



PPGECM – PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA ABORDAR FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA A PARTIR DE UMA VISÃO CRÍTICA DA CIÊNCIA

Marcos Rogério dos Reis
Cleci Teresinha Werner da Rosa

2025

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

- R375a Reis, Marcos Rogério dos
Atividades didáticas para abordar física moderna e contemporânea a partir de uma visão crítica da ciência [recurso eletrônico] / Marcos Rogério dos Reis, Cleci Teresinha Werner da Rosa. – Passo Fundo: EDIUPF, 2025.
3.4 MB ; PDF. – (Produtos Educacionais do PPGECM).
- Inclui bibliografia.
ISSN 2595-3672
- Modo de acesso gratuito: <http://www.upf.br/ppgecm>.
Este material integra os estudos desenvolvidos junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM), na Universidade de Passo Fundo (UPF), sob orientação da Profa. Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa.
1. Ciência - História. 2. Física - Estudo e ensino.
3. Aprendizagem significativa crítica. 4. Ciência - Estudo e ensino. 5. Professores - Formação. 6. Material didático.
I. Rosa, Cleci Teresinha Werner da. II. Título. III. Série.

CDU: 372.85



Sumário

1. Apresentação.....	4
2. História da Ciência e TASC	7
2.1 História da Ciência no Ensino.....	8
2.2. Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC).....	13
3. Organização Didática.....	16
4. Atividade Introdutória.....	19
5. Modelos Atômicos e a Invisibilidade do Cientista	23
6. Radioatividade e as Mulheres na Ciência	49
7. Energia Nuclear e o Debate Público da Ciência.....	64
8. Discussões sobre a Aplicação Realizada.....	86
Referências	89
Autores	91

Apresentação

É consabido que o professor contemporâneo precisa recorrer a estratégias diversificadas e próximas da vivência dos estudantes como forma de oportunizar que ele possa analisar, interpretar e produzir argumentos a respeito dos fenômenos científicos presentes na sociedade em que está inserido. Essa aproximação com o mundo vivencial requer que o professor de Ciências discuta diferentes temáticas em sala de aula, dentre os quais, os relacionados a Física Moderna e a Contemporânea (FMC).

A questão posta a discussão é como trazer esses conteúdos de FMC para a formação dos professores, especialmente daqueles que não estão cursando Física, a fim de, em princípio, qualificar esses profissionais e, conseqüentemente, contribuir para uma visão crítica da ciência.

Portanto, o questionamento central é a abordagem didática mais adequada para promover o aprendizado eficaz dos conceitos de Física percorridos ao longo do Produto Educacional (PE), utilizando-se, nesse processo metodológico de ensino, a reflexão crítica do conteúdo apresentado e desenvolvido.

Esse questionamento tem se mostrado presente ao longo dos anos no trabalho que o primeiro autor deste produto educacional desenvolve junto a um curso de formação de professores de Biologia - curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, do Instituto Federal, Campus Sertão, situado no norte do estado do Rio Grande do Sul. No referido curso e, em umas disciplinas de Física, contempla-se a temática relativa à Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A vivência como professor dessa disciplina mostrou que uma das possibilidades para envolver os estudantes e o uso da História da Ciência. A partir dessa vivência e ao ter contato com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), na forma como proposto por Marco Antonio Moreira, identificamos uma potencialidade para além do envolver dos estudantes com o conteúdo, mas de fomentar o pensamento crítico associado à ciência.

Consciente da importância em trazer o pensamento crítico para dentro da sala de aula e desejando continuar com o ensino de FMC por meio da História da Ciências, tivemos contato com um artigo que oportuniza unir as duas abordagens. O artigo intitulado como “Por que devemos ensinar História das Ciências em aulas de Ciências? Oriundo de contribuições a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica”, de autoria dos pesquisadores Nathan Willig Lima e de Cleci Teresinha Werner da Rosa, os quais discutem aspectos de como podemos abordar a História da Ciência dentro de uma perspectiva crítica e alinhada com a TASC. A leitura desse artigo levou a estruturação das atividades didáticas que apresentamos nesse produto educacional.

O produto educacional está associado à tese de doutorado intitulada de “Abordagem da Física Moderna e Contemporânea em um Curso de Ciências Biológicas: da apropriação conceitual à visão crítica da ciência”, desenvolvida por Marcos Rogério dos Reis, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo, com orientação da Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa. O presente material oferece aos professores de Física conteúdos teóricos e propostas didáticas, desenvolvidos com base nos princípios trazidos por Moreira (2011) para a TASC, e na forma como Lima e Rosa (2022), autores de referência na área, compreendem a importância da inserção da História da Ciência nesse processo pedagógico.

A sequência foi implementada no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, composta por nove encontros, totalizando 20 horas/aula. Para cada encontro são apresentados os objetivos da aula, as atividades a serem desenvolvidas e o texto que será o material de apoio para os alunos. Esses textos apresentados ao final de cada encontro que integram o produto educacional, apresentam uma discussão sobre a História da Ciência, envolvendo os tópicos abordados naquele encontro, de modo que os estudantes tenham a seu dispor um material orientativo para acompanhar a parte histórica do conteúdo e seus protagonistas.

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência

Destaca-se que o PE desenvolvido foi implementado em uma turma de alunos do Curso de Ciências Biológica, mas pode ser adaptado para implementação em qualquer curso do ensino superior e/ou ensino médio, que desenvolve o tema de FMC.

As atividades selecionadas como recurso estratégico, desenvolvidas para cada encontro e conteúdo selecionado, envolvem o uso de vídeos curtos, leitura de textos, uso de simuladores, atividades experimentais e atividades avaliativas.

Antes de apresentar as atividades que integram cada texto, apresentaremos uma breve discussão sobre o uso da História da Ciência no ensino, sobre a TASC e os destaques envolvendo o artigo de Lima e Rosa (2022)¹.

Por fim, destaca-se que o produto educacional é de livre acesso e está disponibilizado em repositórios da UPF e no EduCapes.

¹ Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/13201>. Acesso em 10 set 2024.

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E TASC





História da Ciência no Ensino



A disciplina de Física é tida como “matéria difícil” e que desestimula os estudantes e provoca neles uma reduzida confiança em sua aprendizagem. Esta “barreira” impede muitos estudantes em aprender (Alencar; Silva, 2018), mesmo que tenha desenvolvido habilidades, dificultando “enxergar” conceitos triviais.

Os mesmos autores ao discutirem a utilização da história das ciências no ensino de Física afirmam ser necessário buscar meios que facilitem a aprendizagem e desconstrua a antipatia que os estudantes tem a respeito da Física. Diante disso, julgam necessária a utilização de experimentos e uma abordagem qualitativa, analisando as variáveis e conceitos proporcionando discussões e provocando o aluno a pensar criticamente. Estes experimentos, buscados por alguns professores, favorecem a aproximação dos estudantes com a Física, uma vez que podem tornar o conteúdo “divertido”. Alencar e Silva (2018, p. 160) sugerem que “tal metodologia deve fazer parte de um planejamento geral, somadas a ferramentas históricas e conceituais”.

McComas (2020 *apud* Lima; Rosa, 2022) aponta para a potencialidade da história da ciência colaborar para a compreensão da natureza da ciência, ou seja, esclarecem o que é ciência, como ela é construída, seu potencial e suas limitações, bem como a relações com a sociedade, tecnologia e cultura.

Martins (2006, p. XXI), por sua vez, menciona que a “história das ciências não substitui os conteúdos das ciências, mas complementa o estudo de alguns episódios permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade”. Deste modo, é desenvolvido um conhecimento, no qual as ciências não existem isoladamente, mas integram a história, a cultura e o mundo cotidiano. Sob esse prisma, o estudo da ciência por meio dos conteúdos dos livros didáticos apresenta uma ciência atemporal, que surge como mágica, contudo, “não brota pronta, na cabeça de grandes gênios” (Martins, 2006, p. XXII). Destarte, uma formação mais próxima da realidade histórica,

com seus procedimentos e limitações, possibilita a formação do senso crítico e desmistifica o conhecimento científico.

O desafio da educação em Ciências está em “refletir sobre quais temas, métodos e propostas didáticas conseguem, de fato, preparar os alunos para os desafios do mundo contemporâneo” (Lima; Rosa, 2022, p. 487). Esta escolha possibilita instrumentalizar os alunos com teorias e conceitos científicos contemporâneos, proporcionando uma reflexão crítica.

Alencar e Silva (2018) afirmam que o que existe nos livros didáticos são exposições de conceitos e demonstrações matemáticas e quando ocorrem citações históricas, estas possuem uma natureza superficial. Isto é, a descrição de eventos e o formalismo matemático devem ser precedidos de contextualização histórica, relatando, desse modo, as motivações e relevância dos conteúdos abordados. Isto posto, a aprendizagem se torna agradável quando contextualizada historicamente, situando o aluno no mundo da ciência, explicitando àquele como se desenvolveu o conhecimento científico em um longo processo de construção.

Prestes e Caldeira (2009), citando Michael Matthews, fundador da *Science & Education*, relatam sete argumentos que justificam a história da ciência no ensino das Ciências:

- A História promove melhor compreensão dos conceitos científicos;
- Abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento de ideias científicas;
- A história da Ciência é intrinsecamente valiosa.
- A História é necessária para entender a natureza da ciência;
- A História neutraliza o cientificismo e dogmatismo que são encontrados nos manuais de ensino;
- A História humaniza a matéria científica;
- A História favorece conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas.

Prestes e Caldeira (2009) argumentam também a necessidade de demonstrar que as teorias científicas não surgem a partir do nada, pois existe um conhecimento anterior. Ao ilustrar a história da ciência com casos em que uma nova teoria não é aceita prontamente, o professor poderá discutir com seus alunos sobre os argumentos que conduzem tal teoria a aceitação ou rejeição.

Melzer e Aires (2015, p. 63) ao dialogarem acerca dos livros didáticos e o ensino dos modelos atômicos relatam que os livros têm “suprimido dados importantes para a compreensão de como os pesquisadores da Teoria Atômica chegaram a determinados modelos”. Em vista disso, deixam de contemplar informações importantes sobre como realmente ocorreu a construção de cada modelo e quais fatores influenciaram a construção. Destacam, por oportuno, que fragmentos da história da ciência proporcionam equívocos, levando o aluno a interpretar o cientista como ser sobrenatural e dissociado do mundo real.

Melzer e Aires (2015, p. 69) atestam que a teoria atômica desenvolvida por Nagaoka “colocou um centro grande e carregado envolvido de anéis formados por corpúsculos que giravam com mesma velocidade ao seu redor”. Sob esse viés, nota-se a influência de diversos cientistas para a construção da teoria atômica de Rutherford e Niels Bohr, com apontamento de erros e, notadamente, acertos, em suas pesquisas e experimentos científicos. Nesse aspecto, é importante ressaltar que a história da ciência pode trazer aspectos como a competição entre grupos de cientistas, o conflito entre estes e excluir a imagem linear, onde uma teoria substitui a outra sem competição científicas e sem colocar a prova suas teorias, exemplo este que pode ser visualizado no livro didático “apresenta somente o produto, e não o processo de construção da ciência” (Melzer; Aires, 2015, p. 76).

Mais adiante, Martins *et al.* (2011) defendem que, na educação científica, é adequada a crítica ao empirismo ingênuo, tendo em vista a importância de apresentar a ciência como uma construção humana, afastando-se, desse modo, da compreensão da ciência como uma investigação neutra dos fenômenos naturais. Segundo os autores, utilizar em sala de aula episódios da história da ciência proporciona a discussão sobre

os modelos científicos envolvidos na produção do conhecimento científico. Além disso, favorecem a compreensão da construção dinâmica da ciência, o entendimento da época, da cultura e dos critérios adotados, a fim de validar o conhecimento científico, o que, nos dizeres de Martins *et al.*, (2011, p. 36), contribui significativamente “para uma leitura mais crítica das versões históricas presente no ensino de ciências”.

Diante dessa perspectiva, propor alternativas de ensino com as características mencionadas por Martins *et al.* (2011) oportuniza a superação de que o conhecimento científico teve seu desenvolvimento a partir do acaso, de *insights* que levam a descoberta de verdades universais. Nessa concepção, se omite o papel dos erros, das controvérsias, dos debates científicos, da testagem das teorias e do posicionamento dos cientistas que influenciaram fatores sociais, políticos e econômicos (Martins *et al.*, 2011).

A transposição didática não se limita a tornar a história da ciência compreensível, mas aborda o aspecto motivacional contribuindo para o envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem, considerando as metodologias educacionais adequadas para desenvolver as concepções históricas e seus processos de construção da ciência (Martins *et al.*, 2011).

No mais, para desenvolver o interesse do aluno com relação à aprendizagem e ao conteúdo apresentado, as discussões históricas necessitam despertar esse interesse e trazer a ciência para perto do educando, desfazendo a genialidade do cientista (Lima; Rosa, 2022) e, conseqüentemente, contribuindo para compreensão clara e didática de assuntos considerado difíceis para serem assimilados. Dessa maneira, a história da ciência, ao ser aplicada por meio de metodologias que fortaleçam a participação do aluno no processo de aprendizagem, torna-se uma fonte de motivação, interesse e engajamento emocional.

A história e filosofia da ciência pode ser implementada na formação inicial no professor de Ciências, mesmo que não o transforme em historiador ou epistemólogo da ciência. Para envolver o professor é necessário fornecer elementos que contribuam para sua formação qualificada, considerando que a formação além de se configurar como o principal alicerce para construção de metodologias de ensino que envolvam o educando

no processo de aprendizado, contribui para qualificação do discente, sendo este, após a formação, capaz de lecionar os saberes adquiridos de forma reflexiva e multidisciplinar. (Martins *et al.*, 2011). É preciso ainda ressaltar que, sob o contexto da realidade educacional contemporânea, a formação do professor não o prepara para lidar de modo consciente e crítico com todos estes obstáculos.

Noutra banda, se na transposição didática optamos por um texto simplificado, há a possibilidade de se obter uma pseudo-história, contudo, se optarmos por um texto fiel a história (textos primários), há, por sua vez, uma possibilidade de que os textos se tornem incompreensíveis para os alunos.

Nesse contexto, transformar a história e filosofia da ciência em conhecimento escolar implica em dimensionar os conteúdos adequados, através de uma sequência didática adequada com propósitos pedagógicos, epistemológicos e historiográficos (Martins *et al.*, 2011). Assim:

Os usos da HFC no ensino de ciências podem trazer inúmeros benefícios pedagógicos para a formação dos professores e estudantes, mas é necessário reconhecer que há desafios a serem enfrentados e riscos a serem assumidos (Martins *et al.*, 2011, p. 53).

Os autores reforçam os benefícios da história da física e da ciência ao mencionarem que o enfrentamento dessa situação é formado por variáveis, relacionadas “ao aluno, aos conteúdos, aos materiais, a metodologia educacional, ao professor e a escola” (Martins *et al.*, 2011, p. 53).

Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC)

A abordagem didática selecionada para o estudo recorre ao uso da História da Ciência, de modo a trazer os conteúdos relacionados a evolução dos modelos atômicos, dentro de uma abordagem histórico e social. Com essa finalidade, tomamos como base teórica, a proposta de Lima e Rosa (2022), na qual é realizada uma aproximação da História da Ciência com a TASC.

Na proposta de ensino, Lima e Rosa (2022) mostram a viabilidade de organizar didaticamente uma unidade de ensino recorrendo a História da Ciência, de modo que o processo de aprendizagem contribua para assimilação dos conteúdos de forma crítica e consciente.

A TASC apoia-se, portanto, no entendimento de Moreira (2011), o qual dispõe que a aprendizagem significativa pode ser associada a uma formação crítica, seguindo o anunciado por autores como Postman e Weingartner (1969) e também apoiada na perspectiva anunciada por Paulo Freire de uma educação libertadora. Para esse fim, Moreira (2011) anuncia onze princípios que definem a TASC:

1. Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos. Para ser crítico de algum conhecimento, primeiro o aluno deve aprender de modo significativo;
2. Princípio da interação social e do conhecimento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas. O conhecimento é produzido em resposta a perguntas;
3. Princípio da não centralidade do livro texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. A disponibilidade e utilização de material diversificado é um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica;
4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador. O aluno é um receptor da matéria de ensino, onde o aluno é um ser que “percebe e representa o que lhe está sendo ensinado”;

5. Princípio do conhecimento como linguagem. A linguagem está relacionada em todas as tentativas de perceber a realidade;
6. Princípio da consciência semântica. O significado está nas pessoas e não nas palavras;
7. Princípio da aprendizagem pelo erro. O ser humano erra o tempo todo e aprende corrigindo seus erros;
8. Princípio da desaprendizagem. Ocorre quando o conhecimento prévio impede de captar o significado do novo conhecimento, sendo necessário desaprender;
9. Princípio da incerteza do conhecimento. O aluno entende que as definições são criações humanas e que o conhecimento se origina do questionamento;
10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégia de ensino;
11. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar. A utilização do livro texto como única referência do conhecimento proporciona a ilusão de certeza.

Diante dos princípios mencionados, Lima e Rosa (2022) agregaram a possibilidade de trazer nas atividades didáticas aspectos da História da Ciência, tal pensamento foi utilizado na estruturação da presente proposta didática, a qual envolve os nove encontros organizados para explorar o conteúdo de “Evolução dos modelos atômicos”

Princípios de aprendizagem significativa, os quais se relacionam diretamente com o primeiro princípio mencionado por Moreira (2011), se consolidam como aqueles em que a participação do aluno se torna essencial ao processo de ensino, sendo que aquele traz, na sala de aula, seu conhecimento prévio, mesmo que este não corresponda inteiramente com a veracidade das informações e do conteúdo disciplinado. É um processo de interdisciplinaridade, albergado pela troca e pela assimilação.

Por sua vez, os princípios epistemológicos envolvem os princípios 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, formando o “aspecto complexo do desenvolvimento do conhecimento, suas imbricações com a linguagem e com a dimensão social, reforçando o papel da incerteza,

do erro e da coletividade para o progresso do aprendizado e da ciência” (Lima; Rosa, 2022, p. 493).

Mais adiante, os princípios metodológicos envolvem os princípios 3, 10 e 11, estes que se comportam “de diferentes formas, apontam para a necessidade de uma renovação metodológica, tanto em sala de aula, como nos materiais que subsidiam tais práticas” (*ibidem*).

ORGANIZAÇÃO DIDÁTICA



A proposta didática que integra o material apresentado neste texto será composta por nove encontros, totalizando vinte horas aulas e, abordará parcialmente o conteúdo de FMC, mais especificamente a “Evolução dos modelos atômicos”.

O Quadro 1 é vinculado ao projeto para cada encontro e, na sequência, teremos o detalhamento das atividades propostas para cada um desses encontros, incluindo as opções didáticas projetadas, bem como o texto de apoio que fundamenta o conteúdo abordado nos encontros. Os textos de apoio, identificados juntamente a cada proposta didática, foram desenvolvidos especialmente para este material.

Quadro 1 – Organização dos encontros

Tema	Aula	Descrição
Atividade introdutória	1	Avaliar a compreensão sobre a produção do conhecimento em Ciência; Verificar a percepção sobre o debate público da ciência; Analisar a invisibilidade de alguns cientistas no desenvolvimento científico; Desenvolver a socialização do tema (debate) em sala de aula.
Modelos atômicos e a invisibilidade do cientista	2	Apresentar a temática em estudo e o material didático a ser utilizado. Identificar os conhecimentos prévios e os conceitos subsunçores. Apresentar um organizador prévio para o tema em discussão. Apresentar por meio de uma simulação, o experimento de Rutherford. Resgatar os modelos atômicos já estudados.
	3	Trazer ao debate que a ciência é uma construção coletiva e mostrar a invisibilidade de cientistas no momento em que a ciência é apresentada nos livros didáticos. Verificar quais modelos atômicos estão presentes nos livros didáticos; Analisar o Modelo Saturnino proposto por Nagaoka.
	4	Discutir o Modelo Saturnino; Proceder a leitura e discussão de um texto sobre o Modelo Saturnino; Refletir sobre a invisibilidade do cientista e a injustiça social.
Radioatividade e as mulheres na ciência	5	Discutir sobre a história do conhecimento da radioatividade; Analisar na história quais os principais cientistas envolvidos; Discutir sobre a fluorescência e a fosforescência; Analisar os diferentes fenômenos de radiação.
	6	Desenvolver estudo sobre Marie Curie e a radioatividade; Pesquisar sobre as mulheres na ciência;

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência

		Desenvolver um debate sobre a participação das mulheres na pesquisa científica, nas diversas áreas do conhecimento.
Energia nuclear e o debate público da ciência	7	Analisar a tecnologia da bomba atômica e seu potencial de destruição; Identificar decaimento radioativo e formas de radiação; Identificar a meia vida de um átomo radioativo; Apresentar a fissão e a fusão nuclear.
	8	Realizar uma análise sobre a utilização da radiação nos alimentos; Reconhecer o Cobalto 60 entre as demais substâncias químicas radioativas; Identificar as vantagens da radiação nos alimentos; Debater sobre o desperdício de alimentos na sociedade.
Atividade de análise	9	Avaliar a compreensão sobre a produção do conhecimento em Ciência; Verificar a percepção sobre o debate público da ciência; Analisar a invisibilidade de alguns cientistas no desenvolvimento científico.

Fonte: autores, 2025.

ATIVIDADE INTRODUTÓRIA



Duração: 4 horas/aula

Objetivo:

- Avaliar a compreensão sobre a produção do conhecimento em Ciência.
- Verificar a percepção sobre o debate público da ciência;
- Analisar a invisibilidade de alguns cientistas no desenvolvimento científico;
- Desenvolver a socialização do tema (debate) em sala de aula.



Questionário

Para iniciar as atividades propostas neste produto educacional, indica-se a aplicação de um questionário com o intuito de verificar a compreensão dos estudantes sobre aspectos relacionados a produção do conhecimento na ciência e sua relação com a sociedade.

- Quais as características de uma investigação científica? Como ela se diferencia de uma investigação filosófica?
- Como você considera que a ciência é produzida?
- Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar?
- A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência levou os cientistas a desenvolverem esse entendimento sobre o átomo?
- A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido?
- Quais fatores podem influenciar a invisibilidade ou o reconhecimento de um cientista pela sociedade?
- Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade?

- De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?



Organização da atividade:

Após a aplicação do questionário, o professor pode apresentar o vídeo² “O que é ciência e por que confiar nela?”, da doutora em Microbiologia Natalia Pasternak. Neste vídeo a Dra. Natalia debate sobre a construção da ciência.

Disponível em: https://youtu.be/1aQRJQRHQvg?si=i1TU2k_8Kb18IB5s



Figura 1: "O que é ciência e porque confiar nela".

Fonte: https://youtu.be/1aQRJQRHQvg?si=i1TU2k_8Kb18IB5s

Outra opção para esse momento é apresentar o vídeo³ “Marcelo Gleiser: definição de ciência”, do Físico e astrônomo brasileiro.

Na sequência, após o vídeo da Dr. Natalia Pasternak, indica-se apresentar o vídeo intitulado “Definição de Ciência”, de autoria do físico e astrônomo brasileiro Marcelo Gleiser. Neste vídeo o físico questiona a neutralidade da ciência.

Disponível em: <https://youtu.be/nQN5GJI69SE?si=aYVy8upgfAbZuKTt>

² Disponível em: <https://youtu.be/1aQRJQRHQvg?si=BsWozlvcLzbNqKYa>. Acesso em 16 set. 2024.

³ Disponível em: <https://youtu.be/nQN5GJI69SE?si=aYVy8upgfAbZuKTt>. Acesso em 16 set. 2024.



Figura 2. Vídeo "Definição de ciência".

Fonte: <https://youtu.be/nQN5GJI69SE?si=aYVy8upgfAbZuKTt>

Por fim, o professor pode apresentar o vídeo “O que é Ciência?” da professora e doutora em Ensino de Química Luciana Massi, mais especificamente a partir dos 7:00 min até os 12:15min, e a partir do minuto 16:17min. até o término

Disponível em: <https://youtu.be/nQN5GJI69SE?si=eV301mGwCSOJPecn>

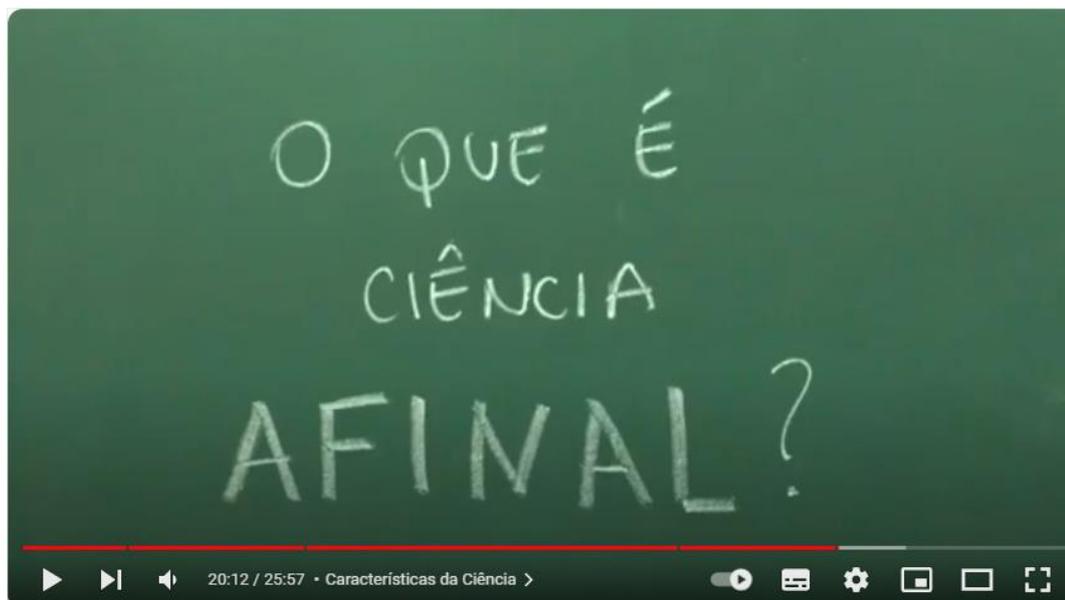


Figura 3: vídeo “O que é Ciência?”

Fonte: <https://youtu.be/nQN5GJI69SE?si=eV301mGwCSOJPecn>

MODELOS ATÔMICOS E A INVISIBILIDADE DO CIENTISTA



Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Apresentar a temática em estudo e o material didático a ser utilizado.
- Identificar os conhecimentos prévios e os conceitos subsunçores.
- Apresentar um organizador prévio para o tema em discussão.
- Apresentar por meio de uma simulação, o experimento de Rutherford.
- Resgatar os modelos atômicos já estudados.



Organização da atividade:

Como atividade inicial, indica-se que o professor apresente a proposta do ensino de **Física Moderna e Contemporânea**, mostrando o material, composto pelos textos de apoio que integram o presente produto educacional. Além disso, o professor deve enfatizar a importância da participação do aluno como protagonista do conhecimento.

Na sequência, os alunos devem ser convidados a externalizar de forma espontânea e oral, sem consulta a materiais, seus conhecimentos prévios sobre a “teoria do modelo atômico”. Nesse momento, é importante que o professor dê liberdade para que eles expressem seus pensamentos e seus conhecimentos. Recomenda-se que, nesse momento, o professor proceda os registros das respostas obtidas no quadro.

Conhecimentos prévios, segundo a TAS, são aqueles conhecimentos que os estudantes possuem em relação ao que está sendo apresentado e não necessariamente envolvem conhecimentos sobre o conteúdo dos modelos atômicos.

Além disso, nesse diálogo inicial, é interessante que os estudantes tomem consciência de seus conhecimentos prévios em relação ao tópico em estudo – modelos atômicos - e que o professor possa identificar os subsunçores existentes.

Subsunçores são os conhecimentos âncora necessários como ter conhecimento sobre o átomo.

Como um organizador-prévio, o professor poderá utilizar um experimento simples que oportuniza a discussão de como podemos teorizar a existência do desconhecido, a partir de hipóteses sobre o observado no início e ao término do experimento. Essa atividade possibilita introduzir aspectos relacionados ao modo e às teorias desenvolvidas pelos cientistas acerca do átomo.

Organizadores-prévios são ferramentas pedagógicas poderosas na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel. Eles funcionam como pontes cognitivas, conectando o novo conhecimento que o aluno está prestes a adquirir com o que ele já sabe.

A atividade tem como objetivo levar o aluno a:

- 1) Estimular a curiosidade, haja vista que as soluções apresentadas dependerão exclusivamente da criatividade de inventar formas de objetos que expliquem a trajetória das bolinhas;
- 2) Deduzir hipóteses, visto que não é possível visualizar o objeto que está embaixo da placa;
- 3) Desenvolver a aprendizagem pelos sentidos e pela investigação do comportamento das bolinhas, deduzindo por meio de hipóteses o formato do objeto escondido.

A imagem a seguir (Figura 4) ilustra o equipamento, cuja descrição e utilização serão apresentadas na sequência.

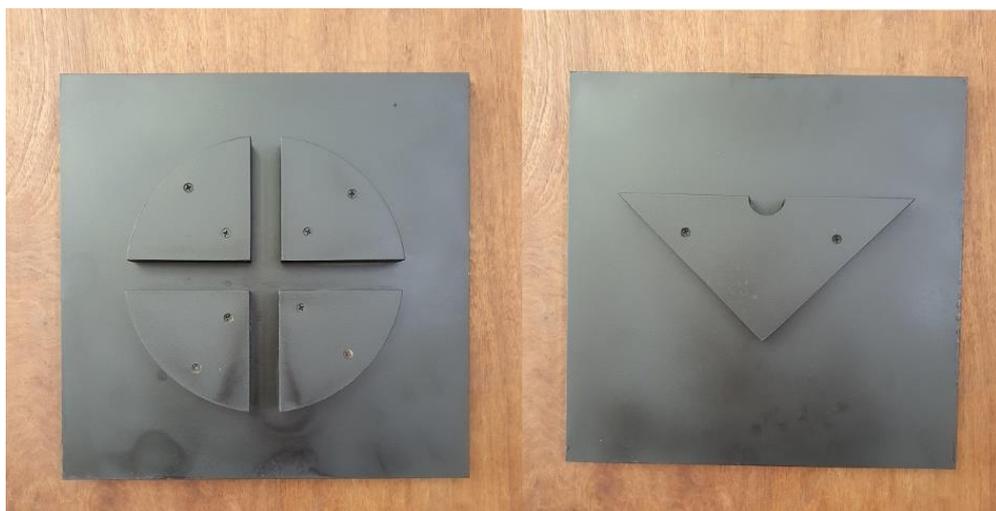


Figura 4: Experimento para interpretar o átomo.
Fonte: Autores, 2024.

A atividade proposta tem como aporte teórico os estudos desenvolvidos por Gurgel e Pietrocola (2011). Mais precisamente, será subsidiada pelo artigo “O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford”, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física⁴. O conteúdo pode ser melhor visualizado no vídeo disponível via QR code.



Para desenvolver a atividade, os alunos devem seguir as seguintes instruções:

- 1) Tenha em mãos folhas A4 e lápis;
- 2) Rolar a bolinha ao encontro do alvo que está abaixo da placa analisando sua trajetória após a colisão;
- 3) Traçar em uma folha (A4) a trajetória de cada bolinha, antes e depois de entrar por baixo da placa;
- 4) Repetir o procedimento por três vezes;
- 5) Levantar uma hipótese do que poderia ter ocorrido com a bolinha ao passar por baixo da placa;
- 6) Trocar de placa;
- 7) Rolar novamente a bolinha ao encontro do alvo que está abaixo da placa analisando seu movimento após a colisão.
- 8) Traçar em uma folha (A4) a trajetória de cada bolinha, antes e depois de entrar por baixo da placa;
- 9) Repetir o procedimento por três vezes;
- 10) Levantar uma hipótese do que poderia ter ocorrido com a bolinha abaixo da placa.

⁴ Artigo disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n1p91/18167>. Acesso em: 20 abr. 2024.

Após os estudantes realizarem os movimentos com as bolinhas sobre a superfície e elaborarem suas hipóteses sobre a figura que está debaixo da placa, o professor deverá conduzir um debate sobre a relação entre o realizado por eles e o estudo do átomo a partir do “Espalhamento de Rutherford”. Essa discussão possibilita introduzir essa temática a ser explorada na continuidade da aula.

Para explorar o “Espalhamento de Rutherford”, sugere-se a utilização do simulado do Phet Colorado, disponível gratuitamente e online. No experimento proposto, os estudantes deverão analisar a trajetória da radiação gama, como será descrito mais adiante, disponível em:

https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_all.html

A Figura 5 apresenta a análise do experimento de Rutherford e está relacionada ao experimento realizado anteriormente.

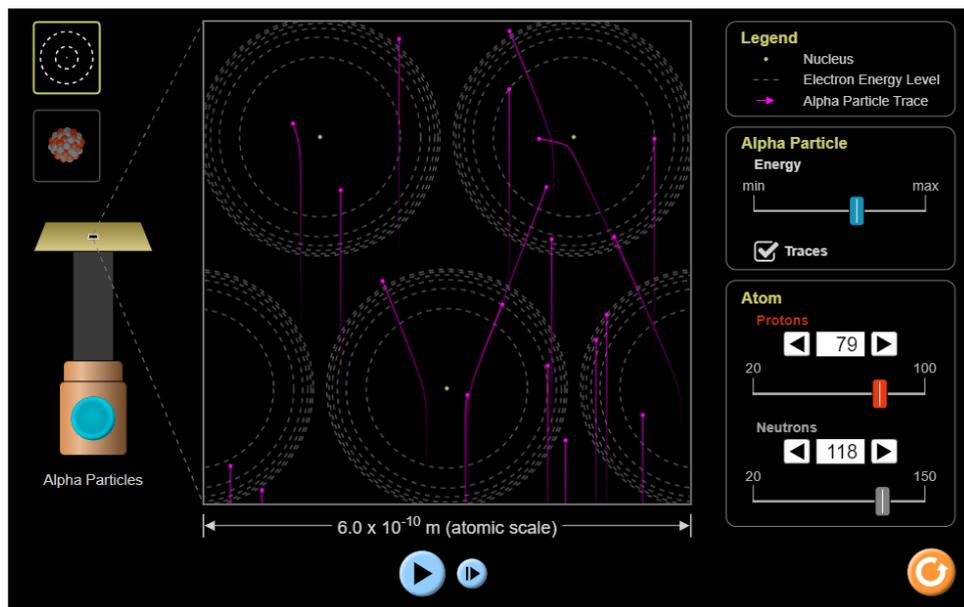


Figura 5: Simulação do experimento de Rutherford.

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_all.html

Na simulação, será possível visualizar as trajetórias possíveis da radiação gama ao ser projetada contra uma fina folha de metal. A visualização pelo simulador

possibilitará ao estudante interpretar o desconhecido mundo atômico que não é visível aos olhos.

Para complementar essas discussões, o professor poderá utilizar um vídeo que mostra o “Experimento de Rutherford” e fazer uma relação com a atividade experimental desenvolvida no início da aula.

Disponível em: https://youtu.be/AHXD9pgmkPQ?si=xdgmG7julKOA4_y

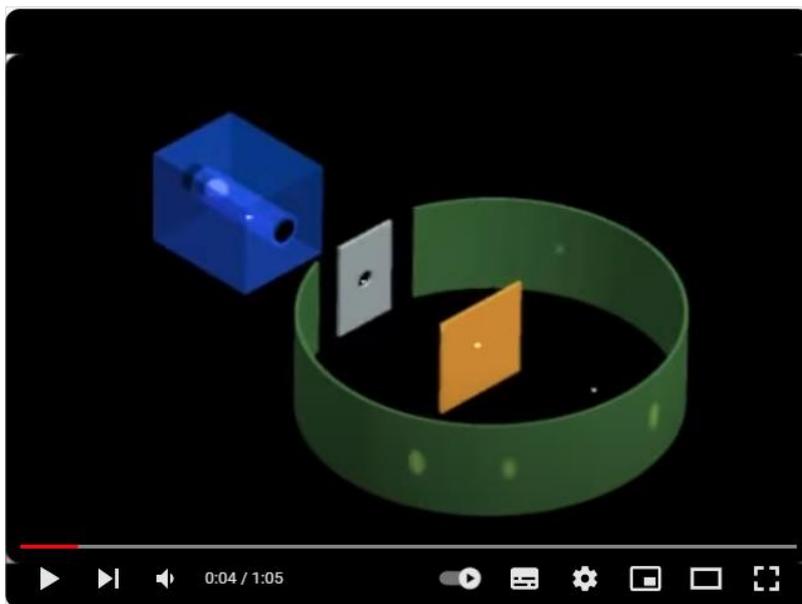


Figura 6: Vídeo sobre a simulação do experimento de Rutherford.
Fonte: https://youtu.be/AHXD9pgmkPQ?si=xdgmG7julKOA4_y

Após a fase experimental, propõe-se a discussão sobre a importância das atividades desenvolvidas pelos cientistas, isto é, a dificuldade por esses profissionais em levantarem hipóteses sobre o desconhecido e, conseqüentemente, a complexidade enfrentada por eles na formulação de teorias.

Para finalizar a aula e como forma de avaliar o realizado, sugere-se apresentar um vídeo sobre os “Modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y Chadwick)”, instigando os estudantes e refletirem sobre esses modelos que serão objetos de discussão do próximo encontro. Neste vídeo faz-se uma descrição histórica dos modelos atômicos clássicos.

Disponível em: <https://youtu.be/8IX8FjjLKhc?si=IM46WhSwtfXhLpr>

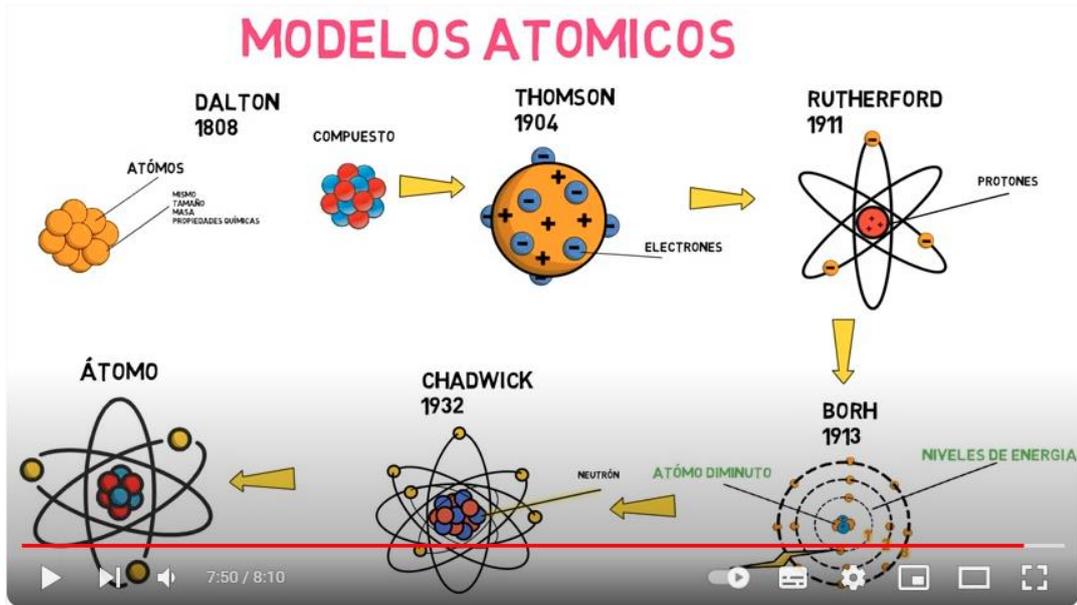


Figura 7: Vídeo sobre os modelos atômicos.

Fonte: <https://youtu.be/8lX8FijLKhc?si=4SSd8CxjkYf-9dWn>

Neste momento cabe ao professor desenvolver um debate com os alunos sobre como foram interpretados os modelos atômicos considerando que o cientista não tem uma visão direta do átomo.



Materiais complementares:

O professor pode complementar suas leituras com o artigo⁵ “O centro de todas as coisas. Um século da descoberta do núcleo atômico” da Sociedade Brasileira de Física.

⁵ Disponível em: <https://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num2/a11.pdf>. Acesso em 14 set. 2024.

Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Promover o debate sobre a ciência como uma construção coletiva e expor a invisibilidade de cientistas nos livros didáticos, onde a ciência é frequentemente apresentada de forma simplificada.
- Verificar quais modelos atômicos estão presentes nos livros didáticos;
- Analisar o Modelo Saturnino proposto por Nagaoka.



Organização da atividade:

Para iniciar o encontro, recomenda-se a apresentação de uma situação-problema envolvendo o conceito de átomo. Por exemplo:

“Quais são os principais pesquisadores envolvidos na evolução da teoria do modelo atômico?”

Para contextualizar o conteúdo, indica-se a apresentação do vídeo “O átomo de Bohr | A

Evolução da Teoria Atômica”. Neste vídeo faz-se uma retomada histórica dos modelos atômicos clássicos com ênfase no modelo atômico de Bohr.

De acordo com a TAS os conteúdos devem ser apresentados na forma de situações-problema, caminhando do mais inclusivo par ao menos inclusivo.

Disponível em: <https://youtu.be/dft6UoXZnMw?si=uRjgK1KEdLTguwcx>

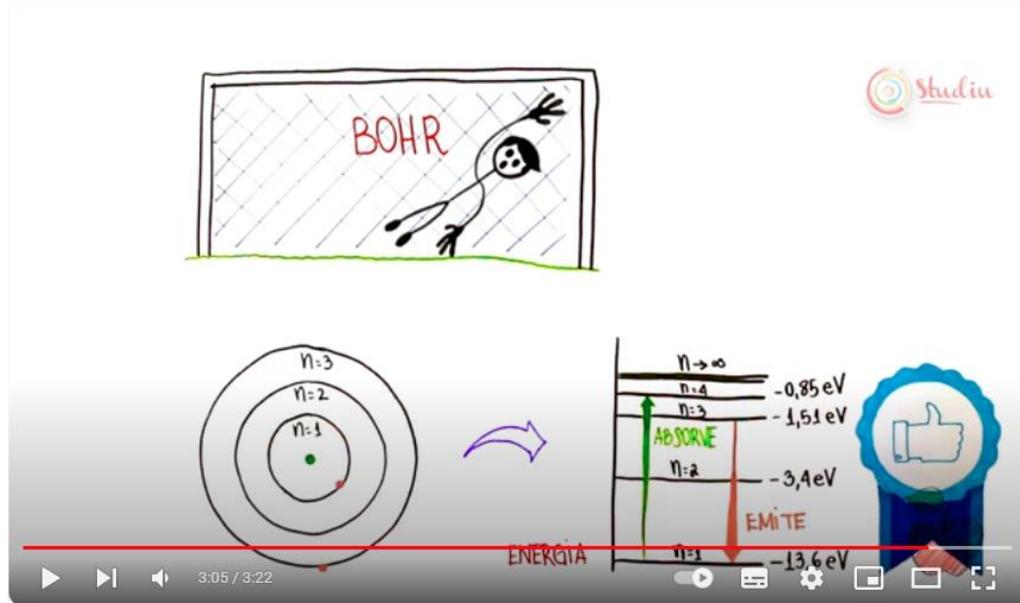


Figura 8: Vídeo sobre o modelo atômico de Bohr.

Fonte: https://youtu.be/dft6UoXZnMw?si=xQmbXQBKHE_MFadH

Em seguida, os alunos devem realizar uma pesquisa na internet, utilizando o seguinte filtro “cientistas que participaram do desenvolvimento dos modelos atômicos, mas que não são citados pela história”.

Nas possíveis respostas e informações obtidas, será dado destaque ao Modelo Saturnino, trazendo-se ao debate as possíveis razões pelas quais os nomes desses profissionais foram retirados da história e das teorias formuladas. Durante essas discussões, será apresentada a Figura 9, que ilustra os modelos atômicos e indica onde se localiza o modelo Saturnino.



Figura 9: Evolução histórica dos modelos atômicos.

Fonte: <https://molasaber.org/2020/06/09/el-atomo-a-lo-largo-de-la-historia/>

Com as imagens a seguir, será retomado cada modelo atômico e a forma como essa evolução ocorreu, por meio de uma apresentação em PowerPoint. Como sugestão de leitura para o próximo encontro, indica-se o Texto de Apoio 1.

Neste momento cabe ao professor desenvolver um debate com os alunos sobre o atomismo e o antiatomismo.



Materiais complementares:

O professor pode complementar suas leituras com o artigo “O Modelo Atômico Saturniano de Nagaoka”⁶ da Sociedade Portuguesa de Física.

⁶ Disponível em: <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/414/article/1277/pdf>. Acesso em 17 set. 2024.

Texto de Apoio 1

A Física é a parte da ciência que estuda as propriedades da matéria e das forças naturais. Esta ciência é constituída de uma teoria, experimentos e uma representação matemática do fenômeno. Neste contexto, estuda a matéria nos níveis moleculares, atômico, nuclear e subnuclear. Além disso, analisa os estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. Por fim, investiga em seu cerne, as quatro forças fundamentais da natureza: a gravidade, o eletromagnetismo, a interação forte e a interação fraca.

Na educação científica tradicional, ocorre uma abordagem dogmática da ciência, quase não existindo espaço para uma análise das descobertas científicas e das dificuldades para sua implementação no mundo científico. Quando contextualizado, o ensino pode desenvolver um senso crítico no aluno ao entender que o conhecimento científico tem caráter provisório e é resultado da construção de vários cientistas e da disputa entre correntes científicas e filosóficas distintas (atomistas e antiatomistas).

A primeira teoria atômica que se tem registro na história da humanidade começa na Grécia, no século V a.C. Leucipo e seu aluno Demócrito elaboraram a primeira hipótese sobre a constituição da matéria, “o Universo é formado de átomos e vácuo. Os átomos são infinitos e não podem ser cortados ou divididos. São sólidos, mas de tamanho tão reduzido que não podem ser vistos. Estão sempre se movimentando no vácuo” (Ouriques, 2024).

Claro que o átomo de Demócrito é uma hipótese, discutida no âmbito filosófico e sem evidências experimentais (quantitativas). Já no século XVIII surgem as primeiras teorias atômicas com evidências quantitativas.

Alguns atomistas

No Séc. XVII, os trabalhos do físico italiano Evangelista Torricelli (~1640) e do filósofo e matemático francês Blaise Pascal (~1650), por meio de seus experimentos, demonstraram que a Terra está envolta em um “mar” de ar que exerce pressão sobre os corpos terrestres da mesma maneira que a água exerce pressão sobre corpos imersos nela. Também foi produzido o vácuo, o vazio, comprovando assim sua existência e uma nova interpretação do mundo.

Entre os adeptos do Atomismo podemos citar os nomes de Giordano Bruno (1588), Pierre Gassendi (1649) e Robert Boyle (1661) (Oliveira, *et al.*, p. 61). Boyle (~1650), como atomista, afirmava que o ar é composto por partículas que se repelem mutuamente, como pedaços de lã ou molas enroladas ou seria formado por um turbilhão de partículas que se empurram mutuamente em seus impactos, com espaços vazios entre elas.

Newton (~1687) era um atomista e afirmava que as diferentes densidades da matéria eram observadas em termos da quantidade de espaço (vazio) entre seus átomos constituintes.

Bernoulli (~1750) foi o primeiro a propor uma teoria cinética dos gases, intitulada como “partículas dotadas de movimento translacional”. A pressão exercida por um gás decorre do impacto das partículas sobre as paredes do recipiente. Em seus estudos, o autor também demonstra que a pressão é inversamente proporcional ao volume” (Oliveira, 2008, p. 15). Esta teoria só pode ser explicada partindo do princípio de que a matéria é composta por átomos.

➔ Jeremias Benjamin Richter

A evidência acerca dos átomos foi a Lei das Proporções definidas, proposta por Richter em 1792. A teoria que explica o modelo atômico de Dalton pode ter surgido com a influência do Jeremias Richter, químico alemão que, em 1802, definiu sua teoria da estequiometria, a qual, em seu objeto principal, investigava a ciência de medir as

proporções quantitativas ou proporções de massa, volume e pressão, onde os elementos químicos se conectam uns aos outros. Essa teoria, de natureza quantitativa, baseada em medições e relações matemáticas, modificou o pensamento dos químicos da época. Em 1792, Richter apresenta a Lei das Proporções que sugere a existência de partículas (átomos) nas reações químicas. As Leis das proporções não provam a existência de átomos, mas fica quase impossível explicar sem a existência dos átomos. A palavra estequiometria (do grego stoicheon, “elemento”, e metron, medida) foi introduzida por Richter em 1792, referindo-se às medidas dos elementos químicos nas substâncias (Oliveira, *et al.*, p. 193).

➔ John Dalton

Foi em 1803 que John Dalton, possivelmente inspirado nos trabalhos de Richter, começou a apresentar sua teoria. Na história da ciência, não está bem clara a origem da teoria atômica de Dalton, mas cogita-se a influência de Richter, pois “se o caminho foi dedutivo, poderia ter sido a partir do trabalho de Richter com as massas equivalentes; ou a partir da primeira teoria das misturas gasosas” (Viana, 2007, p. 32).

Dalton foi professor de química e, utilizando-se de aportes teóricos como o livro-texto o “Elements of Chemistry” – tradução inglesa do tratado de Antoine Laurent Lavoisier, teve acesso a importantes teorias e conteúdos, os quais lhe possibilitaram a ampliação de seus conhecimentos e, conseqüentemente, a consolidação de sua teoria atômica.

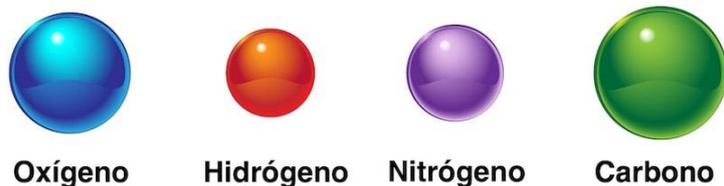


Figura 8: John Dalton.

Fonte:

<https://www.britannica.com/biography/John-Dalton>.

Porém, seus argumentos de que cada elemento químico tinha seu próprio tipo de átomo (Figura 10) “era contraintuitivo para aqueles que acreditavam que ter tantas partículas fundamentais diferentes destruiria a simplicidade da natureza, mas Dalton



considerou fantasiosas suas objeções” (Santos, 2019, p. 43). Dalton ignorou tais críticas e seguiu com suas investigações sobre os diferentes tipos de

átomos.

Figura 10: Representação dos átomos de Dalton.

Fonte: <https://conhecimentocientifico.r7.com/modelo-atomico-de-dalton/>

Ele afirmava que os átomos eram indivisíveis, compostos por bolas sólidas e de carga elétrica neutra, porém, à época, existiam tantos átomos quanto substâncias químicas conhecidas.

Afirmou, também, que “Cada átomo, fosse ele “simples” ou “composto”, possuiria uma determinada “atmosfera”, ou invólucro, de calórico à sua volta” (Viana, 2007, p. 55). Este calórico se manifestaria por meio de raios, representados por linhas (Figura 11), saindo do centro atômico. Dalton se concentrou, portanto, em determinar as massas relativas de cada tipo diferente de átomo, um processo que poderia ser realizado, segundo ele, considerando apenas o número de átomos de cada elemento presente em diferentes compostos químicos.

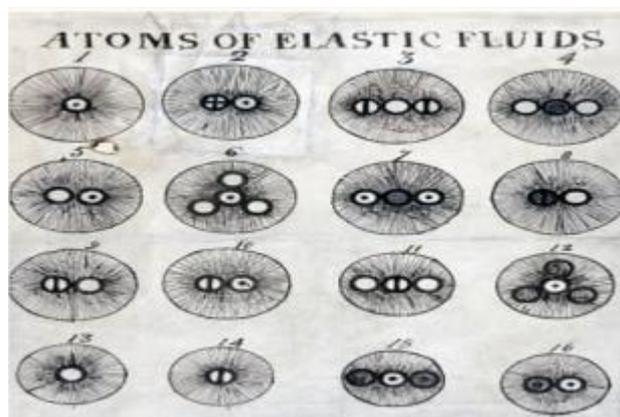


Figura 11: Manuscrito de Dalton representando o átomo.
Fonte: Gatto, 2017.

Em um livro de memórias lido para a Sociedade Literária e Filosófica de Manchester em 21 de outubro de 1803, ele afirmou:

Uma investigação sobre os pesos relativos das partículas finais dos corpos é um assunto, tanto quanto eu sei, inteiramente novo; ultimamente tenho processado este inquérito com um sucesso notável (Dalton, 1805 *apud* Oki, 2009, p. 1073).

Ele descreveu seu método de medir as massas de vários elementos, incluindo hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio, de acordo com a forma como se combinavam com massas fixas umas das outras.

Na representação de Dalton, apresentada na Figura 12, os elementos são ilustrados por meio de esferas com detalhes que diferenciam cada uma e os compostos são apresentados por meio da combinação desses elementos.

Assim, ao observar fenômenos, Dalton transcende a aparência imediata ao pressupor a existência física de um não observável – o átomo e a molécula.

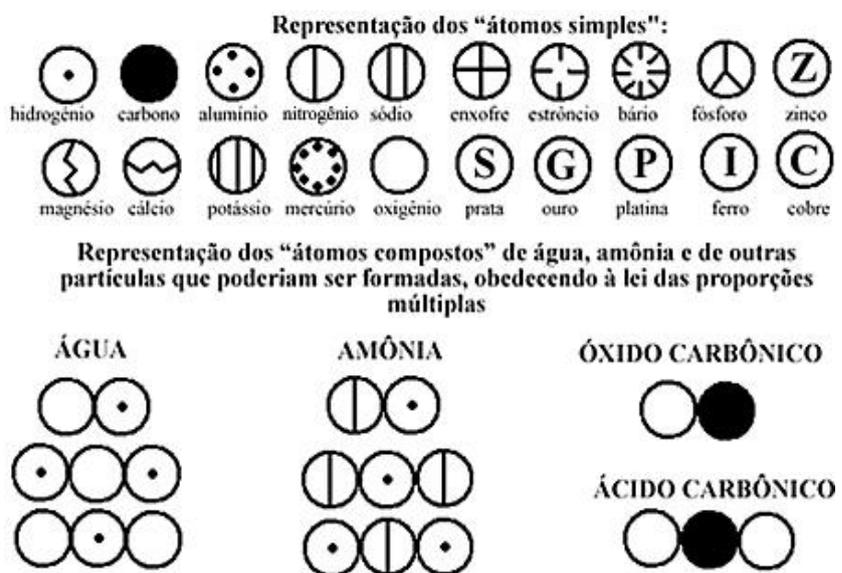


Figura 12: Representação dos átomos e moléculas, de Dalton
 Fonte: <https://static.biologianet.com/conteudo/images/2014/09/atomos-de-dalton.jpg>.

Anti-atomistas

Ernst Mach (1838-1916), físico e historiador, interpretava o átomo como um símbolo utilizado para representar os fenômenos, não admitindo a sua existência real e revelando-se um “convencionalista” (Oki, 2009, p. 1078).

Em contrapartida ao atomismo, existe o energeticismo ou energetismo, fundamentado no conceito de energia. Os energeticistas apresentavam-se contra a visão

materialista do mundo e foram influenciados pela epistemologia idealista (pós positivista) do filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804). “O Energeticismo, também chamado de Energética, foi uma escola científica que visava unificar e reinterpretar as ciências por meio do conceito de energia e as leis que descrevem suas transformações” (Pereira, 2015, p. 8). Esta teoria foi muito popular entre os antiatomistas do século XIX e início do século XX.

Ostwald faz uso de argumentos e conceitos da teoria energeticista, com o objetivo de explicar fenômenos e “combater teorias concorrentes, tais como as interpretações cinéticas e atomistas para a catálise e, de fato, o antiatomismo ...” (Pereira, 2015, p. 61).

Os energeticistas contestavam o uso de hipóteses especulativas na ciência, assim como a possibilidade da existência de forças não comprovadas empiricamente. Um outro aspecto era a valorização da energia, capaz de ser mensurada nos processos naturais.

A aceitação da hipótese atômica por atomistas e antiatomistas, ao longo do século XX, revela o consenso alcançado pela comunidade científica, inclusive quanto à sua importância para a ciência. A antiga hipótese atômica foi revigorada, levando à consolidação de um modelo único de átomo, aceito por físicos e químicos (Oki, 2009, p. 1079).

Referenciais Bibliográficos

GATTO, Marco Antônio; SUART JUNIOR, José Bento; STANZANI, Enio de Lorena. Subsídios histórico-filosóficos para o ensino do modelo atômico de Dalton. **Actio: Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, 2017.

OKI, Maria da C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, 2009.

OLIVEIRA, Mário José de. Teoria e Física do Calor Aula 2: Átomos e moléculas e teoria cinética. IF- Universidade de São Paulo. 2008. Disponível em: <https://fge.if.usp.br/~oliveira/ceu2.pdf>. Acesso em 29 de agosto de 2024.

OLIVEIRA, Olga M. M. F.; JUNIOR, Klaus Schlunzen; SCHLUNZEN, Elisa T. M. Química, Tomo I. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista. 2013.

OURIQUES, Ederson Martins. Galeria Física. IF-UFRGS. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20012/Ederson/fatos.html>. Acesso em 28 de agosto de 2024.

PEREIRA, Letícia dos Santos. **Considerações sobre o energeticismo e a catálise na obra de Wilhelm Ostwald**. Dissertação (Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências) Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2015.

SANTOS, Ana Flávia dos. **Estequiometria para além da regra de três**. Produto educacional da dissertação (Mestre em Ensino de Ciências e Matemática) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

VIANA, H. E. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Discutir o Modelo Saturnino;
- Realizar a leitura e promover a discussão de um texto sobre o Modelo Saturnino;
- Refletir sobre a invisibilidade do cientista e as injustiças sociais



Organização da atividade:

Como segunda situação-problema, propõe-se a discussão de uma questão relacionada a um modelo atômico que tem sido invisibilizado pela história da ciência, como: “Por que o modelo atômico saturnino não foi mais investigado na história da ciência?”

Para iniciar a discussão sobre o modelo saturnino, proposto por Nagaoka, é necessário retomar conceitos da espectroscopia, pois o cientista tentou, em sua proposta, relacionar o movimento dos elétrons à radiação luminosa (luz visível) e à radiação invisível (raios X e ultravioleta). Para fomentar a reflexão crítica sobre o conteúdo abordado, o professor poderá explicar que em 1904:

Com esse modelo, mas em termos bastante incipientes, ele tenta interpretar: a) os espectros ópticos, atribuindo as linhas espectrais a oscilações desses anéis e b) a emissão radioativa de partículas β por átomos pesados, vinculando o decaimento à quebra do anel exterior de elétrons do átomo pesado (Peduzzi, 2008, p. 173).

Após a abordagem inicial, o professor deve explicar que o modelo atômico saturnino não teve apoio de pesquisadores e que inclusive:

o modelo de Thomson, por esse motivo, era capaz de explicar inúmeros fenômenos, tais como a dispersão de raios X, a absorção da luz, a emissão de radiação, etc. Esses problemas estruturais do átomo de Nagaoka o levaram a abandonar o modelo saturniano em 1908 (Filho; Matsumoto, 2022, p. 14).

Para facilitar o entendimento do espectro de emissão e absorção da luz, sugere-se a apresentação do vídeo intitulado “Emissão e Absorção de Radiação: o espectro”.

Disponível em: <https://youtu.be/WdRrTftHeI8?si=rM03mNzjX7nAfUns>

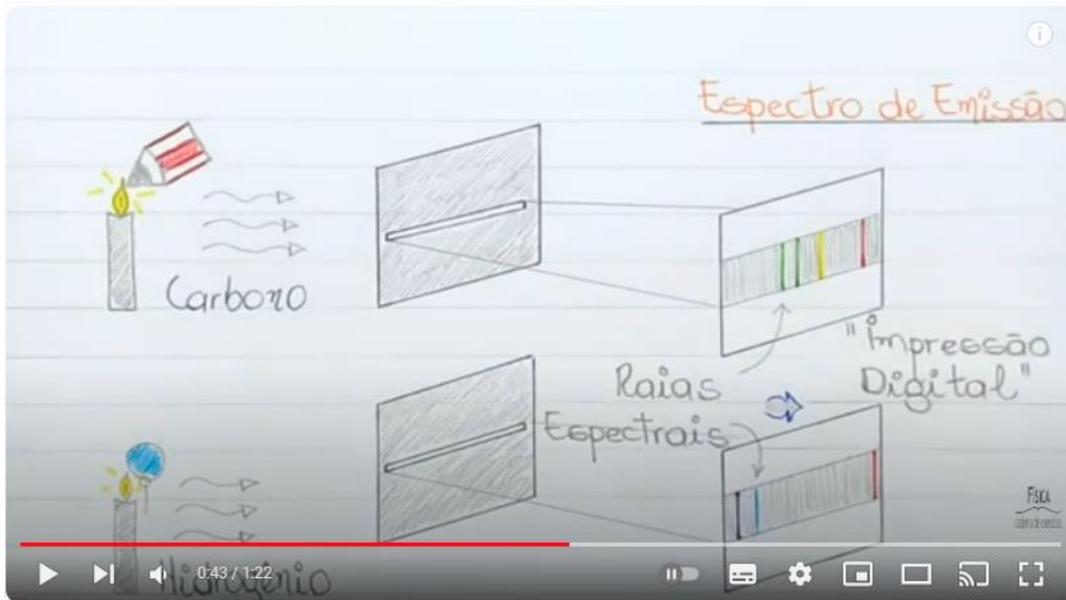


Figura 13: Emissão e Absorção de Radiação: o espectro.
Fonte: <https://youtu.be/WdRrTftHeI8?si=rM03mNzjX7nAfUns>

Em seguida, propõe-se a leitura do Texto de Apoio 2, o qual contextualiza a participação de Nagaoka na evolução dos modelos atômicos.

Dando prosseguimento, deverá ser destacado aos estudantes que o famoso experimento de Rutherford com a “fina folha de ouro” foi desenvolvido inicialmente por seus colaboradores, Geiger e Marsden, como ressaltado pelos autores Melzer e Aires (2015, p. 72): “Geiger e Marsden, juntos, estudaram e observaram os espalhamentos de partículas alfa em vários metais, o que os levou a publicarem um artigo na Royal Society”.

Quando Rutherford publicou a respeito da dispersão da partícula α , em maio de 1911, “faz menção ao modelo atômico Saturniano de Nagaoka” (Filho; Matsumoto, 2022, p. 14). Neste ano, Bohr contata Nicholson e toma conhecimento de suas teorias a respeito do cálculo das frequências correspondentes às riscas do espectro visível, o que

no entender de Raicik (2023, p. 10), pode ter “aproximado Bohr da espectroscopia e talvez feito dar mais atenção a este campo de conhecimento”.

Sobre isso, é interessante destacar aos alunos que

O contato de Bohr com alguns trabalhos de John W. Nicholson pode auxiliar a compreender o percurso de Bohr nos primeiros meses da década de 1913[...] O primeiro contato de Bohr com Nicholson pode ter ocorrido ainda em dezembro de 1911[...]. Um ano depois, no entanto, entre novembro e dezembro, ele se depara com trabalhos relativos à teoria atômica nicholsoniana; que o impressionaram muitíssimo. Nicholson desenvolveu um modelo planetário para o átomo, em 1911 ... (Raicik, 2023, p. 9).

Através dessas informações, juntamente com a problematização do modelo atômico de Nagaoka, os experimentos de Geiger e Marsden, e a influência de Nicholson sobre a teoria de Bohr, o professor poderá conduzir uma discussão em sala de aula sobre o desenvolvimento da ciência ao longo da história, trazendo à tona a participação de autores pouco mencionados nas obras literárias e como seus estudos contribuíram para a formação de teorias importantes ao redor do mundo

Ao decorrer das discussões promovidas pelo docente, indica-se fazer uma reflexão com os alunos e deixar claro que a construção da ciência “deve ser entendida como um conjunto de saberes, valores, crenças, expectativas, ações e normas que perfazem uma sociedade” (Mazzarella; Schiffer; Guerra, 2024, p. 3). Sendo assim, quando se pesquisa a história da ciência com mais detalhes pode-se observar que alguns atores sociais ficaram no esquecimento, mesmo tendo participado da construção da ciência, contudo, sem o devido reconhecimento e apontamento de suas respectivas contribuições.

Desse modo, após a contextualização dos tópicos mencionados, o professor pode optar pela exibição do vídeo intitulado “O esquecido Modelo Atômico de Nagaoka – Conhecem?”, a fim de que os alunos consigam assimilar o conteúdo proposto em diversos formatos didáticos. Este vídeo faz um relato da trajetória acadêmica de Nagaoka e de sua teoria sobre o modelo atômico saturnino.

Disponível em: <https://youtu.be/7FH9YXIQHIQ?si=4bwHdm7YWWoG0oiQ>



Figura 14: O esquecido Modelo Atômico de Nagaoka - Conhecem.
Fonte: <https://youtu.be/7FH9YXIQHIQ?si=4bwHdm7YWWoG0oiQ>

Ao destacar a presença de pesquisadores tradicionalmente esquecidos pelos livros de história da ciência, o professor deve chamar a atenção para a construção coletiva da ciência, ressaltando que “toda a sociedade está sujeita a desigualdades de raça, gênero e classe... a ciência é um empreendimento humano e cultural, sendo co-produzida com a sociedade” (Mazzarella; Schiffer; Guerra, 2024, p. 2).

Neste momento cabe ao professor desenvolver um debate com os alunos sobre a invisibilidade de alguns cientistas tais como Nagaoka e Sommerfeld.



Materiais complementares:

Para complementar o seu conhecimento o professor pode assistir ao vídeo⁷ “HANTARO NAGAOKA E SEU PIONEIRISMO NA CIÊNCIA JAPONESA COM SEU MODELO ATÔMICO SATURNIANO”, do canal Movimentos Docentes.

⁷ Disponível em: <https://youtu.be/2LZE9EQ0NPU?si=HuOP5fsVRZTDL3J6>. Acesso em 17 set. 2024.

Texto de Apoio 2

Em 1904, foi publicado no *Philosophical Magazine* o artigo “Cinética dos sistemas de partículas ilustrando a linha do espectro de banda e os fenômenos da radioatividade” (tradução nossa), no qual foi apresentado o modelo atômico saturnino, de Nagaoka (Fiolhais; Ruivo, 1996, p. 6). Neste modelo intuitivo, o átomo teria uma estrutura semelhante ao planeta Saturno, com um núcleo central e elétrons distribuídos de forma similar aos anéis de Saturno. Segundo os autores Filho e Matsumoto (2022, p. 9), o modelo em questão “conseguiu explicar as emissões atômicas observadas nos experimentos e, posteriormente, foi de algum modo reforçado pelos experimentos de Rutherford no ano de 1909”.

Na descrição de Nagaoka, os espectros atômicos estariam relacionados à frequência orbital dos elétrons; a radioatividade foi interpretada como uma quebra dos anéis saturnianos, proporcionando a emissão de elétrons, chamados “raios β ”. Tratava-se, assim, de um modelo concebido para o átomo com o propósito de explicar os espectros de linhas e de bandas.

Hantaro Nagaoka, importante físico japonês, era desconhecido no mundo ocidental na época, mas já havia dado contribuições sobre a propagação das ondas eletromagnéticas na atmosfera.

No início do século, havia grande entusiasmo pelos cientistas atomistas em compreender a estrutura da matéria no mundo atômico. “Paradoxalmente, a crença na realidade dos átomos era ainda objecto de polémica” (Fiolhais; Ruivo, 1996, p. 6), pois ainda era notado a relutância de físicos e químicos em aceitar a “hipótese atômica”.

Fiolhais e Ruivo (1996, p. 7) destacam que por trás de cientistas famosos,

vale a pena ouvirmos o que nos diz a história sobre o mundo real dos cientistas da época, sobre os elegantes resultados obtidos frequentemente por um processo de tentativa e erro. E também sobre os contributos de figuras menos conhecidas, que

tiveram a virtude de fecundar o terreno das ideias, para outros, mais hábeis ou dispendo de melhores meios, o virem a cultivar com sucesso.

Desse modo, o que se pode inferir é que a história das grandes invenções e descobertas é controversa, ocasionando hipóteses e discussões que os livros não apresentam. A busca por soluções a problemas científicos acaba mobilizando a comunidade científica do mundo todo e gera uma atmosfera propícia para o desenvolvimento da criatividade, o que ocasiona resultados idênticos ou complementares por diversos cientistas de distintas localidades geográficas.

Cita-se o modelo atômico de Nagaoka, que não consta nos livros didáticos e é raramente citado em obras especializadas (Fiolhais; Ruivo, 1996). No entanto, ele pode ter influenciado o desenvolvimento de modelos mais realistas.

Destacam-se alguns aspectos epistemológicos e não epistemológicos da prática científica, ou da natureza da ciência, entre eles: o exemplo da coletividade na ciência; a influência do prestígio de pesquisadores no desenvolvimento científico, como o fato de Thomson ter sido diretor do Laboratório de Cambridge e gozar de prestígio na comunidade científica europeia, enquanto Nagaoka não era europeu nem conhecido naquele meio científico; e as relações pessoais do pai de Bohr, que encaminharam o filho a diferentes pesquisadores de prestígio e a centros de pesquisa relevantes (Vasconcelos; Forato, 2018).

Diferentemente de Thomson, Nagaoka considerava que ao redor do grande núcleo haveria um espaço vazio onde se deslocavam os elétrons, portanto, caracterizando uma concepção de matéria descontínua.

Nagaoka tinha o propósito de tentar explicar os espectros de linhas e de bandas com o seu modelo saturniano, o que Thomson não conseguia; tendo em vista que esta era uma qualidade do modelo do físico japonês.

Melzer e Aires (2015, p. 69) atestam que a teoria atômica desenvolvida por Nagaoka “colocou um centro grande e carregado envolvido de anéis formados por corpúsculos que giravam com mesma velocidade ao seu redor”. Sob esse viés, nota-se a

influência de diversos cientistas na construção da teoria atômica de Rutherford e Niels Bohr. Nesse aspecto, é importante ressaltar que a história da ciência pode revelar aspectos como a competição entre grupos de cientistas e os conflitos entre eles, afastando a imagem linear em que uma teoria simplesmente substitui a outra sem competição científica ou sem que suas teorias sejam colocadas à prova, exemplo esse que pode ser observado em livros didáticos, os quais “apresentam somente o produto, e não o processo de construção da ciência” (Melzer; Aires, 2015, p. 76).

Um fenômeno que ocorre tanto na sociedade quanto no universo científico é o “Efeito Mateus”, pelo qual pesquisadores renomados tendem a receber honrarias, reconhecimento e recursos financeiros por suas atividades acadêmicas e científicas, enquanto pesquisadores menos conhecidos permanecem no anonimato ou recebem pouco reconhecimento por suas pesquisas (Barbosa, 2016). Ao nos referirmos às pesquisas sobre os modelos atômicos, é incontestável a importância de Rutherford para a compreensão da estrutura da matéria e da radioatividade. Porém, saliente-se:

é inegável a contribuição de outros cientistas bem menos comentados nos livros didáticos, como comprovamos em relação aos nomes de Nagaoka, Geiger e Marsden. Espera-se que este trabalho atente ao fato de que as grandes descobertas científicas quase sempre não são isoladas e individuais, e que alguns nomes relevantes na história da Ciência não fiquem esquecidos e não contribuam para mais exemplos do Efeito Mateus (Silva *et al.*, 2018).

Referenciais Bibliográficos

BARBOSA, Adriana Silva. Implicações éticas do efeito Mateus na ciência. **Mediações - Revista de Ciências Sociais**, v. 21, Ed. 1. 2016. Londrina.

FILHO, Edemar Benedetti; MATSUMOTO, Marcio Y. Hantaro Nagaoka e o modelo saturnino. **Revista Química Nova**, v. 44, n. 1, 2022.

FIOLHAIS, Manuel; RUIVO, Maria da Conceição. O modelo atômico saturniano de Nagaoka. **Revista Gazeta da Física**, v. 19, Coimbra, 1996.

MAZZARELLA, Aline; SCHIFFER, Hermann; GUERRA, Andreia. Educação em ciências para justiça social: Discutindo atores invisibilizados no processo de construção da ciência. **Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências**, v. 26, 2024.

MELZER, Ehrick E. M.; AIRES, Joanes Aparecida. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Revista de Educação em Ciência e Matemática**, v. 11, 2015.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Do átomo grego ao átomo de Bohr. Florianópolis, 2008. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/Atomo_grego_Bohr.pdf. Acesso em 28 de agosto de 2024.

RAIČIK, Anabel C. Um resgate histórico-epistemológico do átomo de Bohr: uma gênese nem sempre contada e suas implicações ao ensino de ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, 2023.

SILVA, Régis C.; SOUSA, Lethicya S.; LIMA, da Costa; SANTOS, Souki; SANTOS, Guilherme M.; ALMEIDA, Balsamão; PINTO, Raimundo L. O modelo atômico nuclear e o Efeito Mateus: Análise dos livros didáticos de química aprovados pelo PNLD 2018. **58º Congresso Brasileiro de Química**, 2018.

VASCONCELOS, S. S. e FORATO, T. C. M. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 35, n. 3, p. 851-887, 2018.

RADIOATIVIDADE E AS MULHERES NA CIÊNCIA



Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Promover a discussão sobre a história do conhecimento da radioatividade;
- Analisar, nessa história, quais os principais cientistas envolvidos;
- Debater sobre a fluorescência e a fosforescência;
- Identificar os diferentes fenômenos de radiação.



Organização da atividade:

Para iniciar o encontro, propõe-se a identificação dos conhecimentos prévios por meio de uma discussão envolvendo o fenômeno da luminescência (fosforescência e fluorescência).

Sendo assim, o professor deve destacar o fenômeno de luminescência, definido como “determinadas substâncias emitem luz quando estimuladas por radiação eletromagnética, radiação ionizante, choques mecânicos, passagem de corrente elétrica em gases ou em decorrência de reações químicas” (Pimentel, *et. al.*, 2014, p. 368).

E, em seguida, propor uma situação-problema, na qual deverá, inicialmente, ser realizada uma pesquisa na internet com os seguintes termos “como explicar o fenômeno da fosforescência e fluorescência?”

O professor deve explicar que o fenômeno da fosforescência e fluorescência fascinavam os cientistas do final do século XIX. A busca do entendimento de como a matéria poderia irradiar energia luminosa, mesmo no escuro (fosforescência), era um

Conhecimentos prévios, segundo a TAS, são aqueles conhecimentos que os estudantes possuem em relação ao que está sendo apresentado e não necessariamente envolvem conhecimentos sobre o conteúdo dos modelos atômicos.

Subsúncos são os conhecimentos âncora necessários como ter conhecimento sobre o átomo.

mistério. A investigação destes minerais que irradiavam energia no escuro levou ao estudo do urânio e posterior a radioatividade.

A explicação do professor deve destacar que, quando um objeto é iluminado com luz ultravioleta, ele a absorve; por sua vez, quando colocado no escuro, irradia luz visível por algum tempo, fenômeno denominado “fosforescência”. Já quando um objeto é iluminado por luz ultravioleta e irradia luz visível enquanto está iluminado, esse fenômeno é denominado “fluorescência” (Figura 15).

Organizadores-prévios são ferramentas pedagógicas poderosas na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel. Eles funcionam como pontes cognitivas, conectando o novo conhecimento que o aluno está prestes a adquirir com o que ele já sabe.



Figura 15: Fluorescência e fosforescência.
Fonte: <https://www.luismonje.com/fluorescencia-y-fosforescencia/>.

Por fim, indica-se a realização de um momento de socialização da pesquisa sobre fosforescência e fluorescência.

De acordo com a TAS os conteúdos devem ser apresentados na forma de situações-problema, caminhando do mais inclusive par ao menos inclusivo.

Como continuidade das discussões, sugere-se a apresentação do vídeo “Pontociência - O experimento de Becquerel”, o que possibilitará o entendimento mais simplificado sobre o efeito fosforescente e a radioatividade.

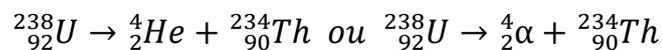
Disponível em: <https://youtu.be/Do-p-GdWUc0?si=OsFQnXZYFzZd2pH4>



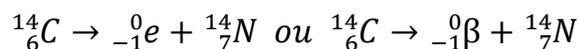
Figura 16: Vídeo explicando a radioatividade e a fosforescência.
Fonte: <https://youtu.be/Do-p-GdWUc0?si=OsFQnXZYFzZd2pH4>

Neste momento, o professor deve explicar o que é a radioatividade e o que são radiações alfa, beta e gama, descritas abaixo.

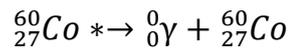
O decaimento alfa (α) é a emissão de uma partícula α do núcleo, por exemplo o Urânio-238 sofre decaimento α , tornando-se Tório-234 (Serway; Junior, 2010, p. 1194):



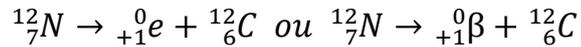
O decaimento beta (β^-) é a emissão de um elétron de um núcleo. O Carbono -14 é um exemplo de um nuclídeo que sofre decaimento β^- (Serway; Junior, 2010, p. 1198):



A emissão gama (γ) é observada quando um nuclídeo é formado em um estado excitado e depois decai para seu estado fundamental (emissão espontânea), com a emissão de um raio γ , um quantum de radiação eletromagnética de alta energia:



A emissão de pósitrons (decaimento β^+) é a emissão de um pósitron do núcleo. O Nitrogênio-12 é um exemplo de um nuclídeo que sofre emissão de pósitrons (Serway; Junior, 2010, p. 1198):



Na sequência, indica-se assistir o vídeo “How to Build a Cloud Chamber!” (Como construir uma câmara de nuvens!) com objetivo de ter uma noção sobre como os cientistas identificam a radiação. O vídeo a seguir ilustra essa construção.

Disponível em: <https://youtu.be/pewTySxfTQk?si=vhRkIDf2BpbIE21u>



Figura 17: Vídeo explicando a radiação alfa.
Fonte: <https://youtu.be/pewTySxfTQk?si=vhRkIDf2BpbIE21u>.

A partir do vídeo, o professor pode mostrar uma tabela que resume os conceitos de equação nuclear, representação e quaisquer alterações na massa ou nos números atômicos para vários tipos de decaimento (Figura 18).

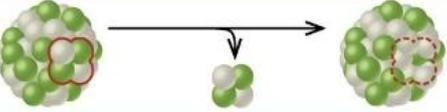
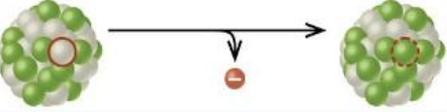
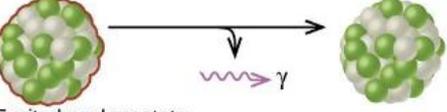
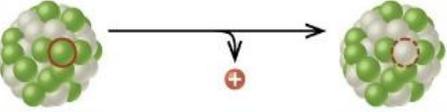
Type	Nuclear equation	Representation	Change in mass/atomic numbers
Alpha decay	${}^A_ZX \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{A-4}_{Z-2}Y$		A: decrease by 4 Z: decrease by 2
Beta decay	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^{A}_{Z+1}Y$		A: unchanged Z: increase by 1
Gamma decay	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_0\gamma + {}^A_ZY$	 Excited nuclear state	A: unchanged Z: unchanged
Positron emission	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_{+1}e + {}^{A}_{Z-1}Y$		A: unchanged Z: decrease by 1

Figura 18: Decaimento radioativo.

Fonte: <https://www.collegesidekick.com/study-guides/atd-sanjac-introductorychemistry/radioactive-decay/>.

A partir da apresentação da tabela o professor pode finalizar a aula indicando a leitura do Texto de Apoio 3.



Materiais complementares:

Caso o professor queira se inteirar melhor sobre o fenômeno da radiação ultravioleta e da fluorescência e fosforescência pode ler o artigo⁸ “Uma sugestão para a interação multidisciplinar: a observação do fenômeno da fluorescência” do Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

⁸ Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165949.pdf>. Acesso em 17 set. 2024.

Texto de Apoio 3

Henri Becquerel pertencia a uma família de cientistas (seu avô e pai também eram pesquisadores), o que lhe oportunizou trabalhar em laboratório desde o início de sua carreira científica. Estudou a fosforescência invisível na faixa do infravermelho e a fluorescência de sais de urânio, utilizando amostras que seu pai havia acumulado ao longo dos anos.

Bacquerel, ao repetir experimentos realizados por Niewenglowski, explica que:

Envolve-se uma chapa fotográfica de Lumière em duas folhas de papel negro muito expeço, de tal forma que a chapa não se escureça mesmo exposta ao Sol durante o dia. Coloca-se uma placa da substância fosforescente sobre o papel, do lado de fora, e o conjunto é exposto ao Sol durante várias horas [...] Quando se revela a chapa fotográfica, surge a silhueta da substância fosforescente, que aparece negra no negativo (Martins, 1990, p. 32).

Becquerel, conhecendo os experimentos de Henry e Niewenglowski, os reproduziu com uma nova substância: o sulfato duplo de uranila e potássio. Sob outra perspectiva, d'Arsonval descreveu um experimento no qual obteve radiografias utilizando lâmpadas fluorescentes e cobrindo os objetos com vidro fluorescente contendo um sal de urânio.

É nesse contexto (em 2 de março de 1896) que Becquerel apresenta uma nota descrevendo a descoberta de um novo fenômeno, posteriormente denominada “radioatividade” por Marie Curie. Becquerel realizou diversos experimentos e, a partir deles, afirmou que “mesmo no escuro, o material estudado sensibiliza chapas fotográficas” (Martins, 1990, p. 34). Em outra comunicação, afirmou também que a radiação emitida era capaz de descarregar um eletroscópio, assim como os raios X. Até aquele momento, Becquerel, assim como outros cientistas, ainda interpretava o fenômeno como sendo relacionado à fosforescência.

Nota-se que Becquerel continuou a se basear nos fenômenos que já conhecia, não reconhecendo nada de fundamentalmente novo naquilo que estudava. Em 23/03/1896,

Becquerel publica que os compostos de urânio, que não são luminescentes, produzem os efeitos descritos (fosforescência invisível), porém não tem ligação com os fenômenos até então estudados (fosforescência ou fluorescência visível).

Após algumas semanas, mais precisamente em maio de 1896, Becquerel faz novo comunicado dos experimentos de composto de urânio e mais tarde com urânio metálico, verifica que também emite radiação invisível (“raios de Becquerel” ou “raios do urânio”). Assim, encerra a sua investigação sobre o tema e publica seu último estudo.

No final do século XIX, o universo científico estava repleto de pesquisas sobre raios catódicos, raios X, emissões fluorescentes e fosforescentes, além dos chamados "raios de urânio". Nessa época, Rutherford, por meio de experimentos, identificou a existência de dois tipos distintos de radiação emitida pelo urânio. Ele observou que o urânio apresentava comportamentos diferentes ao interagir com um campo magnético: a radiação (invisível) se bifurcava, seguindo em direções opostas.

Esses dois tipos de radiação eram distintos: uma era menos penetrante e foi denominada por ele de radiação alfa (α), e a outra, mais penetrante, foi chamada de radiação beta (β). Essa diferença levou Rutherford a concluir que esses raios eram distintos dos raios X (Pugliese, 2009, p. 74).

Em 1899, Geisel observou que as radiações do polônio eram desviadas por um campo magnético, o que descartava sua natureza como raios X, estes, sendo ondas eletromagnéticas, não sofrem desvio magnético.

Na mesma época, o casal Curie verificou que algumas radiações eram defletidas por campos magnéticos, enquanto outras não. As radiações defletidas correspondiam à radiação beta (β) descrita por Rutherford (Martins, 1990, p. 16). Mais tarde, por meio de medições elétricas, os Curie constataram que os raios defletidos possuíam carga negativa, semelhante à dos elétrons presentes nos raios catódicos. Já a radiação não defletida, identificada como alfa (α), sofria pouco desvio devido à sua grande massa.

Observou-se também que, por possuírem maior massa e carga elétrica, as partículas alfa eram facilmente absorvidas por finas camadas de alumínio. Em

contrapartida, as partículas beta apresentavam maior poder de penetração, sendo capazes de atravessar barreiras mais espessas.

Na interpretação de Marie Curie, sobre as radiações de diferentes átomos radioativos:

Entre os produtos das destruições de corpos radioativos, existe um particularmente interessante: é o gás hélio que é produzido constantemente pelo rádio, o actínio, o polônio, o urânio e o tório. A experiência provou que os átomos de hélio emitidos devem ser considerados como partículas alfa que perderam sua carga elétrica (Soares, *et al.* 2019, p. 198).

Nota-se o árduo trabalho em identificar sempre a mesma radiação (alfa) em diferentes substâncias químicas, e a análise fantástica em interpretar como um decaimento radioativo onde um átomo sofre decomposição e surgiria os átomos de hélio. Observa-se que neste momento o nêutron ainda era uma hipótese e não havia sido verificado em experimentos.

Em meio a inúmeros experimentos realizados com a radiação, em 1900, Paul Villard identificou a existência de um terceiro tipo de radiação. Somente três anos depois, Rutherford batizou-a de gama (γ), que, ao contrário dos dois primeiros tipos, não sofria deflexão em campo magnético” (Okuno, 2007, p. 72) e não possui cargas elétricas. Em estudos posteriores, Rutherford estabeleceu que a radiação gama é uma onda eletromagnética semelhante ao raio X.

Assim, brevemente analisamos o desenvolvimento do conhecimento sobre a radioatividade e a participação significativa de Marie Curie na construção desse saber. Marie Curie foi a única mulher a receber o Prêmio Nobel em duas categorias distintas: “o primeiro em Física, em 1903, dividido com Pierre Curie e Henri Becquerel; e o segundo, sozinha, em Química, no ano de 1911. Em mais de cem anos do Nobel, somente duas mulheres ganharam em Física e três em Química” (Pugliese, 2009, p. 17).

Referências Bibliográficas

MARTINS, Roberto de A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 7, Florianópolis, 1990.

OKUNO, Emico. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Harbra, 1998.

PIMENTEL, Jorge Roberto; SAAD, Fuad Daher; YAMAMURA, Paulo; FURUKAWA, Claudio Hiroyuki; ZUMPANO, Vitor Helio. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: a observação do fenômeno da fluorescência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, 2014.

PUGLIESE, Gabriel. Sobre o “Caso Marie Curie” A Radioatividade e a Subversão do Gênero. **Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SERWAY, Raymond A.; JUNIOR, John W. Jewett. **Princípios da Física, Volume IV Óptica e Física Moderna**. Ed. Cengage Learning, 3 ed. São Paulo, 2010.

SOARES, Vitor; KISFALUDY, Adriana B. S.; MARQUES, Deividi Marcio. Análise da Introdução do livro de Marie Curie “*Traité de Radioactivité*”. **Revista História da Ciência**, v. 20, 2019.

Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Investigar a trajetória de Marie Curie e sua contribuição para o estudo da radioatividade;
- Realizar uma pesquisa sobre a atuação de mulheres na ciência, em diferentes períodos históricos e áreas do conhecimento;
- Promover um debate reflexivo sobre os desafios, avanços e a importância da participação feminina na pesquisa científica.



Organização da atividade:

Inicialmente, propõe-se a retomada dos aspectos centrais abordados na aula anterior, com ênfase nos conteúdos relacionados à radioatividade. Em seguida, e com o objetivo de apresentar os novos conteúdos dentro de uma abordagem que parte dos conhecimentos mais inclusivos para os mais específicos, utiliza-se uma situação-problema como estratégia de transição para a exposição dos tópicos presentes no Texto de Apoio 3.

Para introduzir a discussão sobre a participação de Marie Curie no desenvolvimento da ciência, recomenda-se a exibição do vídeo **“Como Marie Curie descobriu a radioatividade e mudou o mundo para sempre”**

Disponível em: <https://youtu.be/ghSKCW-nNx4?si=7zsEHGVdSMpFl6C1>

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência



Figura 19: Vídeo explicando a radioatividade e a vida de Marie Curie.
Fonte: <https://youtu.be/ghSKCW-nNx4?si=7zsEHGVdSMpFI6C1>

Para saber da importância da família Curie na pesquisa científica recomenda-se assistir o vídeo “Documentário - Radioatividade - Os Curie”

Disponível em: https://youtu.be/TSTM1y1tWu8?si=HxV_zWAlrPuqVK_3



Figura 20: Vídeo explicando a vida e as pesquisas da família Curie.
Fonte: https://youtu.be/TSTM1y1tWu8?si=HxV_zWAlrPuqVK_3

Em continuidade ao debate sobre as mulheres na ciência, se faz necessário analisar quais são as mulheres laureadas com o prêmio Nobel em ciências. Para esse objetivo, recomenda-se a exposição da matéria, criada pela Sociedade Brasileira para o Progresso em Ciências (SBPC), intitulada “mesmo com produção crescente, mulheres ganharam apenas 3% dos Nobel de ciência em 120 anos”⁹. Já o jornal “O Povo” cita¹⁰ (2022) que “mulheres representam apenas 3,6% de todos os cientistas já premiados pelo Nobel em 120 anos de existência.”

Na Figura 21, é possível identificar a participação das mulheres com seu respectivo prêmio Nobel.

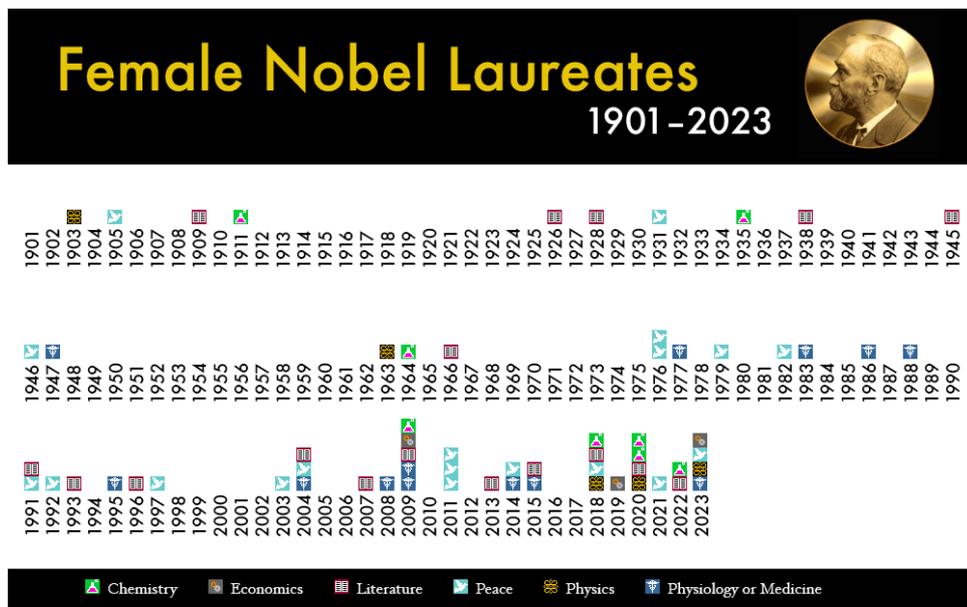


Figura 21: Mulheres ganhadoras do prêmio Nobel.

Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/24/Female_nobel_laureates.png.

O professor, em sua atividade crítica e multidisciplinar, deve destacar que a participação das mulheres brasileiras na ciência é marcada com o crescente número de

⁹ Disponível em: <https://portal.sbpnet.org.br/noticias/mesmo-com-producao-crescente-mulheres-ganharam-apanas-3-dos-nobels-de-ciencia-em-120-anos/>. Acesso em 27 ago. 2024

¹⁰ Disponível em: <https://mais.opovo.com.br/reportagens-especiais/mulheres-na-ciencia/2022/01/25/quem-sao-elas-no-nobel.html>. Acesso em 27 ago. 2024.

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência

mulheres pesquisadoras no Brasil, como podemos ver no vídeo “Número de mulheres cientistas brasileiras cresceu 29% em duas décadas | SBT Brasil (08/03/24)”

Disponível em: <https://youtu.be/K10sMINKkJI?si=qMyEk0P3RqiT5LWW>



Figura 22: Mulheres cientistas brasileiras.

Fonte: <https://youtu.be/K10sMINKkJI?si=qMyEk0P3RqiT5LWW>

Após a exposição inicial desses dados, deverão ser apresentadas as pesquisas da cientista Márcia Barbosa, física especializada no estudo das estruturas complexas da molécula de água e de suas anomalias, vinculada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Também pode ser apresentado o vídeo “Lugar de Mulher - Marcia Barbosa” onde a diretora do Instituto de Física da UFRGS fala sobre sua vida pessoal e de pesquisadora.

Disponível em: <https://youtu.be/IgoZE6frDy0?si=hjq3eIf3Mt0HF8Z>



Figura 23: Vídeo “Lugar de Mulher - Marcia Barbosa”.
Fonte: https://youtu.be/lgoZE6frDy0?si=_hjq3elf3Mt0HF8Z



Materiais complementares:

O professor pode complementar suas leituras com o livro “Física das Radiações¹¹”, nas páginas 58 e 65.

O professor pode assistir o vídeo “[INSPIRA] Episódio com Márcia Barbosa” para ter um maior entendimento das pesquisas realizadas por Márcia Barbosa¹².

Obs: Ganhou o prêmio L'Oréal-UNESCO de Mulheres nas Ciências Físicas (2013), o prêmio Claudia em Ciência (2013) e a Medalha Nicholson da American Physical Society (2009).

¹¹ Disponível em: <https://app.saberx.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Fisica-da-Radiacoes-Okuno-e-YoshimuraSou-Exatas.pdf>. Acesso em 27 ago. 2024.

¹² Disponível em: https://youtu.be/-TkawC1_U6Y?si=GgceP3H06b-92ndZ. Acesso em 20 mar. 2025.

**ENERGIA NUCLEAR E O
DEBATE PÚBLICO DA
CIÊNCIA**



Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Analisar a tecnologia da bomba atômica e seu potencial de destruição;
- Identificar decaimento radioativo e formas de radiação;
- Identificar a meia vida de um átomo radioativo;
- Apresentar os conceitos de fissão e de fusão nuclear.



Organização da atividade:

Como **organizador-prévio** será proposta a apresentação do vídeo “Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um triplo desastre”, da BBC News Brasil.

O vídeo relata um documentário que apresenta o terremoto de magnitude 9 seguido de um tsunami com ondas de 10 a 17m de altura. Estas ondas atingiram a usina nuclear de Fukushima 1, causando o derretimento de combustíveis nuclear e evaporação. Este acidente nuclear contaminou o ar e o solo com aproximadamente 300km².

Com a apresentação do vídeo pode ser discutido termos relacionados a Física nuclear, dentre eles: meia vida do átomo, radiação nuclear e decaimento radioativo. Termos essenciais para o aprendizado da temática proposta, bem como para formação crítica do aluno, tendo em vista que a

Conhecimentos prévios, segundo a TAS, são aqueles conhecimentos que os estudantes possuem em relação ao que está sendo apresentado e não necessariamente envolvem conhecimentos sobre o conteúdo dos modelos atômicos.

Subsunçores são os conhecimentos âncora necessários como ter conhecimento sobre o átomo.

Organizadores-prévios são ferramentas pedagógicas poderosas na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel. Eles funcionam como pontes cognitivas, conectando o novo conhecimento que o aluno está prestes a adquirir com o que ele já sabe.

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência

sociedade está em contato com a Medicina nuclear, com situações de radiação dos alimentos, esterilização de material cirúrgico, etc.

Disponível em: <https://youtu.be/rmL881wVgk8?si=t-IwwOZrbPh261pV>



Figura 24: Vídeo “Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um triplo desastre”.
Fonte: <https://youtu.be/rmL881wVgk8?si=t-IwwOZrbPh261pV>

Na sequência, propõe-se a apresentação do vídeo “Bombas Atômicas 2017”. Com esta apresentação, o aluno terá conhecimento da corrida atômica que foi desenvolvida até a década de 1980. Este vídeo exibe uma série de testes nucleares que os EUA realizaram com tropas do exército

Disponível em: <https://youtu.be/ADo-Yhpp91c?si=XyKCqFEsqrp5tpXj>



Figura 25: Vídeo “Bombas Atômicas 2017”.
Fonte: <https://youtu.be/ADo-Yhpp91c?si=XyKCqFEsqr5tpXj>

Em seguida, será apresentado o conteúdo sobre física nuclear com o auxílio do vídeo “Física Nuclear – Introdução”, do canal ETC Física. Após a exibição, o aluno terá informações sobre os quarks; a instabilidade nuclear e o decaimento radioativo; as quatro forças fundamentais; e os elementos químicos radioativos na tabela periódica.

Disponível em: <https://youtu.be/YqASYnn8Y6I?si=rzknsutEdgCztgHt>

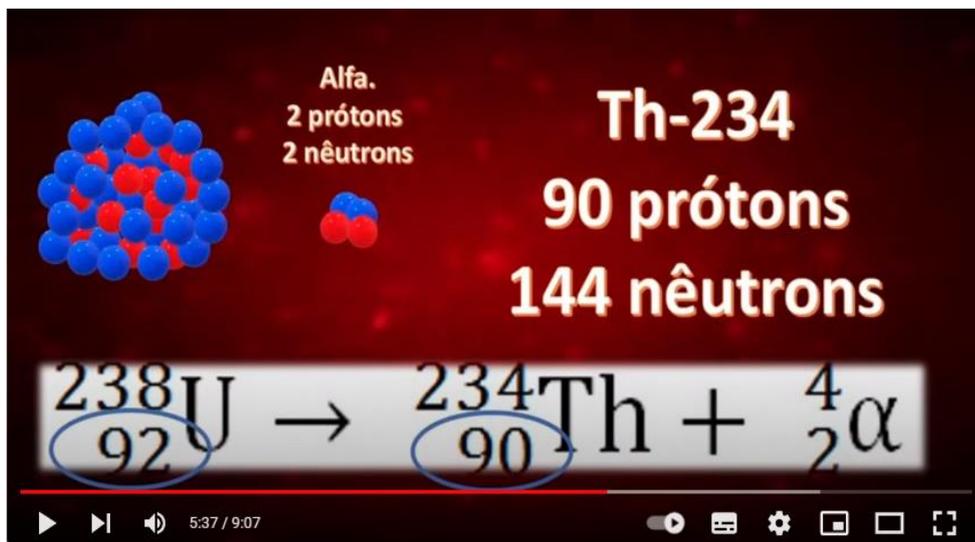


Figura 26: Vídeo “Física Nuclear – Introdução”.
Fonte: <https://youtu.be/YqASYnn8Y6I?si=rzknsutEdgCztgHt>

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência

Em continuidade, realiza-se uma nova análise sobre a importância da física nuclear, com ênfase especial na produção de energia, utilizando como recurso o vídeo “A crise do lixo nuclear”, do canal Ciência Todo Dia, apresentado pelo youtuber Pedro Loos

Disponível em: <https://youtu.be/YvwmzdoJPag?si=tjghWJTQ-vl6KPcx>



Figura 27: Vídeo “A crise do lixo nuclear”.

Fonte: <https://youtu.be/YvwmzdoJPag?si=tjghWJTQ-vl6KPcx>

A partir dos vídeos e da leitura do texto de apoio 1, indica-se um breve debate sobre o uso da tecnologia nuclear, suas vantagens e desvantagens.



Materiais complementares:

Para isso, o professor pode previamente assistir ao vídeo com a fala do Dr. Johnny Ferraz Dias – “Prós e Contras da Energia Nuclear”, professor de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Figura 28).

The screenshot shows a video player with a slide titled "Uranium". The slide lists the abundance of stable isotopes found in nature: ^{234}U (0.0054%), ^{235}U (0.7204%), and ^{238}U (99.2742%). Below this, a nuclear reaction is shown: $^{235}\text{U} + n \rightarrow ^{236}\text{U}^* \rightarrow ^{92}\text{Kr}^* + ^{142}\text{Ba}^* + n + n$. Two arrows point from the reaction to two boxes: "Thermal $\approx 2 \times 10^{-2}$ eV" and "Fast $\approx 2 \times 10^6$ eV". The video player interface includes a play button, a progress bar at 15:55 / 1:11:42, and a "Powered by StreamYard" logo in the top right corner.

Figura 28: Vídeo “Prós e Contras da Energia Nuclear”.

Fonte: <https://www.youtube.com/live/D69adT8rRZs?si=6liR0ZA-gWLyERdQ>

Além disso, recomenda-se ao professor a leitura dos seguintes textos para aprofundar e fortalecer a temática proposta:

1) Site “Discutindo sobre a energia nuclear”, disponível em:

<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/discutindo-sobre-energia-nuclear.htm>

2) Site: “Contra ou a favor: dois cientistas discordam sobre usina nuclear no sertão”, disponível em:

<https://marcozero.org/contra-ou-a-favor-dois-cientistas-discordam-sobre-usina-nuclear-no-sertao/>



Texto de Apoio 4



Física Nuclear

Decaimento radioativo

O decaimento radioativo ocorre quando um átomo instável emite radiação do tipo α , β^+ ou β^- . A radiação α “é um núcleo do ${}^4\text{He}$, com dois prótons e dois nêutrons unidos” (Young; Freedman, 2007, p. 340), conforme a Figura 29.

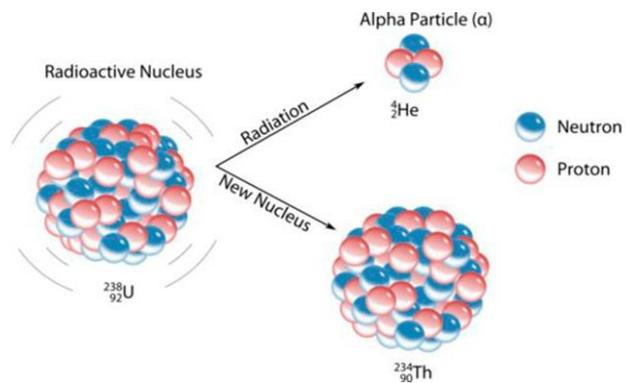


Figura 29: Radiação α
Fonte: penta3 UFRS.

A radiação β^+ é a radiação de um pósitron e a radiação β^- é a emissão de um elétron, ambas de pequena massa e bastante penetrante.

Conclui-se, dessa maneira, que o decaimento é um processo espontâneo, no qual há emissão de partículas (α , β^+ ou β^-) e alteração da estrutura de um núcleo. Um átomo radiativo quando sofre decaimento ele perde radiação transformando-se em outro átomo. Não existe nenhum fator que o homem possa modificar para acelerar ou frear um processo radioativo.

O decaimento β^- ocorre em núcleos com "excesso" de nêutrons, onde um nêutron se transmuta em um próton, e no processo, emite um elétron (partícula beta menos) e um antineutrino do elétron. Neste decaimento, o

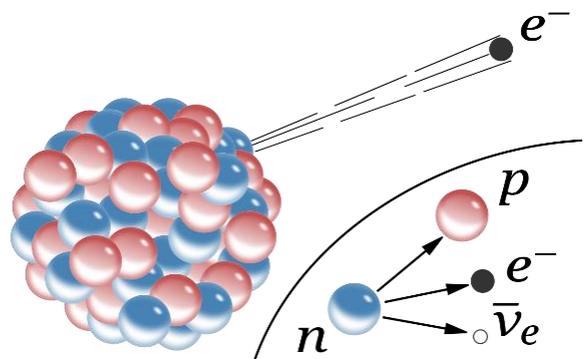


Figura 30: Decaimento β^-
Fonte: wikimedia.

número atômico do núcleo pai aumenta (Figura 30).

O decaimento β^+ ocorre em núcleos com "excesso" de prótons, onde um próton se transmuta em um nêutron, e no processo, emite um pósitron (partícula beta mais) e um neutrino eletrônico. Neste decaimento, o número atômico do núcleo pai diminui (Figura 31).

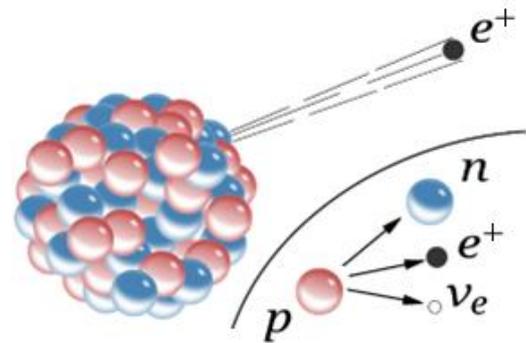


Figura 31: Decaimento β^+
Fonte: wikimedia

Os núcleos radioativos podem ser classificados em dois grupos: “(1) instáveis, encontrados na natureza, que produzem radioatividade natural; e (2) instáveis, produzidos no laboratório por meio de reações nucleares, que possuem radioatividade artificial (Junior; Serway, 2012, p. 328).

A seguir, apresentam-se as séries do Urânio, do Actínio e do Tório, com seus respectivos processos de decaimento radioativo e suas meias-vidas. A meia-vida do Urânio (Figura 32) é de 4,5 bilhões de anos, tempo necessário para que 50% da amostra decaia em Tório; o restante (50%) levará mais 4,5 bilhões de anos para que metade dessa fração também decaia em Tório. Ou seja, a meia-vida corresponde ao tempo necessário para que metade dos núcleos de uma amostra radioativa se desintegre. Na Figura 33, é possível visualizar as três séries detalhadamente.



Figura 32: Meia-vida do Urânio
Fonte: qualidadeonline.wordpress.

SÉRIES RADIOATIVAS NATURAIS

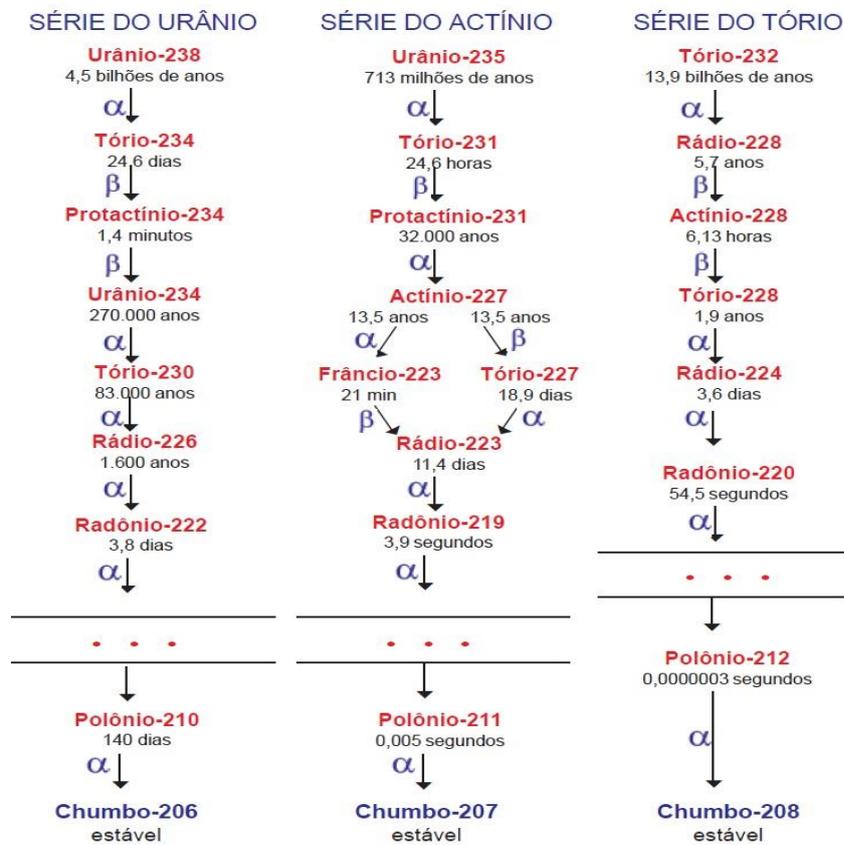


Figura 33: Séries do Urânio, do Actínio e do Tório
Fonte: qualidadeonline.wordpress.

Fissão nuclear

A fissão nuclear se caracteriza como um processo de decaimento no qual um núcleo instável se divide em dois fragmentos de massa comparável. A fissão foi descoberta em 1938, a partir das experiências de Otto Hahn e Fritz Strassmann” (Young; Freedman, 2007, p. 354).

A fissão nuclear é o nome do fenômeno onde um núcleo pesado se divide em duas partes de menor massa, nesse processo, há uma liberação de uma quantidade muito grande de energia.

Consideremos um núcleo de Urânio-235, este núcleo é atingido por um nêutron com velocidade controlada. Nessa situação, o núcleo de Urânio-235 pode interagir com ele através do fenômeno da captura do nêutron, ou seja, o núcleo de U-235 "absorve" o nêutron e se torna U-236. Esse núcleo é extremamente instável e acaba por se fissionar, emitindo no processo dois núcleos mais leves, três nêutrons rápidos e muita energia, como mostrado na Figura 34; liberando núcleos de Criptônio (Kr-92), Bário (Ba-141), três nêutrons livres e muita energia (Junior; Serway, 2012, p. 343).

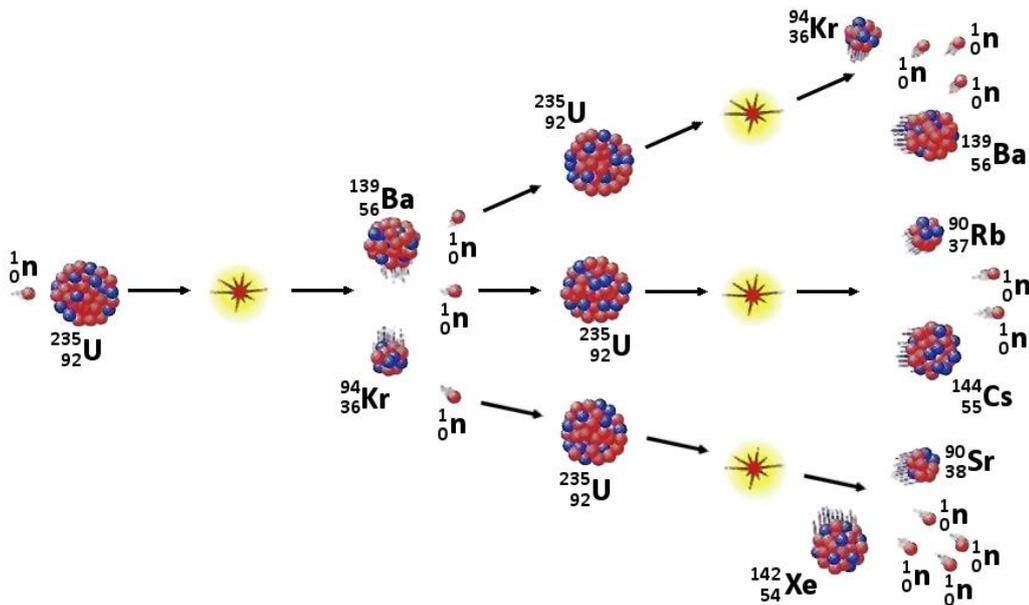


Figura 34: Fissão nuclear
Fonte: wikiciencias.

Fusão nuclear

A fusão nuclear é um processo em que “dois núcleos leves se combinam para formar um núcleo, mais pesado” (Junior; Serway, 2012, p. 347). Um exemplo importante de reações de fusão é o processo de produção de energia no sol e das bombas termonucleares (bomba de hidrogênio).

Esta reação libera uma quantidade de energia mais de um milhão de vezes maior do que aquela presente em uma típica reação química, como a queima de gás de cozinha. Essa enorme liberação de energia ocorre nas reações de fusão porque, quando dois

núcleos leves se fundem, a massa do núcleo resultante é menor do que a soma das massas dos núcleos iniciais; a diferença de massa é convertida em energia.

Na fusão “dois prótons se combinam e formam um dêuteron (^2H), com emissão de um próton, de um pósitron (β^+) e de um neutrino de elétron” (Young; Freedman, 2007, p. 357).

As estrelas com a massa (gravidade) do Sol ou menor, a cadeia proton-proton (p-p) é a mais importante. o “p-p” é cadeia de reações que fundem 4 hidrogênios em um hélio (Figura 35).

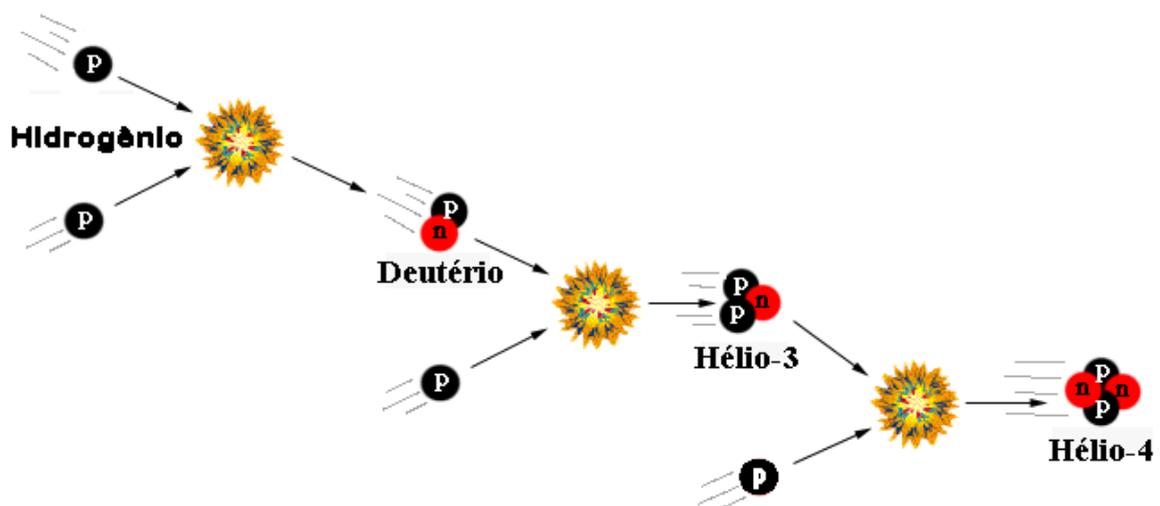


Figura 35: Fusão nuclear
Fonte: astro.if.ufrgs.br.

Referenciais Bibliográficos

JUNIOR, John W. Jewett; SERWAY, Raymond A. **Física para cientistas e engenheiros**. Volume 4, luz Óptica e Física Moderna. Ed. Cengage Learning, 8 ed. São Paulo, 2012.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Física IV**, Ótica e Física Moderna. Ed. Pearson, 10 ed. São Paulo, 2007.

Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Realizar uma análise sobre a utilização da radiação nos alimentos;
- Reconhecer o Cobalto 60 entre as demais substâncias químicas radioativas;
- Identificar as vantagens da radiação nos alimentos;
- Debater sobre o desperdício de alimentos na sociedade.



Organização da atividade:

Como etapa introdutória, sugere-se a apresentação do vídeo “Radiação de Alimentos”, produzido na Espanha. O vídeo aborda o desperdício global de alimentos e apresenta a radiação como uma alternativa viável para a conservação desses alimentos.

Disponível em: <https://youtu.be/AEYp3xJuzlw?si=baNHOb17ugwyRGq->



Figura 36: Vídeo “Radiação de alimentos”.

Fonte: <https://youtu.be/AEYp3xJuzlw?si=baNHOb17ugwyRGq->

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência

Neste vídeo, é apresentado o fato de bulbos brotarem e alguns alimentos estarem contaminados. A radiação nos alimentos inibe o brotamento dos bulbos e também esterilizam os alimentos contaminados.

Na sequência, deverá ser exibido o vídeo “Irradiação de Alimentos”, do Canal Irradiação

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aszy9P15zZM>

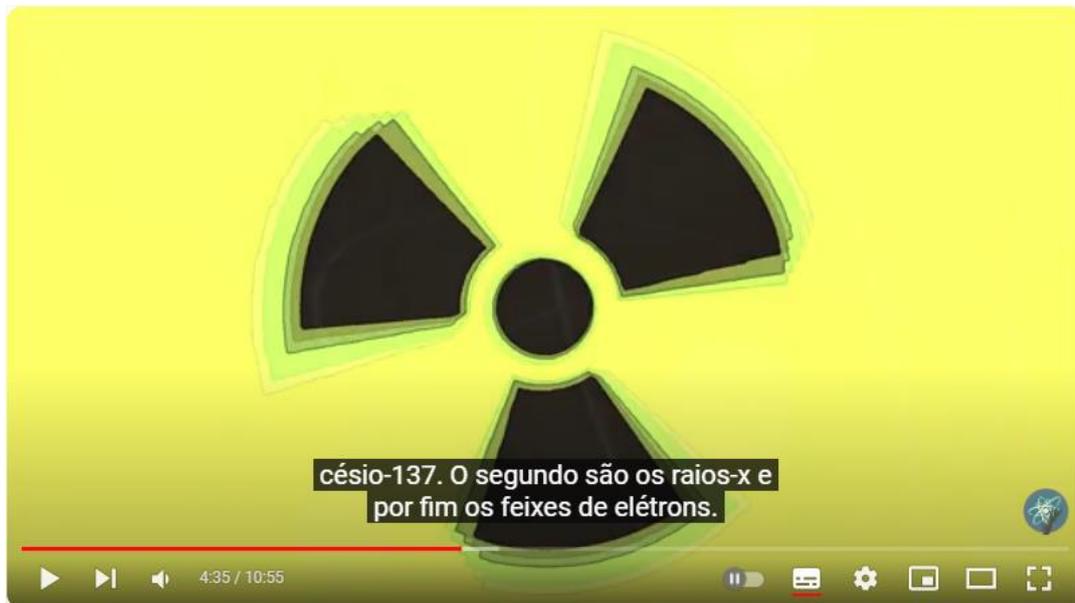


Figura 37: Vídeo “Irradiação de Alimentos”.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=aszy9P15zZM>

No vídeo anterior, discute-se o uso da radiação em alimentos disponíveis nas prateleiras dos supermercados e o fato de que estamos consumindo esses alimentos. Aborda-se também se a radiação é perigosa para a saúde ou se trata-se apenas de mais uma tecnologia disponível na sociedade.

Em seguida, apresenta-se o vídeo “Llega la carne ‘larga vida’: cómo funciona una planta de radiación”

Disponível em: <https://youtu.be/JryUI9eCGyM?si=qBDf4UAARPIDwHRn>



Figura 38: Vídeo “Llega la carne ‘larga vida’: cómo funciona una planta de radiación”.
Fonte: <https://youtu.be/JryUI9eCGyM?si=qBDf4UAARPIDwHRn>

Este vídeo faz uma breve apresentação de como funciona um sistema (máquina) de radiação nos alimentos. Cita diversos alimentos que passam pelo sistema de radiação.

Na sequência, apresenta-se o vídeo legendado “Using Nuclear Science in Food Irradiation”, do canal IAEA vídeo. Neste vídeo, o aluno se depara com diferentes ondas eletromagnéticas. Este vídeo faz um breve comentário sobre o tratamento de alimentos através da radiação. E apresenta o símbolo da radura, que é o logotipo internacional para identificar alimentos irradiados

Disponível em: https://youtu.be/pe6AKh_tLys?si=31e25Yc9b-h_DHwq



Figura 39: Vídeo “Using Nuclear Science in Food Irradiation”.
Fonte: https://youtu.be/pe6AKh_tLys?si=31e25Yc9b-h_DHwq

Por fim, apresenta-se o vídeo legendado “Using Nuclear Science in Food Irradiation”, do canal IAEA Vídeo. Neste material, o aluno é apresentado a diferentes ondas eletromagnéticas. O vídeo faz uma breve abordagem sobre o tratamento de alimentos por meio da radiação e apresenta o símbolo da radura, que é o logotipo internacional utilizado para identificar alimentos irradiados.

Disponível em: <https://youtu.be/yV7WLRlzbLk?si=Q3cNtPSq0vDqeAHF>



Figura 40: Video “Using Nuclear Science to Control Pests”.
Fonte: <https://youtu.be/yV7WLRtzbLk?si=Q3cNtPSq0vDqeAHF>

O professor pode sugerir que os alunos acessem o site¹³ da EMBRAPA cujo tema é “Tecnologia de Alimentos: Irradiação”. Nesta página, os pesquisadores destacam as vantagens da utilização da radiação nos alimentos.

Na sequência, o professor juntamente com os alunos deverá discutir o texto de apoio 2.



Materiais complementares:

O professor pode fazer a leitura do artigo “Irradiação de alimentos: o que é, como funciona no Brasil, vantagens e desvantagens” no site¹⁴ da Ifope Educacional.

¹³ Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/irradiacao>. Acesso em 6 set. 2024.

¹⁴ Disponível em: <https://blog.ifoep.com.br/irradiacao-de-alimentos-no-brasil/>. Acesso em 6 set. 2024.

Texto de Apoio 2

Radiação nos alimentos

Segundo Couto e Santiago (2010), “A idéia da utilização da radiação ionizante na preservação de alimentos veio muito depois da descoberta dos raios X por Röntgen e da radioatividade por Becquerel em, aproximadamente, 1895” (p. 195). Estudos no Massachusetts, pelo Institute of Technology (MIT), sobre os efeitos da radiação e bactérias, publicadas por Prescott, ocorreram em 1904. Foram publicados, em 1923, os resultados de estudos da irradiação de alimentos de origem animal (Lima, 2000, p. 129). No Brasil, “as primeiras pesquisas com irradiação de alimentos foram feitas da década de 50, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena), em Piracicaba (SP)” (Ornellas, *et. Al.*, 2006, p. 211).



Figura 41: Desperdício de alimento
Fonte: monitor mercantil.

Dados estatísticos comprovam que aproximadamente um terço dos alimentos produzidos no mundo se perde por questões de colheita, transporte, desperdício no abastecimento e até no consumo. Assim, procedimentos que permitem prolongar a vida útil e preservar os alimentos como a irradiação são eficazes para reduzir perdas, proporcionar um alimento seguro e aumentar a oferta de alimentos.

A irradiação nos alimentos (Figura 42) é um procedimento em que os alimentos são expostos a radiação ionizante (raio gama ou feixe de elétrons) reduzindo a carga microbiana, aumentando a vida útil dos alimentos e inativar



Figura 42: Morangos irradiados e não irradiados
Fonte: Mundo educação.

patógenos. Com a principal finalidade de conservar os alimentos eliminam-se os insetos, os fungos e bactérias.

A radiação é absorvida pelos átomos dos alimentos, mas não se tornam radioativos, simplesmente produzem reações químicas. Os alimentos que são irradiados são carnes, frutas e vegetais. Portanto, “os alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois não contêm a fonte de radiação (apenas recebem a energia)” (Couto; Santiago, 2010, p. 195)

Dessa maneira,

Radiações ionizantes são aquelas que possuem energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas que, então, pelo processo de ionização se tornaram íons positivos, se perderam um ou mais elétrons, ou tornaram-se íons negativos, se capturaram um ou mais elétrons (Couto; Santiago, 2010, p. 201).

Portanto, as radiações ionizantes ocorrem quando há energia suficiente para ionizar os átomos ou moléculas, tornando-se íons positivos quando perdem um ou mais elétrons, ou tornam-se íons negativos quando capturam um ou mais elétrons.

A radioatividade é a capacidade que alguns núcleos atômicos têm de emitir radiação, ou seja, irradiar partículas e/ou fótons para reduzir sua energia. Este fenômeno ocorre em um certo tempo que é a meia vida do átomo.

Esta utilização da radiação segue uma regulamentação para garantir que os alimentos sejam seguros para o consumo. Na atual legislação brasileira, é autorizado o uso do tratamento sem restrições de limites. Na Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) também não apresentam restrições acerca do uso da radiação nos alimentos.

Radiação dos Alimentos e o Cobalto 60

O Cobalto 59 (^{59}Co) existe em grande abundância na natureza e quando purificado, comprimido e, posteriormente, bombardeado por nêutrons, em um reator nuclear, resulta no Cobalto 60 (^{60}Co) que é radioativo. O Cobalto 60 irradia dois raios gama com energia de 1,17MeV e 1,33MeV, e tem uma meia vida de 5,26 anos.



Figura 43: Radiação do Cobalto 60
Fonte: cursos unipampa.

O Cobalto-60, por ser instável, emite radiação gama e um elétron ao decair para Níquel-60. Durante o decaimento, um nêutron se transforma em um próton, emitindo um elétron e radiação gama.

Os raios gama são fótons originados no núcleo do átomo, enquanto as demais ondas eletromagnéticas têm origem na eletrosfera. Os raios gama são semelhantes aos raios X, porém geralmente possuem maior energia.

Na Figura 43, observa-se, na parte inferior (1), o depósito do Cobalto-60, que, no momento da irradiação dos alimentos, é elevado para a posição (2), aproximando-se dos alimentos e causando a radiação sem contato direto.

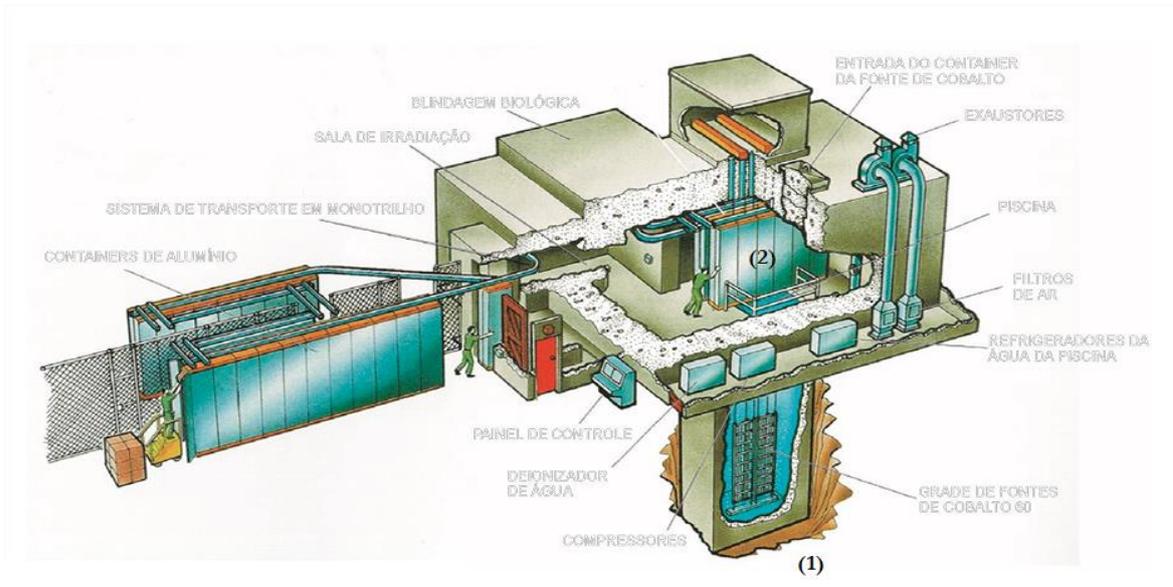


Figura 44: Irradiador gama
Fonte: abraham radiologia.

Referenciais Bibliográficos

COUTO, Renata Ribeiro; SANTIAGO, Arnaldo José. Radioatividade e Irradiação de Alimentos. **Revista Unicentro**, v. 12, n. 2, 2010.

LIMA, Roberto Quintanilha de. Irradiação de Alimentos. **Revista Desenvolvimento e Tecnologia**. V. XVII, n. 3, 2000.

ORNELLAS, Cléia Batista Dias; GONÇALVES, Maria Paula Junqueira; SILVA, Patrícia Rodrigues; MARTINS, Renaldo Travassos. Atitude do consumidor frente a irradiação de alimentos. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 26, n. 1, 2006.

Duração: 2 horas/aula

Objetivos:

- Avaliar a compreensão sobre a produção do conhecimento em Ciência;
- Verificar a percepção sobre o debate público da ciência;
- Analisar a invisibilidade de alguns cientistas no desenvolvimento científico.



Questionário

Para iniciar as atividades propostas neste produto educacional, indica-se a aplicação de um questionário com o intuito de verificar a compreensão dos estudantes sobre aspectos relacionados a produção do conhecimento na ciência e sua relação com a sociedade.

- Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica?
- Como você considera que a ciência é produzida?
- Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar?
- A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidencia que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo?
- A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido?
- Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade?

- Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade?
- De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?

DISCUSSÕES SOBRE A APLICAÇÃO REALIZADA



Discussões sobre a aplicação realizada

Este **Produto Educacional (PE)** explorou o desafio de ensinar **Física Moderna e Contemporânea (FMC)** na formação de professores de Ciências Biológicas, propondo um PE baseado na **Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC)** e na **História da Ciência (HC)**. O objetivo foi analisar como essa abordagem poderia promover não apenas a compreensão conceitual, mas também uma visão crítica e histórica da ciência entre os licenciandos.

Inicialmente o PE foi desenvolvido como um “grande” caderno de física que abordava a evolução dos modelos atômicos e os cientistas “esquecidos” pela HC, o Modelo Padrão e suas partículas, a hipótese de De Broglie sobre a dualidade onda e partícula da matéria. Após a implementação do teste piloto verificou-se a necessidade de reduzir o número de conceitos abordados, o número de encontros foi reduzido para nove com 20 horas/aulas e foi abordado a FMC em três momentos, Modelos atômicos e a invisibilidade dos cientistas; Radioatividade e as mulheres na ciência; e Energia nuclear e o debate público da ciência.

A implementação do PE foi realizada em nove encontros e demonstrou evoluções significativas na percepção das alunas sobre a **natureza da ciência (NdC)**, antes vista como um conjunto de verdades absolutas e agora entendida como uma construção humana, falível e influenciada por contextos históricos e sociais. Já a HC, trabalhada de forma crítica, permitiu que as alunas reconhecessem a ciência como um processo coletivo, marcado por desigualdades (como a sub-representação feminina) e condicionado a fatores sociais e culturais.

Além disso, houve avanços na **apropriação de conceitos da FMC**, como modelos atômicos e física nuclear, embora alguns temas exigissem mais tempo para consolidação. As estudantes também desenvolveram **habilidades críticas**, relacionando conhecimentos científicos a debates sociocientíficos (como energia nuclear) e superando visões preconcebidas.

Atividades didáticas para abordar FMC a partir de uma visão crítica da ciência

Concluiu-se que a articulação entre **TASC e HC** é eficaz para uma formação docente mais reflexiva e contextualizada. Recomenda-se ajustes na quantidade de conteúdos abordados para aprofundamento conceitual, mantendo o enfoque em temas contemporâneos. A tese e o PE estão disponíveis digitalmente para incentivar práticas inovadoras no ensino de ciências, alinhadas aos desafios do século XXI.

Referências

- ALENCAR, Renan de Melo; DA SILVA, Sérgio Yury Almeida. A utilização da história das ciências como instrumento facilitador para o aprendizado da física clássica no ensino médio. **Revista de História**. 26. ed., v. 10, n. 1, 2018.
- CHAGAS, Aécio Pereira. *Existem átomos?* (abordando Jean Perrin). **História da Ciência e Ensino**. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/download/5605/4340/0>. Acesso em: 1 set. 2023.
- LIMA, Luiz Carlos de. *História da Física*. Disponível em: http://www.das.inpe.br/~alex/Ensino/cursos/historia_da_ciencia/artigos/Historia_da_Fisica_30.pdf. Acesso em: 1 set. 2023.
- MARTINS, Roberto de Andrade. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- MARTINS, Roberto de Andrade. O que é ciência do ponto de vista da epistemologia? *Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa*, v. 9, 1999.
- MARTINS, Roberto de Andrade; FORATO, Thais C. de M.; PIETROCOLA, Mauricio. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno brasileiro de Ensino de Física*, v, 28, n. 1, 2011.
- MELZER, Ehrick E. M.; AIRES, Joanes Aparecida. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. *Revista de Educação em Ciência e Matemática*, v. 11, 2015.
- OSTERMAN, Fernanda. *Partículas elementares e interações fundamentais*. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2001.
- PEDUZZI, L. *Do átomo grego ao átomo de Bohr*. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/Atomo_grego_Bohr.pdf. Acesso em: 1 set. 2023.
- PRESTES, Maria E. B.; CALDEIRA, Ana M. de A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, 2009.
- ROSA, Cleci T. W. da; LIMA, Nathan Willig. Porque devemos ensinar História das Ciências em aula de Ciências? Contribuições a partir de Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. *Espaço Pedagógico*, v. 29, n. 2, 2022.
- TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SILVA, P. P. M.; KLUGE, R. A.; SPOTO, M. H. F. Radiação Gama em Produtos de Origem Vegetal. *Revista Virtual Química*, v. 7, 2015.

AUTORES



Autores

Marcos Rogério dos Reis

Graduado em Matemática, com habilitação em Física. Especialista em Ensino de Ciências pela Universidade de Passo Fundo. Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Passo Fundo. Desde 1992 é professor do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Sertão. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas Hiperfídia; Laboratório de Física e Ensino da Física Moderna no Ensino Médio. Integra o Grupo de Pesquisa em Educação Científica e Tecnológica (GruPECT).

Cleci Teresinha Werner da Rosa

Graduada em Matemática, com habilitação em Física. Especialista em Ensino de Física. Especialista em Educação Matemática. Mestre em Educação. Doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Estágio pós-doutoral pela Universidade de Burgos na Espanha. Professora titular da área e do curso de Física, docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Educação, ambos na Universidade de Passo Fundo, RS. Bolsista Produtividade CNPq e Líder do Grupo de Pesquisa em Educação Científica e Tecnológica (GruPECT).