleus>. Acesso em: 29 out. 2016.

ANEXO D – Slides da aula 6

Slide 1

O "modelo" de Ernest Rutherford



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico_de_Rutherford

Slide 2

Ernest Rutherford (1871 - 1937)

- Rutherford estudou em escolas públicas e em 1893 graduou-se em Matemática e Ciências Físicas pela Universidade da Nova Zelândia;
- Estudou no laboratório de Cavendish, no Trinity College, em Cambridge, na Inglaterra. Era coordenado por Joseph John Thomson;
- Foi professor no Canadá em 1898 e em 1907 na Inglaterra, em Manchester;
- Recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1908 por seus trabalhos sobre radioatividade e teoria nuclear;
- Dirigiu o laboratório de Cavendish até o fim de sua vida;
- Em 1931 foi condecorado **Baron Rutherford de Nelson**. Morreu em 1937 após aguardar uma cirurgia que só poderia ser realizada por um médico nobre, assim como ele.




Fonte: <http://a1a.blogspot.com>

Slide 3

Experimento de Rutherford

Em 1909, Rutherford propõe a dois de seus alunos - Johannes Hans Wilhelm Geiger e Ernest Marsden - que bombardeassem finas folhas de metais com as partículas alfa.



Slide 4

O que Rutherford observou?

Slide 5

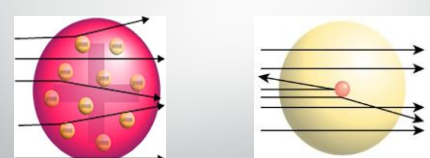
Rutherford observou que:

- 1 - A maioria das partículas alfa atravessam a lâmina de ouro sem sofrer desvios.
- 2 - Algumas partículas alfa sofreram desvios de até 90° ao atravessar a lâmina de ouro.
- 3 - Algumas partículas alfa **RETORNARAM**.

Então, como explicar esse fato?

Slide 6

Segundo o modelo de Thomson, os elétrons do metal seriam os únicos a defletirem as partículas α ; além disso, como eles tinham uma massa muito menor que as partículas α não poderiam provocar deflexões maiores do que as previstas no modelo de Thomson (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 51-52).



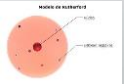
Fonte: <http://alumnosartem.ufcm.br/quimica/e-atomo-rutherford.html>

Fonte: <http://www.blogpimenta.com.br/quimica-grafico-modelo-atomo-rutherford.html>

Slide 7

Para explicar suas observações, Rutherford concluiu (em 1911) que:

- Dentro do átomo havia algo muitas vezes maior que o elétron e comparável à massa da partícula alfa (positiva) - um núcleo central em que toda carga positiva estaria concentrada.
- O núcleo estaria rodeado por uma distribuição uniforme de elétrons, configuração essa que seria a responsável por manter o átomo neutro.
- O núcleo seria dez mil vezes menor que o valor estimado para o raio atômico, ou seja, a maior parte do átomo se constituía de espaço vazio.
- massa deste núcleo representava quase toda a massa do átomo.



Surge o modelo planetário do átomo.

FONTE: <http://mirkeventura.blogspot.com.br/2013/10/09/10-09-13-atomos.html>

Slide 8

Dimensão do espaço vazio - analogias
Segundo o modelo atômico de Rutherford, o tamanho do átomo seria 10 mil vezes maior que seu núcleo

“Para se ter uma ideia, digamos que o núcleo do átomo fosse do tamanho de uma bola de pingue pongue e fosse colocado no centro de um estádio de futebol. O átomo então seria do tamanho do estádio inteiro” (NISENBAUM, s.d. p. 18)

“Se a circunferência média de um átomo fosse semelhante à do Maracanã, seu núcleo seria como uma ervilha, enquanto os elétrons, girando a altíssimas velocidades, seriam como grãos de poeira.”

Difícil de visualizar? Veja outra comparação
“Se o núcleo de um átomo tivesse as dimensões de um grão de areia, os elétrons, em média, estariam orbitando a cem metros de distância dele”. (<http://www.redescola.com.br/>)



FONTE: http://2.bp.blogspot.com/_1UjyexmF1g/T95o6s4q9s/AAAAAAAAAIU/hQdgl2cSf68/s1600/5-Rutherford.jpg

Slide 9

Relembrando

ESTRUTURA DA MATÉRIA

GREGOS PENSAMENTO Sec. V a. C.	DALTON EXPERIMENTAÇÃO COM GASES 1808	THOMSON RAIO CATÓDICO 1904	RUTHERFORD RADIODATIVIDADE 1911
Ar Água Terra Fogo	Esférico Maciço Indivisível Indestrutível	Esfera positiva Elétrons	Região dos elétrons Núcleo

Slide 10

CRÉDITOS

NISENBAUM, Moisés André. A Estrutura Atômica. Disponível em: <http://web.cead.puc-ribeiro.com.br/~niseba/2016/08/01/estrutura-atomica.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Educação. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Estudo do átomo e modelos. Disponível em: <http://www1.educacao.pe.gov.br/cpar/>. Acesso em: 15 out. 2016.

<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/o-atomo-rutherford.html>

<http://mirkeventura.blogspot.com.br/2013/11/aula-virtual-sobre-estrutura-atomica.html>

https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico_de_Rutherford

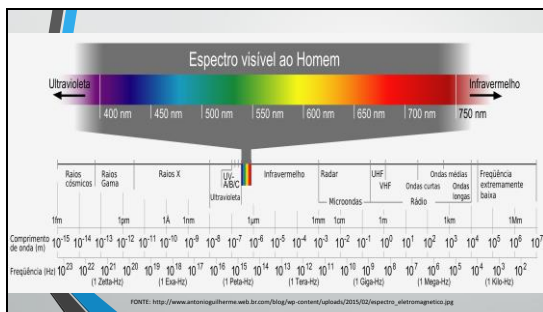
http://2.bp.blogspot.com/_1UjyexmF1g/T95o6s4q9s/AAAAAAAAAIU/hQdgl2cSf68/s1600/5-Rutherford.jpg

PINHEIRO, L.A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2021. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/apf/v22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf. Acesso em: 28 out. 2026.

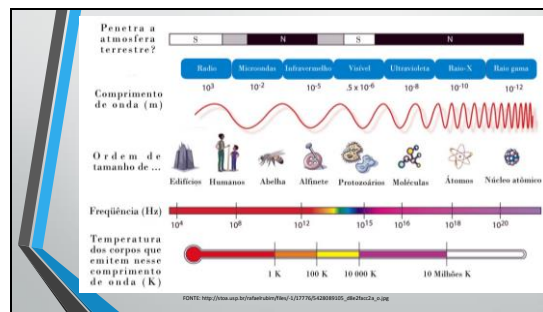
<http://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-geral/modelo-atomico-rutherford.htm>

<http://www.soq.com.br/biografias/rutherford/>

Slide 9



Slide 10




Slide 11

A teoria ondulatória da luz prevaleceu até o final do século XIX, quando alguns resultados experimentais não se ajustaram à Física clássica.

Slide 12

Algumas particularidades sobre a luz (17'28" – 33'08")?



Fonte: http://img.cdn.cdn.com/56ag/sep-content/uploads/2013/02/Down_NCRAP-Luz.jpg

Slide 13

Créditos

<http://www.apolo11.com/espectro.php>

<http://carlosorsi.blogspot.com.br/>

<http://blog.cancaonova.com/diariospiritual/files/2012/02/Deus-96C394Ag-Luz.jpg>

<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/27/astro-nomos-encontram-planeta-que-orbita-a-re-dor-de-um-gemo-do-sol.html>

<http://ptdocz.com/doc/330691/seminario-snct-infes>

http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/1/17776/5428089105_d8e2facc2a_o.jpg

<https://blogografico.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>

[http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma\(1\).jpg](http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma(1).jpg)

http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide_7.jpg

<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/teoria-atmica-john-dalton.html>

Slide 14

<https://i.ytimg.com/vj/hh9N7Wm9Y/hqdefault.jpg>

http://3.bp.blogspot.com/_nTzuDNto7VM5/FOZ6KFDI/AAAAAAAAAEU/OZ7tg_MioVw/s160o/ModelorThomson.jpg

ANEXO F – Roteiro para construção de um espectroscópio simples

ROTEIRO PARA CONSTRUÇÃO DE UM ESPECTROSCÓPIO SIMPLES

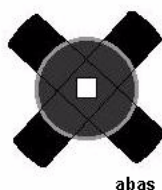
Materiais: fita isolante, fita adesiva, papel color set preto, 1 CD, cola, régua, estilete, tesoura, tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico).

Procedimentos:

1 - Com o papel *color set*, construa um cilindro com aproximadamente 4 cm de diâmetro e de 7 a 10 cm de comprimento. Use um tubo de papelão (tubo de papel higiênico ou papel toalha) como base. Se desejar, você pode substituir o tubo de papel por um tubo de PVC preto. Também é possível usar uma caixa de creme dental (o formato não é importante), mas tenha o cuidado de revesti-la internamente com papel preto.



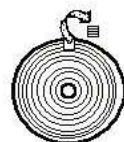
2 - Faça duas tampas com abas para o cilindro utilizando o papel preto. Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos 2cm x 1mm). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos 1cm x 1cm). Observe as ilustrações.



3 - Retire a película refletora do CD usando fita adesiva (grude-a na superfície e puxe-a, como numa depilação). Se necessário, faça um pequeno corte com a tesoura no CD para facilitar o início da remoção.

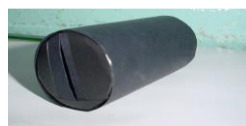


4 - Depois de retirada a película, recorte um pedaço do CD (mais ou menos 2cm x 2cm). Utilize referencialmente as bordas, pois as linhas de gravação (que não enxergamos) são mais paralelas, conseqüentemente a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer qual a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).



5 - Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura. Fixe o pedaço recortado do CD na tampa com a abertura, usando a fita isolante apenas nas bordas. Preferencialmente, alinhe as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, assim as imagens que observaremos também estarão alinhadas com a fenda.

6 - Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, utilize fita isolante para vedar os pontos de união entre o cilindro e as tampas.



Bibliografia

BROCKINGTON, Guilherme. A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANEXO G – Slides aula 12

Slide 1

Colégio Estadual Professora Anália Cecília B.
da Silva
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos
Atômicos**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO
Outubro de 2016



Slide 2



Slide 3

Espectroscopia

Espectroscopia é o estudo da luz através de suas componentes, que aparecem quando a luz passa através de um prisma ou de uma rede de difração.

Fonte: <http://www.terra.com.br/objetos/objetos/objetos/objetos/21.jpg>

Fonte: <http://www.terra.com.br/objetos/objetos/objetos/objetos/21.jpg>

Chamamos de **Espectro** à intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda. Quase todas as informações sobre as propriedades físicas de um objeto podem ser obtidas a partir de seu espectro.

Slide 4

Algumas inquietações dos cientistas no início do século XIX (1801 a 1900)


Experiências observando a luz das estrelas:

- indicavam que cada uma apresentava um conjunto de cores diferentes;
- Detectaram também a presença de linhas escuras sobrepostas às cores observadas.

Slide 5

Retrospecto histórico

1814: Joseph von Fraunhofer: as linhas escuras são imagens da fenda do espectrógrafo em diferentes comprimentos de onda. Até 1820, ele havia contado 574 linhas escuras no espectro solar. Posteriormente, nomeadas por linhas de Fraunhofer.

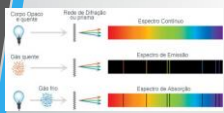


Fonte: <http://www.ap0411.com/espectro.php>

Slide 6

Retrospecto histórico

1856: Robert W. Bunsen e Gustav R. Kirchhoff:
Identificaram as linhas com os elementos químicos;




- 1 - Um corpo opaco quente produz um espectro contínuo, seja sólido, líquido ou gasoso.
- 2 - Qualquer gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes, atualmente chamadas de "linhas de emissão", sendo que o número e a posição destas raia dependem unicamente dos elementos químicos presentes no gás.
- 3 - Se a luz de um sólido (que produz espectro contínuo) passar por um gás com temperatura mais baixa, o gás frio causa o aparecimento de linhas escuras, atualmente chamadas de "linhas de absorção", sendo que a quantidade dessas linhas depende apenas dos elementos químicos presentes no gás.

Fonte: <http://www.ap0411.com/espectro.php>

Slide 7

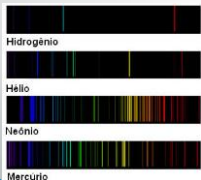
Como é possível conhecer a composição química das estrelas, dos planetas, se esses corpos encontram-se tão distantes de nós?"



Fonte: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/>

Slide 8

Por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?



Nem o modelo ATÔMICO de Thomson nem o de Rutherford explicavam o problema das linhas espectrais (Vídeo 36'35"-40'54").

DESAFIO

ELABORAÇÃO DE UM MODELO COMPATÍVEL COM OS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Fonte: <http://brasil Escola Uol.com.br/Quimica/Espectros-de-emissao-que-identificam-atomos.html>

Slide 9

Créditos

<http://www.apolo11.com/espectro.php>
<http://carlosorsi.blogspot.com.br/>
<http://blog.cancaonova.com/diarioespiritual/files/2012/02/Deus-%C3%A9-Luz.jpg>
<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/astromonos-encontram-planeta-que-orbita-aoredor-de-um-gemeo-do-sol.html>
<http://ptdocz.com/doc/130691/seminario-snct-infes>
http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/-1/17776/5428089105_d8e2facc2a_o.jpg
<https://blogdografico.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>
[http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma\(1\).jpg](http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma(1).jpg)
http://images.slideplayer.com.br/21349644/slides/slide_7.jpg
<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/teoria-atmica-john-dalton.html>

Slide 10

<https://i.yimg.com/vi/khh9hNYWm9Y/hqdefault.jpg>
http://3.bp.blogspot.com/_nTzuDNto7VM/S7FOZeQKFDI/AAAAAAAAAEU/OZy7g_MJoVwfs16oq/ModeloThomson.jpg

ANEXO H – Slides da aula 13

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva
Ensino médio, 3ª série A


Evolução dos Modelos Atômicos

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO
Novembro de 2015

Slide 2

Ano de 1900:
Energia em pacotes e a Teoria quântica



Fonte: <http://equimizar.blogspot.com.br/>


Slide 3

Contexto histórico

Conferência na Royal Society em março de 1900

- “Não há nada mais a descobrir em Física” - recomendou que os jovens não se dedicassem à Física, pois faltavam apenas alguns detalhes pouco interessantes a serem desenvolvidos.
- Existiam apenas “duas pequenas nuvens” no horizonte da física.

Lord Kelvin (1824-1907)
Físico Inglês



Fonte: <http://www.kelvin.org/>

Slide 4

Uma das “nuvens”

A dificuldade em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido

Essa “pequena nuvem” desencadeou o surgimento de um das teorias que revolucionou a Física no século XX: a teoria quântica.

Slide 5

Max Planck e a ideia do quantum

Aumentando-se gradativamente a temperatura de um corpo, ele começa a emitir luz visível, de início a luz vermelha, passando a seguir para a amarela, a verde, a azul e, em altas temperaturas, a luz branca, chegando à região do ultravioleta do espectro eletromagnético.

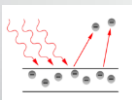


Para Planck, a energia era descontínua e transmitida em “pacotes”, os **Quanta** de energia.

Fonte: <https://www.infopedia.com/~infoc/lema/le029498.htm>

Slide 6

O efeito fotoelétrico



Definição: É quando a incidência de luz (fótons) provoca a ejeção de elétrons de um metal.

1887 – Heinrich Hertz – A luz poderia gerar faíscas

1905 – Albert Einstein – Propôs a quantização da luz, que se comporta como onda e como partícula.

Slide 7

Einstein e o efeito fotoelétrico



Fonte: <http://www.fisica.ufpb.br/~fismec/objetivos/objetivos.htm>

Slide 8

A simulação
(Pergunta inicial)

Slide 9

**Por que vocês acham que a luz,
quando incide sobre a placa,
provoca passagem de corrente
elétrica?**

Slide 10

Questão

Um fotoelétron do cobre é retirado com uma energia cinética máxima de 4,2 eV. Qual a frequência do fóton que retirou esse elétron, sabendo-se que a função trabalho (W) do cobre é de 4,3 eV? (Considere $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

Slide 11

Créditos

PIETROCOLA, M.; UETA, N. Física Moderna e Contemporânea. Disponível em:
<http://docplayer.com.br/11362945-Fisica-modulo-fisica-moderna-e-contemporanea-nome-do-aluno-organizadores-mauricio-pietrocola-nobuko-ueta.html>. Acesso em: 09 nov. 2016.

<http://alquimiaor.blogspot.com.br/>

<http://iepes.com.br/Figuras/Kelvin.gif>

<https://www.linkedin.com/pulse/quem-%C3%A9-kelvin-silvia-carneiro>

<http://www.if.ufrgs.br/~leila/propaga.htm#corponegro>

https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m_s01.html

ANEXO I – Texto “O físico e o fóton”

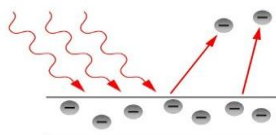
O FÍSICO E O FÓTON

Por Carlos Alberto dos Santos - Professor aposentado do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Revista Ciência Hoje de 07 de agosto de 2015. Texto disponível em: http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o_fisico_e_o_foton

A história do efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico foi descoberto em 1887, por Heinrich Hertz, durante seus estudos sobre a natureza eletromagnética da luz. Mas quem mais se destacou no estudo desse fenômeno foi Philipp von Lenard, que demonstrou experimentalmente a essência do fenômeno, ou seja, que os elétrons são extraídos da superfície de um metal quando este é irradiado por luz ultravioleta. Sabe-se hoje que o fenômeno ocorre em diversos materiais e sob o efeito de diferentes tipos de radiação eletromagnética.

Essa descoberta ocorreu no momento da consolidação da teoria eletromagnética de Maxwell, que, em quatro equações, sintetizou todos os fenômenos elétricos, magnéticos e luminosos. No entanto, falharam todas as tentativas para explicar o efeito fotoelétrico com base na teoria de Maxwell. De acordo com a teoria clássica do eletromagnetismo, a energia era distribuída contínua e homogênea à superfície metálica, até que chegasse a uma quantidade suficiente para liberar os elétrons. Ou seja, quanto maior a intensidade da radiação, mais energéticos seriam os elétrons, uma hipótese recorrentemente negada em todos os experimentos. O mais surpreendente, no contexto da teoria clássica, era que a liberação era limitada a determinados valores da frequência da luz, isto é, havia um valor abaixo do qual nenhum elétron era liberado, qualquer que fosse a intensidade da radiação.



Representação gráfica do efeito fotoelétrico. Segundo este fenômeno, os elétrons são extraídos da superfície de um metal quando este é irradiado por luz ultravioleta ou outros tipos de radiação eletromagnética. (imagem: Feitscherg / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0)

Em 1905, Einstein resolveu o enigma, embora seu foco inicial não fosse o efeito fotoelétrico. Ele estava preocupado com uma contradição que havia percebido entre a quantização da energia em fenômenos térmicos, conforme a teoria introduzida por Planck em 1900, e a noção de que, na teoria eletromagnética de Maxwell, a energia é distribuída continuamente no espaço. Resolveu investigar essa questão e chegou à explicação do efeito fotoelétrico como um exemplo de aplicação da sua teoria da quantização da luz.

A luz em partículas

Assim como Planck propôs a quantização da energia, Einstein propôs a quantização da luz. Ou seja, em vez de transferir um fluxo contínuo de energia, a luz transfere sua energia em quantidades bem definidas, proporcionais à sua frequência. A essa quantidade, Einstein deu

o nome de quantum de luz. É como se o feixe de luz fosse composto de partículas, ou quanta de luz (quanta é o plural de quantum). Se o quantum de luz tiver energia superior àquela que liga o elétron ao metal, a transferência dessa energia, em um evento único, liberará o elétron. Depois de liberado do seu local no interior do sólido, o elétron gastará uma parte da energia recebida do quantum de luz para chegar à superfície e se liberar totalmente do material. Então, a energia com que o elétron sai do material é a diferença entre a energia do quantum de luz e a energia gasta pelo elétron no trajeto até a superfície. Isso foi transformado no que hoje se conhece como equação do efeito fotoelétrico.

Atualmente, a constante de proporcionalidade que deve ser multiplicada à frequência para fornecer a energia do quantum de luz é a constante de Planck, mas Einstein não fez esta associação no seu primeiro trabalho, ao contrário do que sugerem praticamente todos os livros didáticos e inúmeros artigos de divulgação científica. Einstein só fez esta associação em um artigo publicado em 1909.

Outro equívoco comumente veiculado em livros didáticos e textos de divulgação científica é que a ideia do fóton nasceu com o trabalho de 1905. Na verdade, o quantum de luz de Einstein não é exatamente o fóton como hoje o conhecemos, ou seja, uma partícula associada à luz, com energia e momento bem definidos. Em 1905, o quantum de luz só tinha uma energia definida. O momento do quantum de luz só foi definido por Einstein em 1916.

Por outro lado, o termo fóton foi proposto em 1926 pelo físico-químico estadunidense Gilbert Newton Lewis – tanto quanto se sabe, Einstein jamais se referiu ao quantum de luz como fóton. Na palestra que Einstein proferiu na Academia Brasileira de Ciências, em 1925, intitulada “Observações sobre a situação atual da Teoria da Luz” (Ciência Hoje, v. 21, n. 124, setembro / outubro de 1996), ele usou várias expressões, como “teoria do quantum luminoso”, “quanta de luz”, “a radiação é constituída de quanta análogos a corpúsculos”, “teoria dos quanta de luz”, mas em momento algum usou a palavra fóton.

Genialidade de um jovem cientista

A história do quantum de luz é mais uma das marcas da genialidade de Einstein. Embora a equação do efeito fotoelétrico descrevesse perfeitamente os resultados experimentais, praticamente toda a comunidade científica rejeitou a ideia do físico alemão. A equação de Einstein indicava a possibilidade da medida da constante de Planck, que estava associada à energia do quantum.

O físico estadunidense Robert Andrews Millikan, reconhecidamente um competente experimentalista, passou 10 anos da sua vida tentando mostrar que Einstein estava errado. No entanto, obteve resultados tão precisos da constante de Planck que não apenas validou a equação de Einstein, como teve seu trabalho reconhecido na outorga do prêmio Nobel de Física de 1923. Todavia, ao longo da sua vida, raramente Millikan manifestou-se favorável à teoria do quantum de luz – reconhecia a correção da equação de Einstein, mas não acreditava na teoria.

Resumindo, 110 anos atrás, o jovem Einstein, com apenas 26 anos de idade, propôs o conceito de quantum de luz e explicou o efeito fotoelétrico. A comunidade científica internacional precisou de quase 20 anos para se convencer que ele estava certo, mas, hoje, sabemos que essa é uma grande marca da sua genialidade!

ANEXO J – Slides da aula 16

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos:
O átomo de Bohr**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO
Novembro de 2025

Slide 2

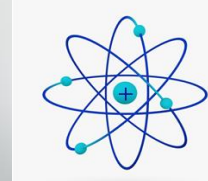
RETOMADA

Slide 3



Slide 4

Átomo de Rutherford - 1911




- O átomo não é maciço. Tem um núcleo central positivo (prótons) muito pequeno em relação ao átomo;
- Elétrons negativos muito leves giram ao redor do núcleo em órbitas circulares, neutralizando a carga nuclear; Modelo planetário.

Slide 5

Problemas no modelo de Rutherford

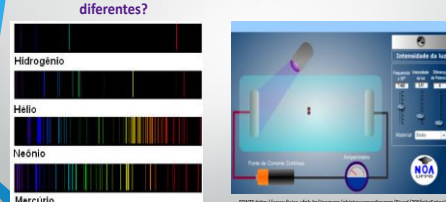
- 1 - Como explicar que partículas com cargas de mesmo sinal se concentravam no núcleo do átomo?
- 2 - Como explicar que os elétrons, partículas carregadas e em movimento acelerado, não perdiam energia realizando um movimento em espiral em volta do núcleo e colapsando neste?



Slide 6

Por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?


Como explicar o efeito fotoelétrico pelas leis da Física clássica?



Slide 7

A ideia da Quantização

Max Planck 1900



A radiação emitida por um corpo aquecido ocorre em pequenos "pacotes" ($E = h \cdot f$)

Slide 8

O efeito fotoelétrico

Albert Einstein 1905



A luz tem uma estrutura descontínua e é absorvida em porções independentes, ou seja, a radiação é formada por *quanta* (fótons). ($E = h \cdot f$)

Slide 9

Niels Bohr - 1913

Quantização do átomo

$\Delta E = hv$

Slide 10

Qual a cor do fogo?

Slide 11

Niels Bohr - 1913

- Físico dinamarquês, foi professor de Física na Universidade de Copenhague e em 1916 foi nomeado diretor do Instituto de Física Teórica.
- Com 22 anos recebeu a medalha de ouro da Sociedade Científica Dinamarquesa por seus estudos sobre tensão superficial.
- Em 1911 completou seu doutorado em Física.
- Estudou na Universidade Victoria, em Manchester na Inglaterra, com o físico neozelandês, Ernest Rutherford.
- Em 1913 Niels Bohr publicou sua teoria básica sobre a estrutura do átomo, ampliando a teoria de Ernest Rutherford;
- Ganhou o Prêmio Nobel de Física, em 1922, por seu trabalho sobre a estrutura do átomo.

Slide 12

Os postulados de NIELS BOHR

- 1- Um elétron em um átomo se move em órbita circular ao redor do núcleo sob a influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica
- 2- Em vez de infinitas órbitas, possíveis na mecânica clássica, um elétron se move apenas em uma órbita na qual seu movimento angular é múltiplo inteiro de (constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s, dividida por 2π).
- 3- A energia total do elétron permanece constante. Isso ocorre porque o elétron que se move em uma órbita não emite radiação eletromagnética.
- 4- É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total E_i , muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total E_f . A frequência da radiação emitida é igual a : $f = \frac{E_i - E_f}{h}$

Slide 13

energia transmitida **espectro** **energia absorvida**

$E = hf = E_i - E_f$

onde h é a constante de Planck (6.63×10^{-34} J.s = 4.14×10^{-15} ev.s), f é a frequência da radiação emitida, E_i e E_f são energias dos estados inicial e final.

Slide 14

Átomo de hidrogênio

A energia em cada estado estacionário, ou nível n , é dada por:

$$E_n = -13,6/n^2$$

Slide 15

O salto quântico

16

O átomo de Bohr explicou as raies escuras observadas por Joseph Fraunhofer

Vídeo "Escondido na luz" (33' – 37')

Slide 17

Questões

- 1 - Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr, ao estudar espectros de emissão de determinadas substâncias, propôs um novo modelo para o átomo. A respeito desse modelo atômico, coloque (V) ou (F):
- () Os elétrons não se encontram em qualquer posição dentro do átomo, eles giram ao redor do núcleo em órbitas fixas e com energia definida.
 - () Os elétrons, ao se movimentarem numa órbita fixa, não absorvem nem emitem energia
 - () Elétrons e prótons encontram-se igualmente distribuídos uniformemente ao longo de uma esfera.
 - () Os elétrons movem-se em torno do núcleo numa órbita circular, sob a influência da atração coulombiana entre elétrons e núcleo.
 - () Quando um elétron salta de uma órbita mais energética para uma órbita menos energética, ele não emite energia.

Slide 18

2 - Considere que o elétron no átomo de hidrogênio "salte" do nível de energia $n = 3$ para o estado fundamental (nível $n = 1$). Baseando-se no diagrama de níveis para o átomo de hidrogênio, responda:

- a) Ao realizar esse "salto", o elétron absorveu ou emitiu energia?
- b) Qual o valor, em elétron volt, dessa energia, envolvida?
- c) Qual o valor da energia, em Joule, e da frequência do fóton ao realizar essa transição de níveis?

Slide 19

Créditos

CAVALCANTE, Kleber G. "Postulados de Bohr"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/postulados-bohr.htm>>. Acesso em 17 de novembro de 2016.
<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/espectros-eletronicos-estrutura-atomo.htm>
https://www.ebiografia.com/niels_bohr/
<https://www.linkedin.com/pulse/quem-%C3%A9-kevin-silvia-carneiro>
<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/images/erro-do-modelo-atomico.jpg>
<http://files.transformacaoenergia.webnode.com.br/200000006-2e3732f2e9/carga-eletrica-3.gif>
https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr
http://images.slideplayer.com.br/16/4989222/slides/slide_12.jpg
<https://dl.dropboxusercontent.com/u/55973481/%C3%81tomo%20de%20Bohr.pdf>

PIETROCOLA, M.; UETA, N. Física Moderna e Contemporânea. Disponível em: <http://docplayer.com.br/11362945-Fisica-moderna-e-contemporanea-norme-do-aluno-egsib-dores-mauricio-pietrocola-nobuko-ueta.html>. Acesso em: 09 nov. 2016.

ANEXO K – Atividade 9

Aluno (a) _____ nº _____

Atividade 9

Resolver as questões:

1 - Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr, ao estudar espectros de emissão de determinadas substâncias, propôs um novo modelo para o átomo. A respeito desse modelo atômico, coloque (V) ou (F):

() Os elétrons não se encontram em qualquer posição dentro do átomo, eles giram ao redor do núcleo em órbitas fixas e com energia definida.

() Os elétrons, ao se movimentarem numa órbita fixa, não absorvem nem emitem energia.

() Elétrons e prótons encontram-se igualmente distribuídos uniformemente ao longo de uma esfera.

() Os elétrons movem-se em torno do núcleo numa órbita circular, sob a influência da atração coulombiana entre elétrons e núcleo.

() Quando um elétron salta de uma órbita mais energética para uma órbita menos energética, ele não emite energia.

2 - Considere que o elétron no átomo de hidrogênio “salte” do nível de energia $n = 3$ para o estado fundamental (nível $n = 1$). Baseando-se no diagrama de níveis para o átomo de hidrogênio, responda:

A - Ao realizar esse “salto”, o elétron absorveu ou emitiu energia?

B - Qual o valor, em elétron volt, dessa energia, envolvida?

C - Qual o valor da energia, em Joule, e da frequência do fóton ao realizar essa transição de níveis?

3 – Considere a seguinte frase:

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas”. (Carl Sagan)

A partir de nossos estudos sobre a evolução dos modelos atômicos, como você explicaria a afirmação de Carl Sagan?

4 – Das atividades e/ou conteúdos trabalhados, qual ou quais você considerou mais interessante? Por quê?

Obrigada pela participação!!!!Abraços.

Elismar.

A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isto fica sendo a minha última e mais elevada descoberta.

(Isaac Newton)