

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JÚNIOR CÉSAR SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE
RADIOATIVIDADE: UM ESTUDO FEITO COM ALUNOS DE ENSINO
MÉDIO.**

ALFENAS

2022

JÚNIOR CÉSAR SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA O
ENSINO DE RADIOATIVIDADE: UM ESTUDO FEITO COM ALUNOS
DE ENSINO MÉDIO.**

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Célio Wisniewski.

ALFENAS

2022

JÚNIOR CÉSAR SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA O
ENSINO DE RADIOATIVIDADE: UM ESTUDO FEITO COM ALUNOS
DE ENSINO MÉDIO.**

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Célio Wisniewski.

Aprovado em:

Prof. Dr. Célio Wisniewski

Instituto de Ciências exatas – UNIFAL – MG

Assinatura: _____

Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho

Departamento de Física e Química – UNIFEI - MG

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Antônio Pinto

Instituto de Ciências exatas – UNIFAL – MG

Assinatura: _____

APRESENTAÇÃO

Neste trabalho são apresentados os produtos educacionais que foram desenvolvidos durante a realização do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), onde foram desenvolvidas sequências didáticas para o ensino de radioatividade para alunos do ensino médio. A proposta deste trabalho foi o desenvolvimento de sequências didáticas, que utilizassem vídeos e simulações computacionais como ferramentas pedagógicas, e que fossem baseadas nos três momentos pedagógicos, para trabalhar com a temática sobre *radioatividade* com os alunos do ensino médio com intuito de suavizar as dificuldades dos professores em ministrar aulas sobre este tema e contribuir para compreensão destes conceitos pelos alunos, de modo que eles consigam a aprendizagem significativa. Os produtos educacionais foram os tutoriais em vídeos das atividades com simuladores, nove roteiros de atividades envolvendo simulações computacionais relacionadas à radioatividade (Apêndice A) e cinco sequências didáticas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vídeo 1: Como funciona uma usina nuclear?.....	18
Figura 2 - Vídeo 2: Hiroshima: o dia seguinte.	19
Figura 3 - Vídeo 3: A Fusão Nuclear Explicada: Energia do Futuro?	20
Figura 4 - Constituinte básico da matéria.....	21
Figura 5 - Vídeo 4: Física avançada – Física Nuclear: A descoberta da radioatividade	22
Figura 6 - Simulação Monte um Átomo - tela inicial.....	24
Figura 7 - Simulação Monte um Átomo – Construir um átomo.....	25
Figura 8 - Simulação Monte um Átomo – Nuclídeo ^1H	25
Figura 9 - Simulação Monte um Átomo – Nuclídeo ^2H	26
Figura 10 - Simulação Monte um Átomo – Isótopos do hidrogênio: Hidrogênio-1, deutério e trítio.	27
Figura 11 Simulação Monte um Átomo – Isótopos do carbono: carbono-12, carbono-13 e carbono-14.	28
Figura 12 - Simulação Monte um Átomo – Isótopos estáveis/instáveis.....	29
Figura 13 - Simulação Fissão Nuclear – Fissão de um núcleo de ^{235}U	30
Figura 14 - Simulação Fissão Nuclear – Fissão de um núcleo de ^{238}U	31
Figura 15 - Simulação Fissão Nuclear – Momento em que o núcleo de ^{235}U fissiona. 32	
Figura 16 - Simulação Fissão Nuclear – Reação de fissão nuclear em cadeia.	33
Figura 17 - Simulação Fissão Nuclear – Reator nuclear.	34
Figura 18 - Simulação Fissão Nuclear – Reator nuclear: hastes de controle abertas. ...	35
Figura 19 - Simulação Fissão Nuclear – Bomba nuclear: tentativa 1.	36
Figura 20 - Simulação Fissão Nuclear – Bomba nuclear: tentativa 2.	36
Figura 21 - Simulação Decaimento Alfa – Único átomo de ^{211}Po	37
Figura 22 - Simulação Decaimento Alfa – Núcleo customizado: vários átomos.....	39
Figura 23 - Simulação Decaimento Beta – Único átomo de ^3H	40
Figura 24 - Vídeo Tutorial Simulação 01 - Construindo Um Átomo.....	42
Figura 25 - Vídeo Tutorial Simulação 02 – Isótopos.	42
Figura 26 - Vídeo Tutorial Simulação 03 – Estáveis/Instáveis.	43
Figura 27 – Simulação Fissão Nuclear: Tela inicial.....	44
Figura 28 - Simulação 04 - Etapa 01	44
Figura 29 - Simulação 04 - Etapa 02	44

Figura 30 – Momento em que o núcleo de U-235 fissiona.	45
Figura 31 – Simulação 05 - Etapa 01.	46
Figura 32 - Vídeo Tutorial Simulação 06 – Reator Nuclear.....	47
Figura 33 - Vídeo Tutorial Simulação 07 – Bomba Nuclear.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	14
3	PRODUTOS	15
3.1	Sequências didáticas.....	15
3.1.1	Tema 1: Energia nuclear: fissão e fusão nuclear	16
3.1.1.1	Sequência didática 1 – O núcleo atômico	16
3.1.1.2	Sequência didática 2 – Fissão nuclear	17
3.1.1.3	Sequência didática 3 – Fusão nuclear: a energia das estrelas	19
3.1.2	Tema 02 – História da Radioatividade.....	20
3.1.2.1	Sequência didática 4 – A história da radioatividade	20
3.1.3	Tema 03 – Reações de decaimento	22
5.1.3.1	Sequência didática 5 – Reações de decaimento.....	22
3.2	roteiros de Atividades com simuladores:	23
3.2.1	ROTEIRO 01 - Simulação monte um átomo: Construir um átomo.....	24
3.2.2	Roteiro 02 - Simulação monte um átomo: isótopos.....	26
3.2.3	Roteiro 03 -Simulação monte um átomo: Núcleo estável/instável.....	28
3.2.4	Roteiro 04 - Simulação fissão nuclear (3.27): fissão de um núcleo.....	30
3.2.5	Roteiro 05 - Simulação fissão nuclear (3.27): reação em cadeia.....	32
3.2.6	Roteiro 06 - Simulação fissão nuclear (3.27): reator nuclear	34
3.2.7	Roteiro 07 - Simulação fissão nuclear (3.27): bomba atômica.....	35
3.2.8	Roteiro 08 - Simulação decaimento alfa (3.27): único átomo	37
3.2.9	Roteiro 09 - Simulação decaimento α (3.27): vários átomos.....	38
3.2.10	Roteiro 10 - Simulação decaimento Beta (3.27): único átomo	40
3.3	tutoriais em vídeos: atividades com simuladores.....	41
3.3.1	Tutorial Simulação 01 - Construindo Um Átomo.....	41
3.3.2	Tutorial Simulação 02 - Isótopos.....	42
3.3.3	Tutorial Simulação 03 – Estáveis/Instáveis	42
3.3.4	Tutorial Simulação 04 – Fissão nuclear: fissão de um núcleo.....	43
3.3.5	Tutorial Simulação 05 – Fissão nuclear: Reação em cadeia.....	45

3.3.6	Tutorial Simulação 06 – Reator nuclear	46
3.3.7	Tutorial Simulação 07 – Bomba nuclear	47
4	REFERÊNCIAS.....	49
	APÊNDICE .A Questionário diagnóstico	51
	APÊNDICE .B Questionário Tema 02:.....	55

1 INTRODUÇÃO

Muitos especialistas defendem a inserção de conteúdos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) por favorecer a compreensão de fenômenos do cotidiano dos alunos, de origem natural ou tecnológica, e também por despertar o interesse e motivação dos alunos em sala de aula (TERRAZZAN, 1992; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2000). Embora os conteúdos de Física moderna sejam considerados importantes, ainda são pouco trabalhados no ensino médio. Essa ausência é reafirmada nos Parâmetros Curriculares Nacionais:

Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. Para uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica. (BRASIL, 2000, p.8)

Diversos fatores podem dificultar ou impedir o ensino de Física Moderna no ensino médio, tais como a falta de tempo, a pouca carga horária semanal, insegurança ou falta de formação do professor, e até mesmo a defasagem de aprendizagem dos alunos que chegam ao ensino médio, entre outros (ROCHA et al., 2017).

Dentre os tópicos de Física moderna, a radioatividade chama a atenção por ser um tema controverso, que desperta o interesse e curiosidade dos alunos, tem relação direta com o cotidiano dos alunos, e está relacionada a uma relevante fonte de geração de energia, além disso existem poucos materiais que abordam este tema no ensino médio.

A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de sequências didáticas, que utilizem vídeos e simulações computacionais como ferramentas pedagógicas, e que sejam baseadas nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti, para trabalhar com a temática sobre *radioatividade* os alunos do segundo ano do ensino médio, com intuito de suavizar as dificuldades dos professores em ministrar aulas sobre este tema e contribuir para compreensão destes conceitos pelos alunos, de modo que adquiram uma aprendizagem significativa.

2 OBJETIVOS

Os produtos educacionais apresentados nesse trabalho foram desenvolvidos com o objetivo de possibilitar de maneira motivadora, reflexiva e problematizadora, a aprendizagem significativa dos alunos, de vários conceitos relativos à radioatividade e suas aplicações, de modo que auxiliem a prática futura de professores nesta temática.

3 PRODUTOS

Neste capítulo serão apresentados os produtos que foram desenvolvidos.

3.1 SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

O desenvolvimento deste projeto de mestrado se deu por meio da aplicação de sequências didáticas para desenvolver os conceitos referentes ao tema radioatividade, além de motivar os alunos com os conteúdos mais recentes de Física, e conteúdos relacionados ao cotidiano dos alunos.

Para elaboração das sequências didáticas, buscou-se conteúdos pertinentes, relacionados à temática radioatividade, que tenham relação com avanços tecnológicos, ou com o cotidiano dos alunos, e que contemplem os conteúdos, capacidades e habilidades relacionados a essa temática presentes nos documentos básicos que regulam o ensino de Física na educação básica brasileira. Como ferramenta didática serão utilizados vídeos e simulações computacionais para demonstrações, explicações e realização de atividades relacionadas aos fenômenos físicos envolvidos, ilustrando e representando os fenômenos que podem ser considerados alto grau de abstração, perigosos, difíceis ou impossíveis de serem vistos a olho nu, facilitando e possibilitando a aprendizagem do aluno.

Sendo assim, as sequências didáticas serão organizadas em três temas:

- Tema 1 – Energia nuclear: fissão e fusão nuclear;
- Tema 2 – História da radioatividade;
- Tema 3 – Reações de decaimento;

Cada tema será abordado valendo-se dos três momentos pedagógicos, onde na problematização inicial ocorrerão questionamentos e debates, com intuito de criar no aluno a necessidade de adquirir um conhecimento ainda não presente em sua estrutura cognitiva. Em seguida já inicia o segundo momento pedagógico, a organização do conhecimento, onde os conhecimentos necessários para compreender e responder os questionamentos iniciais serão apresentados aos alunos. Finalizando com o terceiro momento pedagógico, onde o aluno deverá aplicar o novo conhecimento adquirido.

A primeira aula será destinada para apresentação do projeto aos alunos e para levantamento dos conhecimentos prévios por meio de um questionário diagnóstico (Apêndice A). Apenas após o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos que será iniciado o

nuclear. Compreender que a quantidade de prótons no núcleo é distinta para cada elemento químico.

Recursos Utilizados: Material didático, computador e simulações computacionais.

Tempo estimado: Uma aula de 50 min.

Desenvolvimento: Inicia-se esta aula com aplicação do primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, que ocorre por meio de questionamentos sobre o que é o átomo, que tem dentro dele e o que possui dentro do núcleo e sobre o que difere um material do outro.

Em seguida, por meio de slides, serão feitas explicações sobre algumas características do núcleo atômico, dos núcleons, número atômico, número de massa, sobre a representação dos nuclídeos e sobre o que eram os isótopos. Em seguida, serão apresentados e explicados os dois principais tipos de forças que agem nas partículas nucleares: a interação eletromagnética e a interação nuclear forte. Por fim será explicado o conceito de estabilidade nuclear.

A aplicação do conhecimento se dará por meio de atividades envolvendo simulações computacionais (Roteiros 01, 02 e 03).

Avaliação: A participação do estudante em todas etapas, e atividades envolvendo simulações computacionais.

3.1.1.2 Sequência didática 2 – Fissão nuclear

Objetivos: Compreender como ocorre a produção de energia no processo de fissão nuclear, e o que acontece com o núcleo dos elementos nessa reação nuclear. Compreender o núcleo atômico como potencial fonte de energia. Compreender como ocorre a reação em cadeia. Entender o funcionamento de um reator nuclear e de uma bomba atômica.

Recursos Utilizados: Material didático, computador e simulações computacionais.

Tempo estimado: Uma aula de 50 min.

Desenvolvimento: Inicia-se esta aula com aplicação do primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, que ocorre por meio de questionamentos sobre a produção de energia em usinas nucleares, da origem da energia produzida em usinas nucleares, como é possível quebrar o átomo e como é possível gerar energia nesse processo.

Em seguida, por meio de slides, será explicado o processo de fissão nuclear e como esse processo pode gerar energia. Para explicar a origem da energia nuclear serão apresentados os conceitos de estabilidade nuclear, de energia de ligação do núcleo atômico e a relação massa-energia da teoria da relativística, introduzindo a equação de Einstein ($E = m.c^2$) para mostrar

como parte da massa é transformada em energia em uma reação nuclear. De modo a demonstrar a potencialidade da energia nuclear, será feita a comparação entre a energia gerada em uma reação química (queima de 1 kg de lenha) e em uma reação nuclear (fissão de 1 kg de U-235).

Em seguida será trabalhado o gráfico da energia nuclear de ligação por núcleon (E/A) em função do número de núcleons do átomo de modo a demonstrar essa relação com a estabilidade do núcleo e o motivo de se usar átomos pesados na fissão nuclear e átomos leves na fusão nuclear.

A seguir, serão explicadas a diferença de entre elemento físsil e elemento fissionável, e como ocorre a reação em cadeia e a importância em enriquecer o urânio-238 para a reação em cadeia, e o funcionamento do reator nuclear e a geração de energia elétrica em usinas nucleares. Para trazer ao visível o processo de fissão nuclear e realizar as explicações entre a diferença entre elemento físsil e fissionável, massa crítica, reação em cadeia e reator nuclear, e para aplicação do conhecimento será utilizada a simulação “Fissão nuclear”, desenvolvida pelo grupo Phet, da Universidade do Colorado. Para ilustrar e demonstrar o funcionamento de uma usina nuclear, será passado o vídeo 1, intitulado “Como funciona uma usina nuclear?”.



Figura 1 - Vídeo 1: Como funciona uma usina nuclear?

Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3r6A3mb>>. Acesso em 16 de jan. 2021.

Como uso negativo da energia nuclear serão apresentados os princípios físicos, como a reação de fissão nuclear em cadeia não controlada, envolvidos nas bombas atômicas lançadas em Hiroshima e Nagasaki. Será passado o vídeo 2, documentário intitulado “Hiroshima: o dia seguinte”, onde pessoas (tanto norte-americanos que prepararam ou participaram do ataque, quanto os sobreviventes ao ataque) contam a história do lançamento da primeira bomba nuclear.



Figura 2 - Vídeo 2: Hiroshima: o dia seguinte.

Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3r7meUH>>. Acesso em 20 de jan. 2021.

Avaliação: A participação do estudante em todas etapas, e atividades envolvendo simulações computacionais (Roteiros de simulações 04, 05, 06 e 07).

3.1.1.3 Sequência didática 3 – Fusão nuclear: a energia das estrelas

Objetivos: Compreender como ocorre a produção de energia no processo fusão nuclear e o que acontece com o núcleo dos elementos nessa transformação. Compreender o núcleo atômico como potencial fonte de energia. Compreender a relevância da produção de energia no interior das estrelas, por meio da fusão nuclear, para a manutenção da vida humana. Perceber as reações nucleares como um processo presente e influente no cotidiano dos estudantes, como a energia produzida pelo Sol por meio da fusão nuclear.

Recursos Utilizados: Material didático e computador.

Tempo estimado: Uma aula de 50 min.

Desenvolvimento: Inicia-se esta aula com aplicação do primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, que ocorre por meio de questionamentos sobre a origem de energia pelo Sol. A seguir tem um exemplo de questionamento:

O Sol é responsável por mais de 99 % do balanço energético da Terra. Cada metro quadrado na Terra recebe a cada segundo, 1400 joules de energia vinda do Sol. O Sol tem uma luminosidade de potência igual a $3,8 \times 10^{26}$ W e ele tem brilhado, ininterruptamente, há mais de 4,6 bilhões de anos. Partindo dessas informações, como o Sol produz tanta energia? O Sol será eterno ou se extinguirá algum dia?

Após a discussão, será iniciado o segundo momento pedagógico, a organização do conhecimento. Primeiramente será exibido o vídeo 3, intitulado “A Fusão Nuclear Explicada: Energia do Futuro?” que fala sobre a geração de energia por fissão e fusão nuclear.



Figura 3 - Vídeo 3: A Fusão Nuclear Explicada: Energia do Futuro?

Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3rTrR89>>. Acesso em 16 de jan. 2021.

Em seguida, por meio de slides, será apresentado de forma sucinta o processo de nascimento e evolução estrelas, focando mais no período da sequência principal, que o período em que elas fundem hidrogênio em hélio, e é nessa etapa que será explicado o processo de fusão nuclear, e como é possível gerar energia nesse processo. Também será apresentado o reator de fusão nuclear Tokamak e a possibilidade de gerar energia nuclear por fusão aqui na Terra, e quais os benefícios que essa fonte de energia pode trazer (como a possibilidade de grande produção de energia sem gerar lixo radioativo). Por fim, será falado do processo de morte das estrelas.

Ao final da aula os alunos serão novamente questionados com as perguntas da problematização inicial, e serão questionados também da origem dos elementos químicos da tabela periódica.

Avaliação: A participação do estudante em todas etapas.

3.1.2 Tema 02 – História da Radioatividade

3.1.2.1 Sequência didática 4 – A história da radioatividade

Objetivos: Fazer com que os alunos compreendam os fatos, estudos e as considerações históricas que levaram à descoberta da radioatividade, e ao seu desenvolvimento, assim como os principais cientistas que contribuíram para esse desenvolvimento. Apresentar alguns constituintes fundamentais da matéria e o modelo atômico nuclear.

Recursos físicos e materiais: Tirinha, projetor de imagens e computador.

Tempo estimado: uma aula de 50 minutos.

Desenvolvimento: Será utilizada a tirinha abaixo para realizar a problematização inicial. Em seguida os alunos serão questionados sobre os constituintes básicos da matéria, sobre do que os corpos são feitos e sobre a origem dos estudos da radioatividade, e se os cientistas tinham noção do perigo da emissão de radiação dos materiais radioativos.

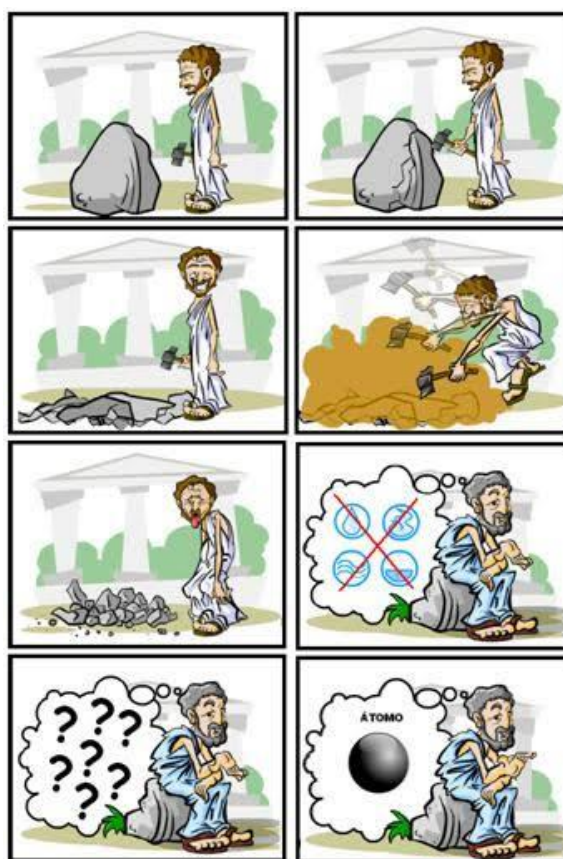


Figura 4 - Constituinte básico da matéria

Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3g1i6iA>>. Acesso em 20 de jan. 2021.

Após uma breve discussão com os estudantes, iniciaremos o segundo momento pedagógico. Para ilustrar os estudos e fatores que influenciaram e culminaram na descoberta da radioatividade, será passado o vídeo 4, intitulado “A descoberta da radioatividade”.

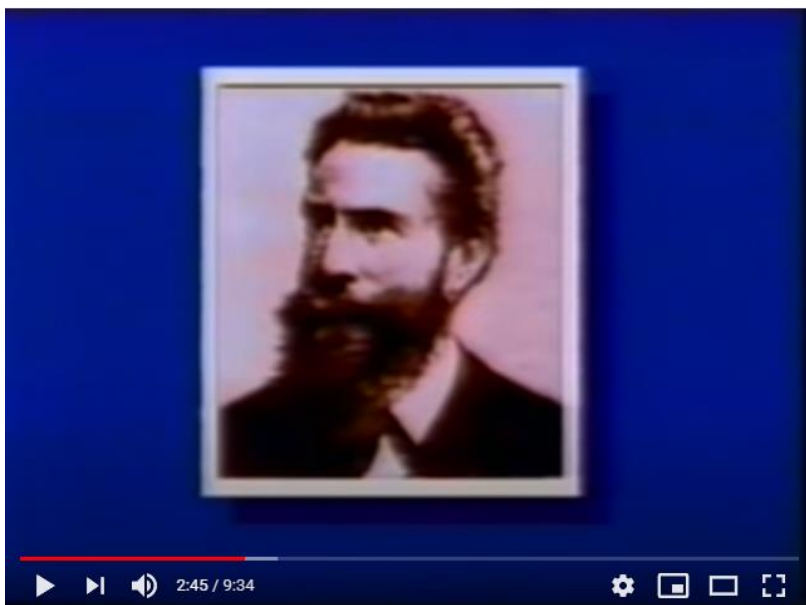


Figura 5 - Vídeo 4: Física avançada – Física Nuclear: A descoberta da radioatividade
Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/32GYfCm>>. Acesso em: 20 de jan. 2021.

Em seguida, por meio de *slides*, será passada a evolução dos modelos atômicos, focando principalmente no modelo nuclear.

A aplicação do conhecimento virá por meio de um questionário individual.

Avaliação: Participação em todas as etapas, e avaliação por meio de um questionário individual, disponível no Apêndice B.

3.1.3 Tema 03 – Reações de decaimento

5.1.3.1 Sequência didática 5 – Reações de decaimento

Objetivos:

Compreender o que é um elemento químico radioativo. Entender a radioatividade como um fenômeno de origem nuclear. Conhecer a natureza e as características das partículas alfa e beta e da radiação gama. Compreender como ocorre a transmutação. Estudar a 1ª e a 2ª lei da radioatividade. Desenvolver o conceito de meia-vida de um elemento.

Recursos físicos e materiais: Projetor de imagens, computador, lousa e giz.

Tempo estimado: Três aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Em um primeiro momento será realizada a problematização inicial será por meio de reportagens sobre a descoberta de fósseis, e sobre o acidente radiológico de Goiânia (mostrando que as áreas que tiveram alto índice de radiação estão hoje ocupadas por ter diminuído a radiação). Em seguida os estudantes serão questionados sobre a relação entre

as duas reportagens, sobre a possibilidade de diminuição da emissão da radioatividade com o tempo e sobre o que torna um elemento radioativo e também sobre a possibilidade de um elemento transformar-se em outro.

O segundo momento pedagógico ocorrerá por meio de slides. Primeiramente, para conceituar a radioatividade, serão feitas explicações sobre a estabilidade atômica, sobre a interação nuclear forte, e sobre a necessidade dos átomos de evoluírem para níveis mais estáveis por meio da desintegração radioativa.

Logo em seguida, serão apresentados os três principais tipos de reações de decaimento radioativo, enfatizando seus elementos característicos e o que acontece com o núcleo do átomo nesses processos de desintegração radioativa.

Em seguida, utilizando-se figuras e imagens de fósseis, de acidentes que envolveram a radioatividade, e também de procedimentos médicos que utilizam radioisótopos para diagnósticos ou em tratamentos de alguma doença, serão apresentados os conceitos de meia-vida de um radionuclídeo, enfatizando o tempo médio de atividade de uma amostra radioativa, e o comportamento do gráfico de decaimento radioativo. E por fim serão apresentadas as séries radioativas do Tório-232, do Urânio-238 e a do Urânio-235.

Serão utilizados durante a aula dois simuladores do Phet Colorado: o “Decaimento Alfa” e o “Decaimento Beta”. Ambos simuladores têm a opção de trabalhar com um único átomo (na aba “Átomo Simples”) ou com vários átomos (aba “Múltiplos Átomos”). Estes simuladores serão usados para demonstrar a transmutação do elemento após o decaimento alfa ou beta (o que ocorre com o núcleo do elemento), e o que ocorre com a sua massa, e o caráter aleatório do decaimento radioativo quando se trabalha com um único átomo, não sendo possível prever quando ele decairá, e o comportamento do decaimento quando se trabalha com vários átomos desenvolvendo o conceito de meia-vida do elemento.

A aplicação do conhecimento será por meio de atividades que envolvem o uso dos dois simuladores computacionais (Roteiros 08, 09 e 10).

Verificação da aprendizagem (avaliação): Participação dos estudantes em todas as etapas da aula, e realização das atividades de aplicação do conhecimento.

3.2 ROTEIROS DE ATIVIDADES COM SIMULADORES:

Todos roteiros produzidos para cada uma das atividades com simuladores, foram elaborados para serem utilizados pelos professores de Física, ou Química, como orientação, ou como um passo a passo de como proceder durante a realização das atividades com os

simuladores do Phet Colorado, relacionados à radioatividade. Com pequenas adaptações, estes roteiros podem ser perfeitamente utilizados pelos alunos, para realizarem sozinhos as atividades que constam nestes roteiros.

3.2.1 ROTEIRO 01 - Simulação monte um átomo: Construir um átomo

Objetivos: estudar e demonstrar algumas características do núcleo atômico, como a quantidade distinta de prótons no núcleo para cada elemento químico e a relação entre o total de prótons e nêutrons existentes no núcleo com o número de massa do átomo.

Etapa 1 – Acessar a simulação pelo link: https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_pt_BR.html;

Etapa 2 – Clicar na aba “Construir Átomo”;



Figura 6 - Simulação Monte um Átomo - tela inicial

Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3IQLO6c>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 3 – Na tela seguinte, apresentar os elementos da simulação: o local onde será construído o átomo; a região que contabiliza a quantidade de prótons, nêutrons e elétrons; a região que contém uma tabela periódica apresenta o nuclídeo do átomo que será montado; a região que aponta a carga resultante; a região que apresenta o número de massa do nuclídeo; as opções de ver elemento, ver neutro/íon e ver estável /instável; os baldes de prótons, nêutrons e elétrons.

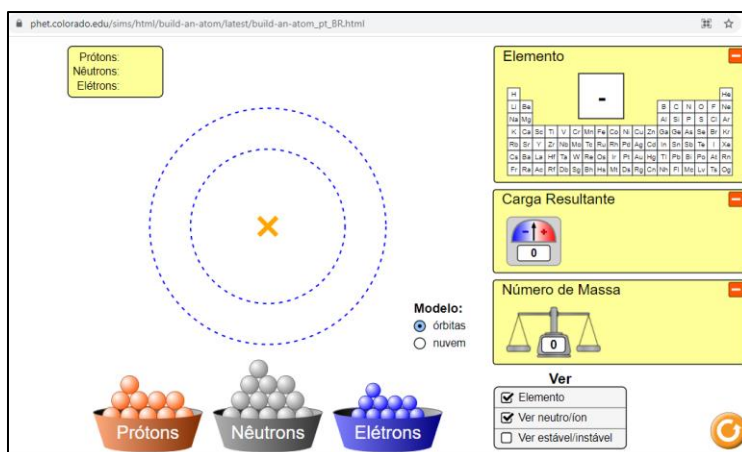


Figura 7 - Simulação Monte um Átomo – Construir um átomo
 Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3IQLO6c>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 4 – No balde de prótons, clique num próton e arraste até a região central onde o átomo será montado. Neste momento pode deixar a aba “ver estável/instável” desmarcada. Peça para os alunos observarem e relatarem o que acontece nas abas: “Elemento”, “Carga Resultante” e “Número de Massa”.

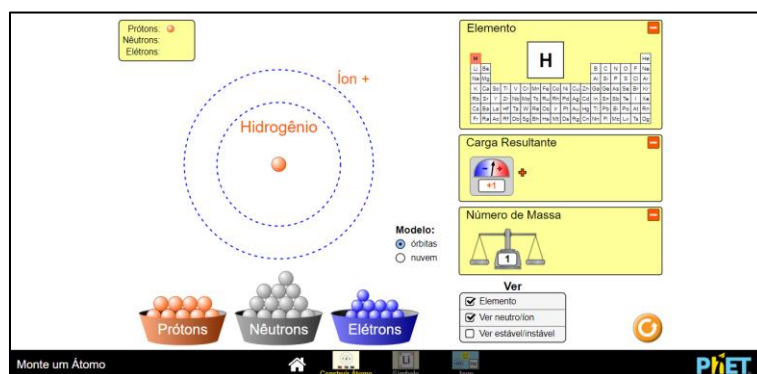


Figura 8 - Simulação Monte um Átomo – Nuclídeo ${}^1\text{H}$.
 Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3IQLO6c>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 5 – Acrescente um nêutron ao núcleo (no balde de nêutrons, clique num nêutron e arraste até a região central onde o átomo será montado. Peça para os alunos observarem se ocorreu alguma mudança nas abas: “Elemento”, “Carga Resultante” e “Número de Massa”.

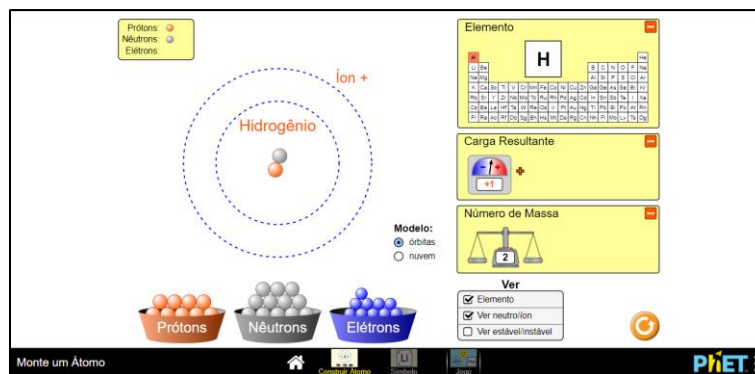


Figura 9 - Simulação Monte um Átomo – Nuclídeo ^2H .

Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3IQL06c>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 6 – mantenha o que já foi feito, e repita as etapas 4 e 5, questionando os alunos sobre as alterações nas abas: “Elemento”, “Carga Resultante” e “Número de Massa”.

Etapa 7 – repita esse processo até esvaziar os baldes de prótons e nêutrons.

Questões:

- 1- O que acontece com elemento quando aumentamos a quantidade de prótons no núcleo?
- 2- O que acontecia com elemento químico (alterava ou não) ao adicionar nêutrons ao núcleo (etapas 3 e 5)?
- 3- O que acontecia com o número de massa quando adicionávamos 1 próton ao núcleo (aumentava ou diminuía, e em quantas unidades)?
- 4- O que acontecia com o número de massa quando adicionávamos 1 nêutrons ao núcleo (aumentava ou diminuía, e em quantas unidades)?
- 5- É possível ter um mesmo elemento com quantidades diferentes de prótons no núcleo?
- 6- Qual a relação entre o elemento químico e a quantidade de prótons no núcleo?

3.2.2 Roteiro 02 - Simulação monte um átomo: isótopos

Objetivos: Estudar, demonstrar e definir o conceito de elementos isótopos.

Etapa 1 – monte um núcleo de hidrogênio-1, em seguida um de hidrogênio-2 (deutério) e por fim um de hidrogênio-3 (trítio). Em cada montagem, peça para os alunos relatarem o que aconteceu com o número de prótons e de nêutrons, e na aba “elemento” e na aba “número de massa” se houve alguma alteração.

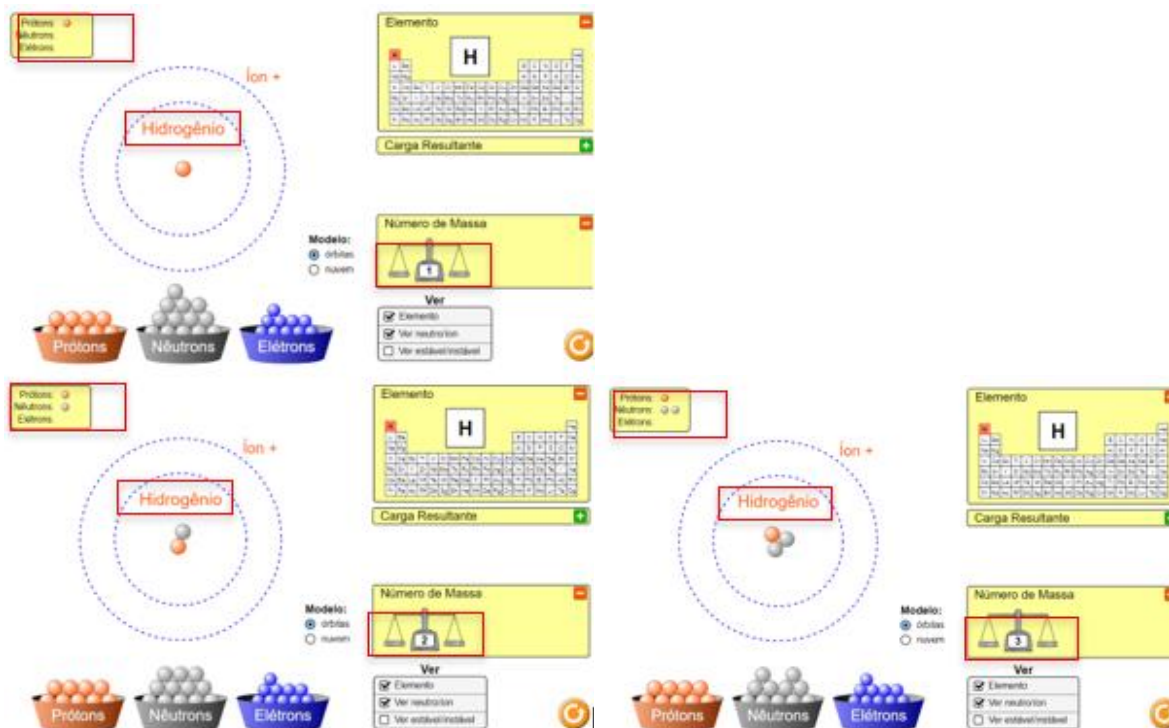


Figura 10 - Simulação Monte um Átomo – Isótopos do hidrogênio: Hidrogênio-1, deutério e trítio.
 Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3IQLO6c>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 2 – Monte um núcleo de carbono-12, carbono-13 e carbono-14, adicionando 6 prótons e 6, 7 e 8 nêutrons respectivamente. Em cada montagem, peça para os alunos relatarem o que aconteceu com o número de prótons e nêutrons, e na aba “elemento” e na aba “número de massa” se houve alguma alteração.

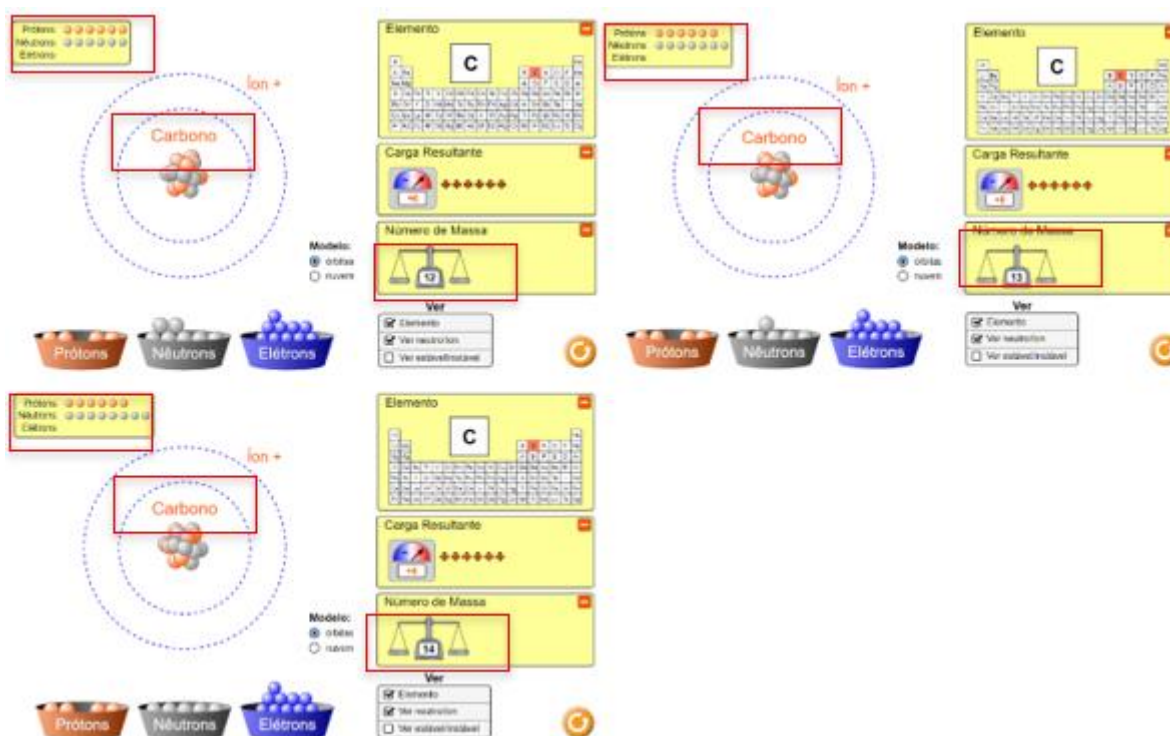


Figura 11 Simulação Monte um Átomo – Isótopos do carbono: carbono-12, carbono-13 e carbono-14.
 Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3IQLO6c>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Explique para os alunos que isótopos são o mesmo elemento químico, com de massa diferentes, e o que provoca essa alteração nas massas é a quantidade de nêutrons.

Questões:

- 7- De acordo com essa simulação, explique o que é um elemento isótopo?
- 8- Qual a diferença percebida entre o Hidrogênio-1, Hidrogênio-2 e Hidrogênio-3?
- 9- Qual a diferença percebida entre o Carbono-12, Carbono-13 e Carbono-14?

3.2.3 Roteiro 03 -Simulação monte um átomo: Núcleo estável/instável

Objetivos: intuito verificar dentre os elementos isótopos estudados na simulação anterior quais eram estáveis e quais eram instáveis, demonstrar que para um mesmo elemento pode ter isótopos estáveis e isótopos instáveis, e elucidar a importância do nêutron para a estabilidade do núcleo.

Etapa 1 – Repita o que foi feito na simulação “Isótopos”, mas com a aba “ver estável/instável” marcada.

Figura 12 - Simulação Monte um Átomo – Isótopos estáveis/instáveis.

Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3IQL06c> >. Acesso em 20 de dez. 2021.

Peça para os alunos marcarem se o elemento em questão é estável ou instável:

- Hidrogênio-1: () estável () instável
- Hidrogênio-2: () estável () instável
- Hidrogênio-3: () estável () instável
- Carbono-12: () estável () instável
- Carbono-13: () estável () instável
- Carbono-14: () estável () instável

Questões:

Julgue as afirmativas marcando V se a afirmativa é verdadeira ou F se for falsa.

- () Para um mesmo elemento pode haver isótopos estáveis e instáveis.
- () Um núcleo instável é um núcleo radioativo.
- () A quantidade de nêutrons no núcleo influencia a sua estabilidade.

13 - () A quantidade de isótopos instáveis é maior que a de estáveis.

3.2.4 Roteiro 04 - Simulação fissão nuclear (3.27): fissão de um núcleo

Objetivos: demonstrar o processo de fissão nuclear como a quebra de um núcleo altamente instável, e que os produtos da fissão são elementos químicos diferentes que o Urânio, e de menor número atômico; diferenciar os materiais físséis dos fissionáveis; mostrar que esse processo envolve liberação de energia.

Etapa 1 - Clicar na aba “Fissão: um núcleo”;

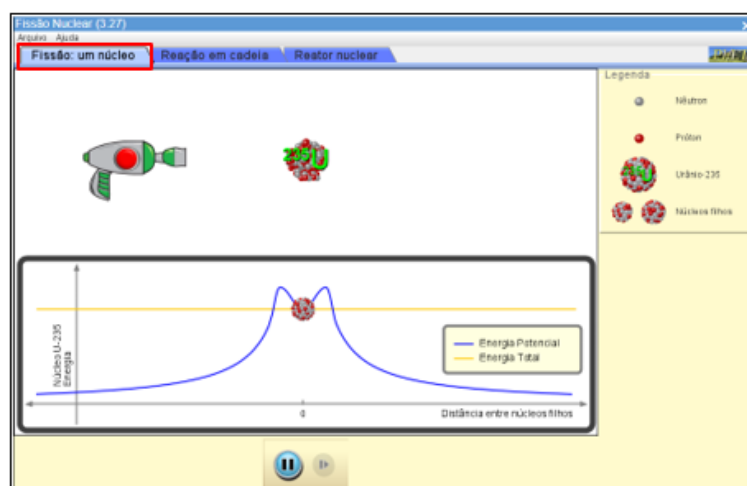


Figura 13 - Simulação Fissão Nuclear – Fissão de um núcleo de ^{235}U .
Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Apresentar os elementos da simulação: pistola que dispara nêutrons; um núcleo de urânio-235 (92 prótons e 143 nêutrons); nêutrons como sendo a pequena esfera na cor cinza e os prótons como sendo a pequena esfera na cor vermelha; e um gráfico da energia em função da distância entre os núcleos.

Realizar o disparo de um nêutron em direção ao núcleo e pedir para os alunos observarem e relatarem o que aconteceu.

Etapa 2 - Clicar na aba “Reação em cadeia”;

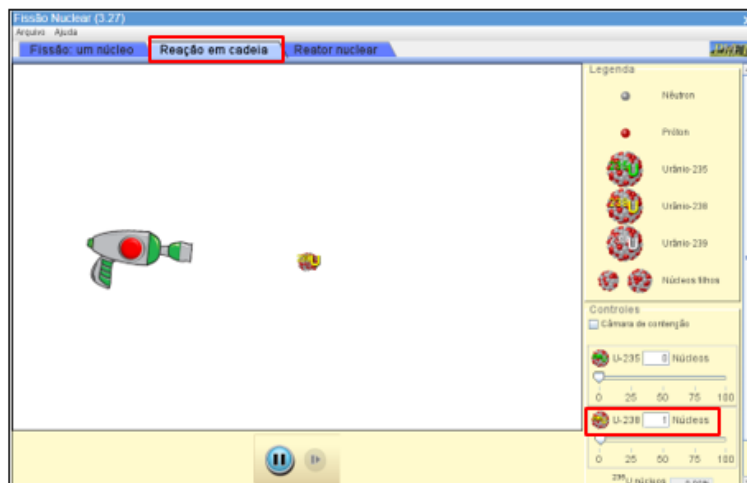


Figura 14 - Simulação Fissão Nuclear – Fissão de um núcleo de ^{238}U .
 Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Nesta simulação iremos adicionar apenas um núcleo de urânio-238 (92 prótons e 146 nêutrons) e realizar o disparo de um nêutron em direção ao núcleo e pedir para os alunos observarem e relatarem o que aconteceu.

Questões:

- 1- O núcleo de urânio-235 teve o mesmo comportamento que o núcleo de urânio-238 ao capturar um nêutron? Caso não, o que teve de diferente?
- 2- Quando o núcleo de urânio-235 captura o nêutron, aumenta a quantidade de nêutrons no núcleo, e ele passa a ser o urânio-236 (92 prótons e 144 nêutrons). Logo após essa captura, o núcleo ganha mais estabilidade ou fica mais instável (agitado)? Observando o gráfico, o que ocorreu com a energia total do sistema após essa captura do nêutron?
- 3- No momento exato momento em que ocorre a fissão (quebra do núcleo), é possível perceber um círculo (tipo uma luz) que parte do núcleo e se espalha pelo espaço. O que esse círculo representa?

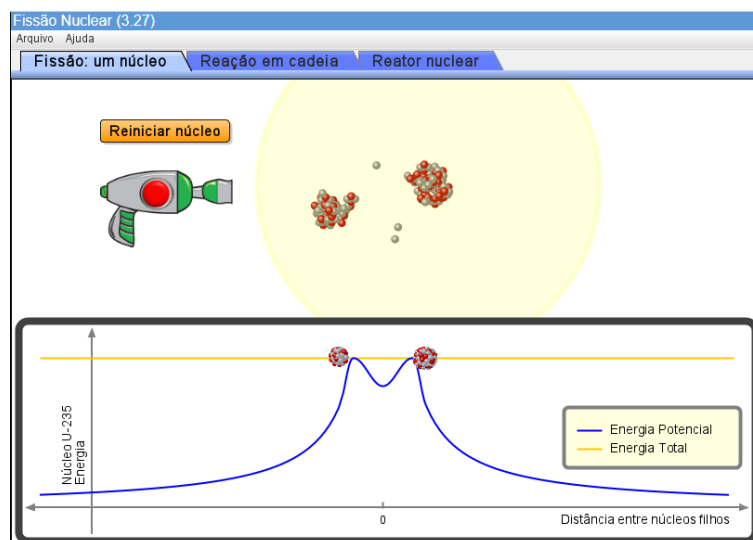


Figura 15 - Simulação Fissão Nuclear – Momento em que o núcleo de ^{235}U fissiona.
 Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

- 4- Quais são os produtos da fissão nuclear?
- 5- Os núcleos filhos são núcleos de urânio, ou de outro elemento? Explique.

Espera-se que os alunos percebam que o urânio-235 é físsil, sofrendo fissão ao capturar o nêutron e o urânio-238 é fissionável e não sofre a fissão ao capturar o nêutron, e que a esfera de luz vista no momento em que ocorre a fissão é a representação da liberação de energia decorrente da fissão, e que os produtos da fissão são os núcleos filhos (que não são urânio) e nêutrons livres.

É importante explicar para os alunos que o urânio-238 também pode sofrer fissão quando bombardeado por nêutrons de elevada energia cinética (da ordem de 1 Mev).

3.2.5 Roteiro 05 - Simulação fissão nuclear (3.27): reação em cadeia

Objetivos: demonstrar a reação em cadeia, compreender a importância dos nêutrons livres e da concentração de elementos físséis para manter a reação em cadeia autossustentada.

Demonstrar novamente a etapa 1 da simulação “fissão de um núcleo”, onde ao disparar um nêutron contra um núcleo de urânio-235, este fica instável e se parte, liberando energia e alguns nêutrons. Questionar os alunos sobre o que aconteceria se ao invés de um núcleo fossem utilizados vários núcleos de urânio-235.

Etapa 1 – Clicar na aba “Reação em cadeia”;

Etapa 2 – Adicionar 100 núcleos de ^{235}U ;

Etapa 3 – Disparar nêutron com a pistola;

Etapa 4 – Observar e relatar o que aconteceu.

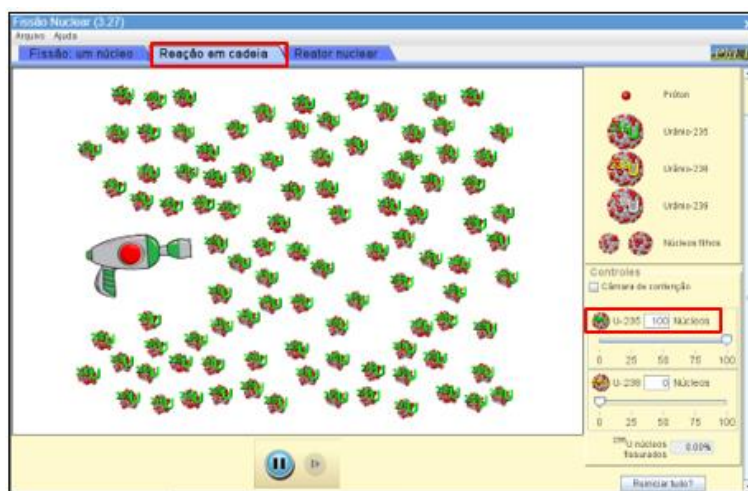


Figura 16 - Simulação Fissão Nuclear – Reação de fissão nuclear em cadeia.
Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Atividade 1 – Defina a quantidade inicial de núcleos de U-235 e U-238 e preencha a tabela abaixo

	Núcleos de U-235	Núcleos de U-238	% de U-235 fissionados depois de 1 disparo	Quantidade de disparos necessários para fissionar todos os núcleos de U-235
1)	100	0		
2)	70	30		
3)	50	50		
4)	30	70		
5)	0	100		
6)	25	0		
7)	10	0		

Questões:

- 1- Por que os nêutrons livres emitidos pelo U-235 na fissão nuclear são importantes para criar uma reação em cadeia? Sem eles teria como ter uma reação em cadeia autossustentada?
- 2- O que ocorre com a reação quando a proporção de núcleos U-238 aumenta?

- 3- Ao realizar a simulação com apenas 25 e 10 núcleos de U-235, ocorreu a reação em cadeia autossustentada? Por qual motivo ocorreu ou não?
- 4- Explique com suas palavras como ocorre a reação em cadeia.

3.2.6 Roteiro 06 - Simulação fissão nuclear (3.27): reator nuclear

Objetivos: demonstrar o funcionamento de um reator nuclear, como a energia é gerada numa usina termonuclear, a função da haste de controle e a necessidade de enriquecimento de urânio para ser possível a reação em cadeia autossustentada.

Utilizar a aba “Reator nuclear” para verificar a função das hastes de controle em um reator de fissão nuclear.

Etapa 1 – Clicar na aba “Reator nuclear”;

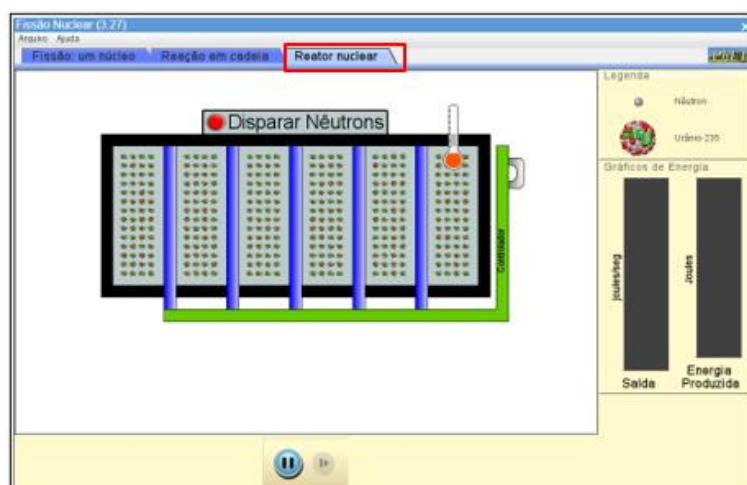


Figura 17 - Simulação Fissão Nuclear – Reator nuclear.

Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 2 – Descrever para os alunos os elementos da simulação: o reator nuclear composto por pastilhas de urânio-235 em seu interior, o controlador (hastes de controle), e um termômetro; as legendas e os gráficos de energia;

Etapa 3 – Com as hastes de controle fechadas, disparar um nêutron e pedir para os alunos observarem e relatarem o que aconteceu (observar também o que ocorre com o termômetro);

Etapa 4 - Com as hastes de controle totalmente abertas, disparar um nêutron e pedir para os alunos observarem e relatarem o que aconteceu;

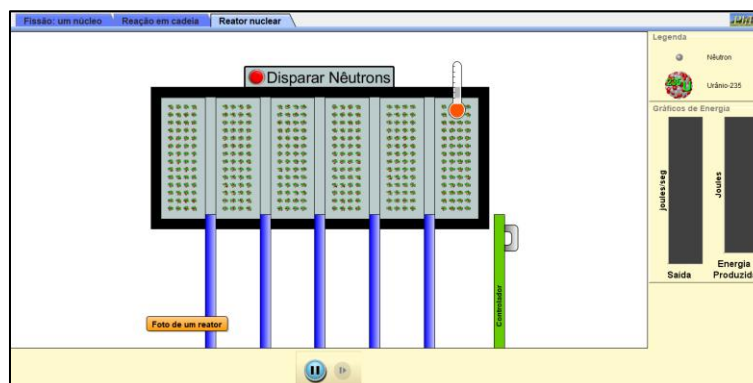


Figura 18 - Simulação Fissão Nuclear – Reator nuclear: hastes de controle abertas.
Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 5 - Com as hastes de controle de início totalmente abertas, disparar um nêutron e durante a reação em cadeia, fechar as hastes de controle e pedir para os alunos observarem e relatarem o que aconteceu;

Questões:

- 1- O que ocorre com a temperatura no interior do reator nuclear conforme os núcleos de U-235 vão sendo fissionados?
- 2- Como é possível gerar energia elétrica numa usina de fissão nuclear?
- 3- Qual a função das hastes de controle num reator de fissão nuclear?
- 4- Existem usinas nucleares que usam uma proporção de 3% de U-235 e 97% de U-238. Com essa proporção, é possível gerar uma reação em cadeia autossustentada?

3.2.7 Roteiro 07 - Simulação fissão nuclear (3.27): bomba atômica

Objetivos: demonstrar uma reação em cadeia não controlada, o conceito de massa crítica e a relação entre o enriquecimento de urânio e a produção de armas nucleares.

Utilizar a aba “Reação em cadeia” para projetar uma bomba atômica.

O urânio é um metal relativamente abundante na natureza, porém cerca de 99,3% é de U-238 e apenas cerca de 0,7% de U-235.

Para construção de uma bomba atômica é necessária uma concentração de 90% de U-235, com uma massa crítica de 52 kg.

Primeira parte:

Etapa 1 – Clicar na aba “Reação em cadeia”;

Etapa 2 – Marcar a opção “câmara de contenção”;

Etapa 3 – Adicionar 48 núcleos de U-235;

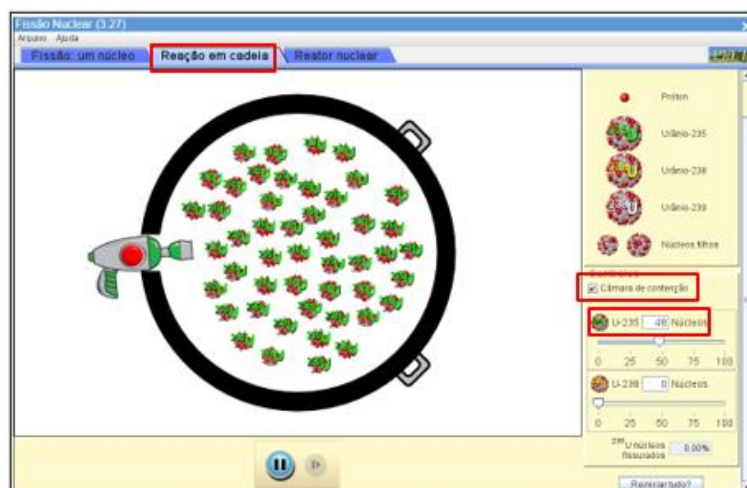


Figura 19 - Simulação Fissão Nuclear – Bomba nuclear: tentativa 1.
Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 4 – Disparar um nêutron e pedir para os alunos observarem e relatarem o que aconteceu;

Segunda parte:

Etapa 1 – Puxar alça da câmara de contenção, aumentando-a;

Etapa 2 – Adicionar 57 núcleos de U-235;

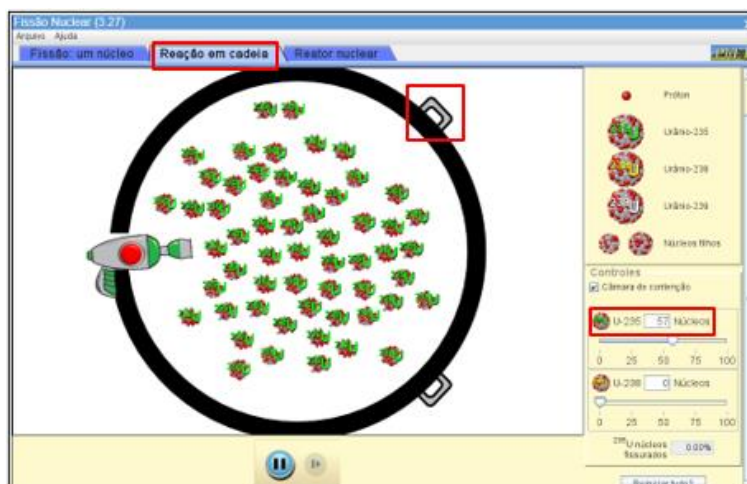


Figura 20 - Simulação Fissão Nuclear – Bomba nuclear: tentativa 2.
Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3G955yf>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 3 – Disparar um nêutron e pedir para os alunos observarem e relatarem o que aconteceu;

Questões:

- 1- Qual a necessidade de enriquecimento de urânio para a produção de energia e para construção de armas nucleares?
- 2- Pesquise como ocorre o processo de enriquecimento de urânio.
- 3- Por que quando um país passa a enriquecer urânio em concentrações acima dos acordos internacionais causa preocupação para a comunidade internacional?
- 4- O que foi feito de diferente para na segunda parte da simulação para a gente criar uma bomba atômica, e na primeira parte não?

3.2.8 Roteiro 08 - Simulação decaimento alfa (3.27): único átomo

Objetivos: estudar e demonstrar algumas características do decaimento alfa, como o que é uma partícula alfa, a transmutação nuclear ocorrida nesse tipo de decaimento e o caráter aleatório do decaimento alfa ao considerar apenas um núcleo.

Abrir a simulação “Decaimento Alfa (3.27)”.

Etapa 1 – Clicar na aba “Único átomo”;

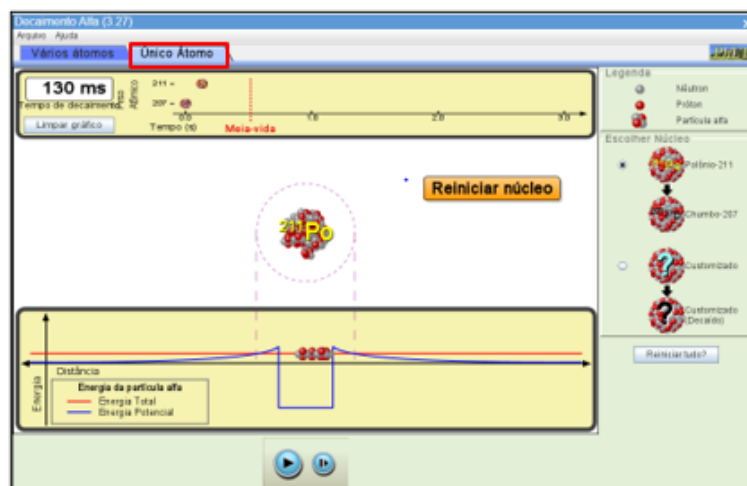


Figura 21 - Simulação Decaimento Alfa – Único átomo de ^{211}Po .

Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3ucSEyM>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 2 – Descrever para os alunos os elementos da simulação: o núcleo de Polônio-211 no centro; o gráfico da energia pela distância na parte de baixo; a legenda no canto superior direito; no lado direito a opção de escolher o núcleo de polônio-211 ou um núcleo customizado; a janela superior mostra o tempo de decaimento e uma linha do tempo que computa o momento em que o núcleo do átomo decai e vem marcando de vermelho o tempo de meia vida do elemento.

Etapa 3 – Esperar o Po-211 decair para Pb-207 e pedir que os alunos observem e relatem o que aconteceu e anotem o tempo de decaimento;

Etapa 4 – Clicar em “Reiniciar núcleo” e repetir a etapa 3 por 10 vezes. (Em uma dessas repetições, tente pausar a simulação no momento exato em que a partícula alfa é emitida e peça para os alunos contarem a quantidade de prótons e nêutrons que ela tem).

Questões:

- 1- Quando o Po-211 decai para Pb-207 o que acontece com a massa do núcleo?
- 2- Utilizando uma tabela periódica, confira em quantas unidades o número atômico (número de prótons) aumentou ou diminuiu nesse decaimento.
- 3- Utilizando as respostas das questões 1 e 2, podemos considerar que a partícula alfa seja o núcleo de um elemento químico. Qual elemento é esse?
- 4- Tente montar uma equação para o decaimento do polônio.
- 5- Aproximadamente, quanto tempo é a meia vida de um núcleo de Po-211?
- 6- Por que quando um núcleo sofre decaimento alfa ele se transforma em outro elemento?
- 7- É possível prever quando a partícula alfa de um único átomo será emitida?

3.2.9 Roteiro 09 - Simulação decaimento α (3.27): vários átomos

Objetivos: continuar os estudos do decaimento alfa, e desenvolver o conceito de meia-vida.

Abrir a simulação “Decaimento Alfa (3.27)”.

Etapa 1 – Clicar na aba “Vários átomos”;

Etapa 2 – apresentar os elementos da simulação para os alunos: tem um balde de átomos onde podemos adicionar até 99 átomos à simulação (pode ser adicionado de 1 em 1, ou de 10 em 10 átomos); na janela superior, junto com a linha do tempo, tem um gráfico de pizza representando o decaimento dos átomos (os que ainda não decaíram em azul e os que já decaíram em preto no gráfico);

Etapa 3 – Clique em “Customizado”, em seguida clique no botão “pausa”, mude a meia-vida para 1 segundo e adicione todos os átomos do balde;

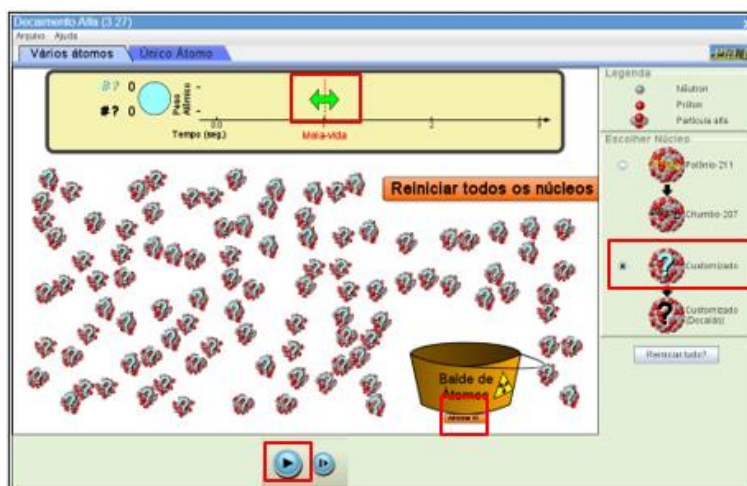


Figura 22 - Simulação Decaimento Alfa – Núcleo customizado: vários átomos.
Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3ucSEyM>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

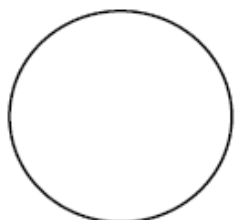
Etapa 4 – Clique no botão “iniciar” (o mesmo que foi utilizado para pausar), e peça para os alunos observarem a quantidade de núcleos que decaíram com tempo 1 s, 2 s e 3 s;

Etapa 5 – Repita essa simulação por 5 vezes.

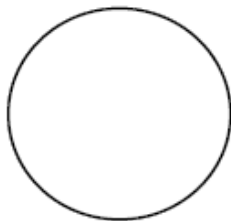
Questões:

1- Represente (colorindo o gráfico) a quantidade de núcleos que ainda não tinham decaído em cada um dos instantes a seguir:

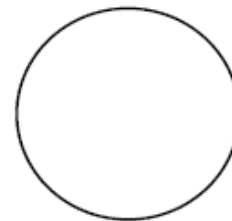
a) $t = 1 \text{ s}$



b) $t = 2 \text{ s}$



c) $t = 3 \text{ s}$



2- Sabendo que a meia-vida do átomo customizado é de 1 segundo, responda:

- Quantos átomos ainda não tinha decaído após 1 segundo (responda em forma de fração)?
- Quantos átomos ainda não tinha decaído após 2 segundos (responda em forma de fração)?
- Quantos átomos ainda não tinha decaído após 3 segundos (responda em forma de fração)?

- d) Você consegue prever quantos átomos faltarão decair após 4 segundos (responda em forma de fração)? E após 6 segundos?
- e) Tente montar uma equação para calcular a quantidade de átomos que sobram após “n” decaimentos.
- 3- Com suas palavras, descreva o que significa meia-vida.
- 4- Inicialmente tem-se uma amostra com 100 átomos de polônio-211. Considerando a meia-vida do polônio-211 como sendo 0,5 segundos, quantos átomos de Po-211 sobrarão após ter decorrido 2 segundos?

3.2.10 Roteiro 10 - Simulação decaimento Beta (3.27): único átomo

Objetivos: estudar e demonstrar algumas características do decaimento beta, como o que é uma partícula beta e a transmutação nuclear ocorrida nesse tipo de decaimento.

Abrir a simulação “Decaimento Beta (3.27)”.

Etapa 1 – Clicar na aba “Único átomo”;

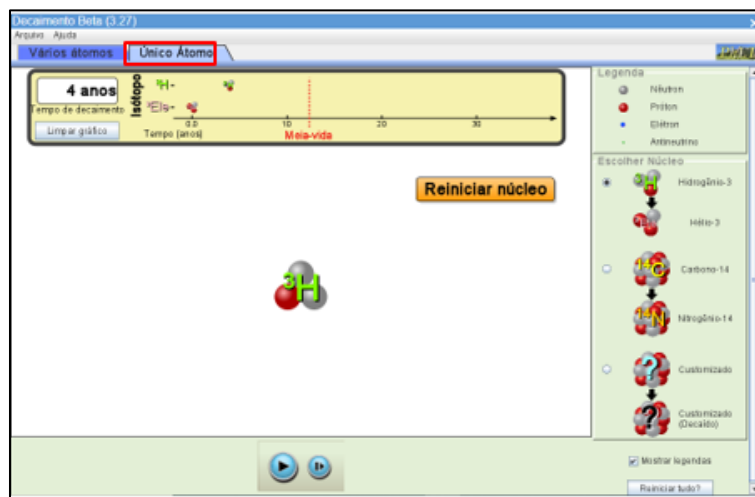


Figura 23 - Simulação Decaimento Beta – Único átomo de ^3H .

Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3KVaxhU>>. Acesso em 20 de dez. 2021.

Etapa 2 – Descrever para os alunos os elementos da simulação: o núcleo de Hidrogênio-3 no centro (ou Carbono-14); a legenda no canto superior direito; no lado direito a opção de escolher o núcleo de hidrogênio-3, carbono-14 ou um núcleo customizado; a janela superior mostra o tempo de decaimento e uma linha do tempo que computa o momento em que o núcleo do átomo decai e vem marcando de vermelho o tempo de meia vida do elemento.

Etapa 3 – Esperar o H-3 decair para He-3 e pedir que os alunos observem e relatem o que aconteceu e anotem o tempo de decaimento;

Etapa 4 – Clicar em “Reiniciar núcleo” e repetir a etapa 3 por 10 vezes. (Em uma dessas repetições, tente pausar a simulação no momento exato em que a partícula alfa é emitida e peça para os alunos contarem a quantidade de prótons e nêutrons que ela tem).

Questões:

- 1- Quando o H-3 decai para He-3 o que acontece com a massa do núcleo?
- 2- Utilizando uma tabela periódica, confira em quantas unidades o número atômico (número de prótons) aumentou ou diminuiu nesse decaimento.
- 3- Explique o que é a partícula beta.
- 4- Tente montar uma equação para o decaimento do Hidrogênio-03.
- 5- Aproximadamente, quanto tempo é a meia vida de um núcleo de H-3? O que isso significa?
- 6- Por que quando um núcleo sofre decaimento beta ele se transforma em outro elemento?
- 7- É possível prever quando a partícula beta de um único átomo será emitida?
- 8- Pesquise: como é possível o núcleo atômico emitir um elétron?

3.3 TUTORIAIS EM VÍDEOS: ATIVIDADES COM SIMULADORES

O professor gravou e disponibilizou para os alunos, vídeos tutoriais das atividades envolvendo simulações computacionais. Apenas foram gravados vídeos tutoriais das simulações que foram trabalhadas remotamente com os alunos, para servir de suporte para os alunos, para que eles pudessem reproduzir a simulação, assistir quantas vezes fosse necessário, e no horário que preferissem.

Os tutoriais foram gravados pelo aplicativo Zoom Meetings, utilizando um notebook.

3.3.1 Tutorial Simulação 01 - Construindo Um Átomo

Este tutorial é uma ferramenta que visa orientar a execução da “simulação computacional 01: construindo um átomo”, onde os alunos e/ou professores poderão utilizar para reproduzir esta simulação.

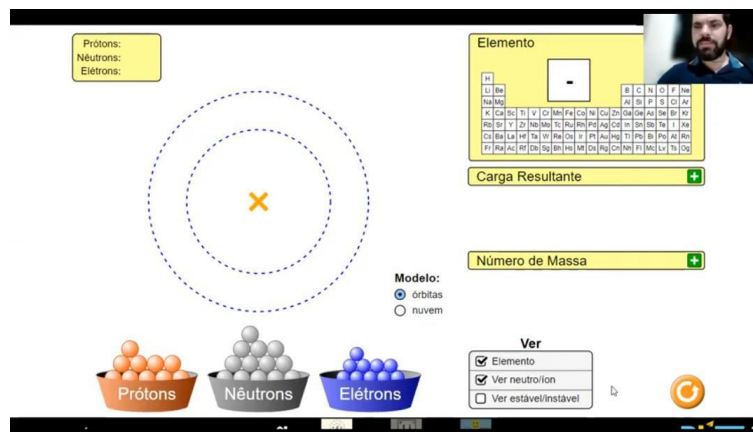
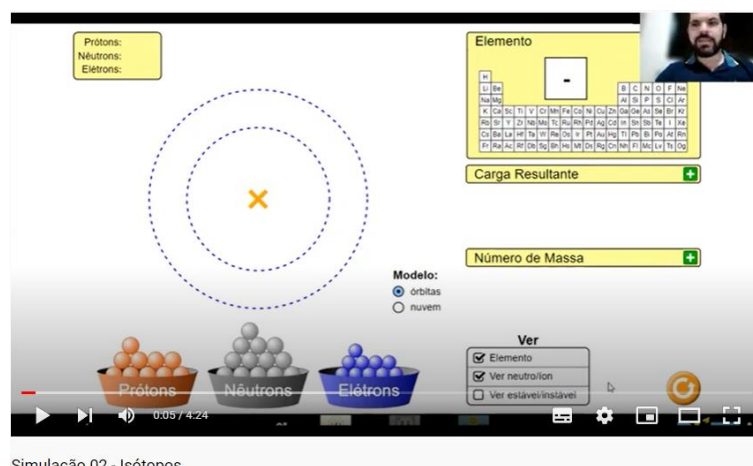


Figura 24 - Vídeo Tutorial Simulação 01 - Construindo Um Átomo
Fonte: O autor.

Disponível em: <https://youtu.be/WjkNSITF1wA>

3.3.2 Tutorial Simulação 02 - Isótopos

Este tutorial é uma ferramenta que visa orientar a execução da “simulação computacional 02: Isótopos”, onde os alunos e/ou professores poderão utilizar para reproduzir esta simulação.



Simulação 02 - Isótopos

Figura 25 - Vídeo Tutorial Simulação 02 – Isótopos.
Fonte: O autor.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=O5MA_pETPIk

3.3.3 Tutorial Simulação 03 – Estáveis/Instáveis

Este tutorial é uma ferramenta que visa orientar a execução da “simulação computacional 03 – Estáveis/Instáveis”, onde os alunos e/ou professores poderão utilizar para reproduzir esta simulação.

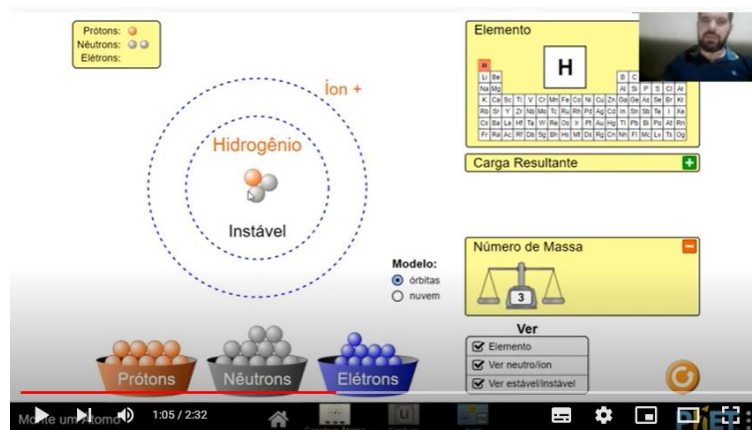


Figura 26 - Vídeo Tutorial Simulação 03 – Estáveis/Instáveis.
Fonte: O autor.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=L6UEf6EI8yQ>

3.3.4 Tutorial Simulação 04 – Fissão nuclear: fissão de um núcleo

Este tutorial é uma ferramenta que visa orientar a execução da “simulação computacional 04 – Fissão nuclear: fissão de um núcleo”, onde os alunos e/ou professores poderão utilizar para reproduzir esta simulação.

Acessar a simulação fissão nuclear pelo link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/nuclear-fission.

Apresentar os elementos da simulação para os alunos: pistola que dispara nêutrons; um núcleo de urânio-235 (92 prótons e 143 nêutrons); nêutron como sendo a pequena esfera na cor cinza e o próton como sendo a pequena esfera na cor vermelha; e um gráfico da energia em função da distância entre os núcleos.

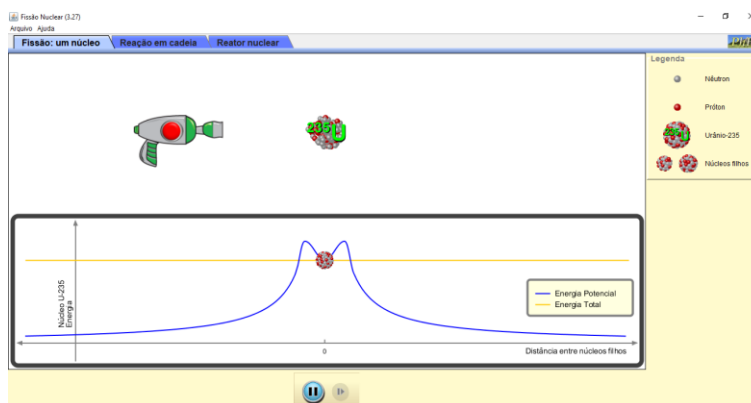


Figura 27 – Simulação Fissão Nuclear: Tela inicial.

Fonte: Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/nuclear-fission>

acesso em 03/02/2022.

Etapa 01: Realizar o disparo de um nêutron em direção ao núcleo de Urânio-235 e observar e relatar o que aconteceu. O vídeo da Figura 28 demonstra essa etapa da simulação.

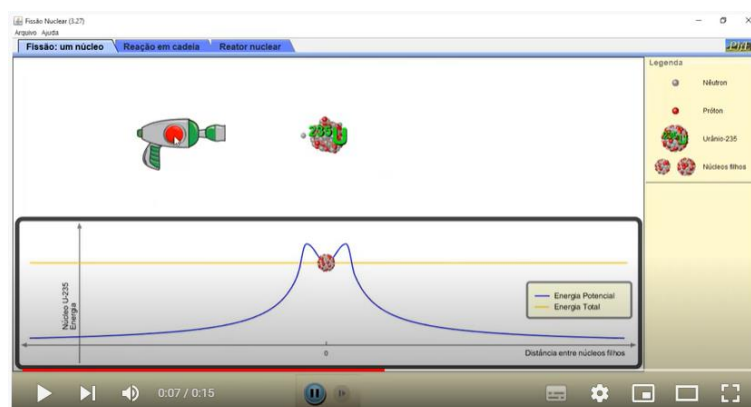


Figura 28 - Simulação 04 - Etapa 01

Fonte: Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=lx-ZPpQmHFM>>

Etapa 02: Clicar na aba “Reação em cadeia”, e nesta etapa da simulação iremos adicionar apenas um núcleo de urânio-238 (92 prótons e 146 nêutrons) e realizar o disparo de um nêutron em direção ao núcleo. Observar e relatar o que aconteceu. O vídeo da Figura 29 demonstra essa etapa da simulação.

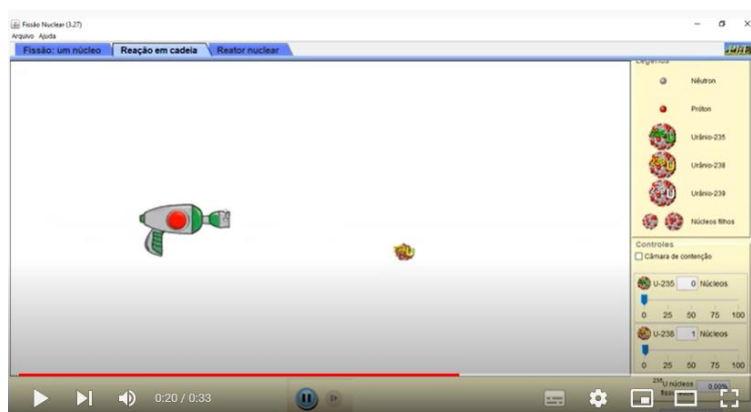


Figura 29 - Simulação 04 - Etapa 02

Fonte: Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=jkIHUuZ9C4U>>

Solicitar que os alunos façam as questões pedidas no Roteiro 04.

Para que os alunos possam responder as questões 3 e 4, repita a Etapa 01, e pause a simulação no momento em que o núcleo de U-235 sofrer fissão, como representado na figura 30.

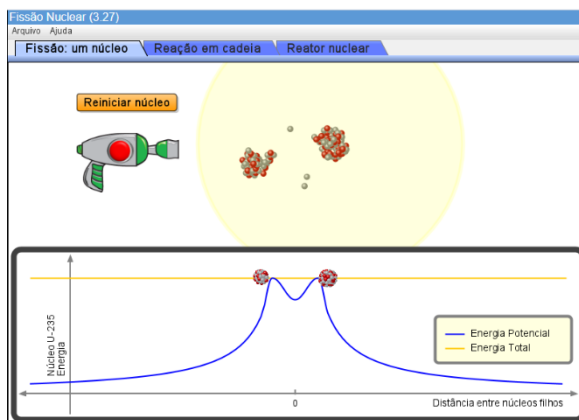


Figura 30 – Momento em que o núcleo de U-235 fissiona.

Fonte: Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/nuclear-fission> acesso em 03/02/2022.

3.3.5 Tutorial Simulação 05 – Fissão nuclear: Reação em cadeia

Este tutorial é uma ferramenta que visa orientar a execução da “simulação computacional 05 – Fissão nuclear: Reação em cadeia”, onde os alunos e/ou professores poderão utilizar para reproduzir esta simulação.

Acessar a simulação fissão nuclear pelo link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/nuclear-fission.

Etapa 01: Clicar na aba “Reação em cadeia”; adicionar 100 núcleos de Urânio-235; disparar nêutron com a pistola; observar e relatar o que aconteceu. O vídeo da Figura 31 demonstra essa etapa da simulação.

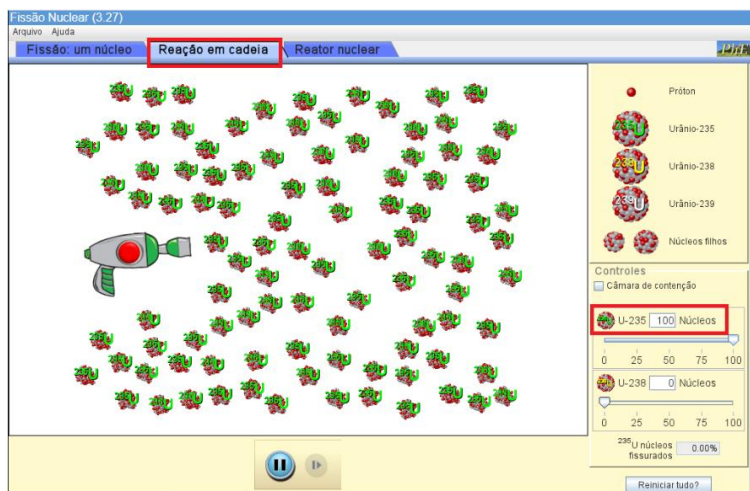


Figura 31 – Simulação 05 - Etapa 01.

Fonte: Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=J6RWu5h5NGM>>

Para realizar a atividade 01 foram realizados 7 ensaios com as quantidades de núcleos de U-235 e U-238 que estavam indicadas na tabela, e em seguida os alunos deviam preencher a tabela de acordo com os ensaios. Abaixo estão indicados os vídeos de cada um dos 7 ensaios.

1º ensaio - 100 núcleos de U-235 e 0 de U-238:
<https://www.youtube.com/watch?v=J6RWu5h5NGM>.

2º ensaio - 70 núcleos de U-235 e 30 de U-238:
<https://www.youtube.com/watch?v=45DIQBs9vUQ>.

3º ensaio - 50 núcleos de U-235 e 50 de U-238:
<https://www.youtube.com/watch?v=GAdQMgU5buw>.

4º ensaio - 30 núcleos de U-235 e 70 de U-238:
<https://www.youtube.com/watch?v=eOEAxkWAbkg>.

5º ensaio - 0 núcleos de U-235 e 100 de U-238:
<https://www.youtube.com/watch?v=m2U9DfdvMGQ>.

6º ensaio - 25 núcleos de U-235 e 0 de U-238:
<https://www.youtube.com/watch?v=NZSgVcy-sQ>.

7º ensaio - 10 núcleos de U-235 e 0 de U-238:
<https://www.youtube.com/watch?v=LWxcnL4Ww5Y>.

Solicitar que os alunos façam as questões pedidas no Roteiro 05.

3.3.6 Tutorial Simulação 06 – Reator nuclear

Este tutorial é uma ferramenta que visa orientar a execução da “simulação computacional 06 – Fissão nuclear: Reator nuclear”, onde os alunos e/ou professores poderão utilizar para reproduzir esta simulação.

Acessar a simulação fissão nuclear pelo link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/nuclear-fission.

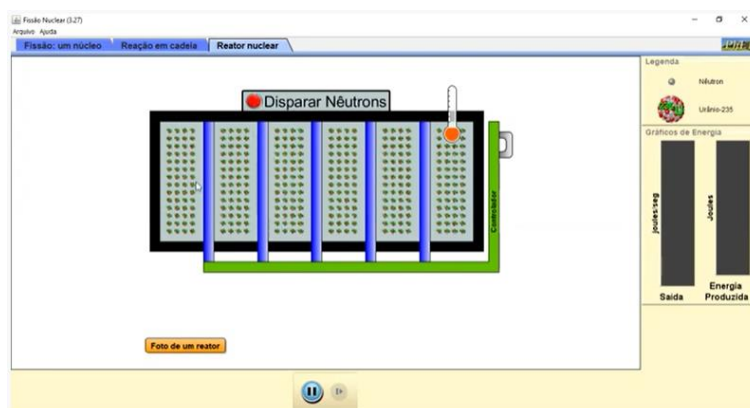


Figura 32 - Vídeo Tutorial Simulação 06 – Reator Nuclear.
Fonte: O autor.

Disponível em: <https://youtu.be/f1KUEr0vDNE>.

3.3.7 Tutorial Simulação 07 – Bomba nuclear

Este tutorial é uma ferramenta que visa orientar a execução da “simulação computacional 07 – Fissão nuclear: Bomba nuclear”, onde os alunos e/ou professores poderão utilizar para reproduzir esta simulação.

Acessar a simulação fissão nuclear pelo link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/nuclear-fission.

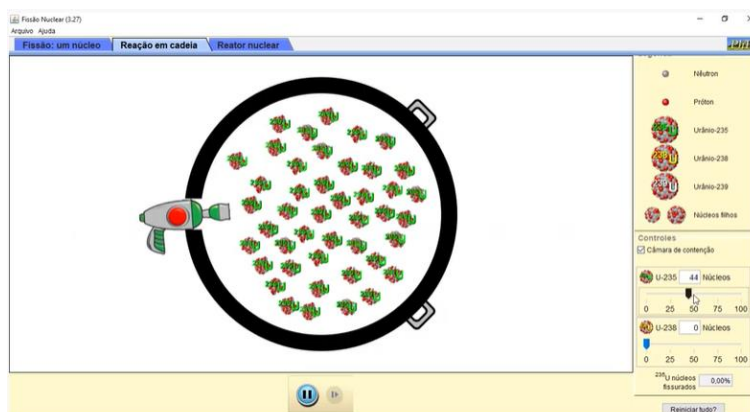


Figura 33 - Vídeo Tutorial Simulação 07 – Bomba Nuclear.

Fonte: O autor.

Disponível em: <https://youtu.be/IyZ9Cyfv7rg>.

4 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

COMO FUNCIONA UMA USINA NUCLEAR? In: Testando vídeos. Youtube, 2014. Fonte: Disponível em: <<https://bit.ly/3r6A3mb>>. Acesso em 16/01/2021.

DECAIMENTO ALFA. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/alpha-decay>. Acesso em: 20/12/2021.

DECAIMENTO BETA. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/beta-decay>. Acesso em: 20/12/2021.

FILOSOFIA EM QUADRINHOS. Constituinte básico da matéria. 2012, Disponível em: <<https://bit.ly/3g1i6iA>>. Acesso em: 20/01/2021.

FÍSICA NUCLEAR: A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE. Prof. Perdigão. Youtube. Disponível em: <<https://bit.ly/32GYfCm>>. Acesso em: 20/11/2021.

FISSÃO NUCLEAR. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/nuclear-fission>. Acesso em: 20/12/2021.

HIROSHIMA: O DIA SEGUINTE. In.: Full hd documentários. Youtube, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3r7meUH>>. Acesso em 20/11/2021.

LOOS, Pedro Emílio Niebuhr. **A Fusão Nuclear Explicada: Energia do Futuro?** Youtube. Disponível em: <<https://bit.ly/3rTrR89>>. Acesso em 16 /01/2021.*

MONTE UM ÁTOMO. In: Phet Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_pt_BR.html>. Acesso em: 20/12/2021.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. **Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000.

ROCHA, L. C. T. et al. **Dificuldades encontradas para aprender e ensinar física moderna**. Sci. Elec. Arch. Vol. 10. Sinop-MT, 2017.

SIQUEIRA, Maxwell; PIETROCOLA, Maurício. **A Transposição Didática aplicada a teoria contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio**. X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, 2006.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

APÊNDICE .A QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

1) Você considera a radioatividade como:

Maléfica. Benéfica. Maléfica e Benéfica. Não tenho opinião formada sobre isso.

2) Radiação e radioatividade são a mesma coisa.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

3) A radioatividade é algo muito nocivo para a saúde.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

4) Ao deixar um corpo exposto à radiação, este ficará contaminado radioativamente.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

5) Ao tirar radiografia para verificar uma fratura óssea deve-se utilizar proteção para não haver contaminação com resíduos nucleares radioativos provenientes dos raios X.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente

6) A energia nuclear é algo muito perigoso.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;

- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

7) O processo de geração de energia nuclear implica em maior impacto ambiental do que o processo de geração de energia hídrica.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

8) A produção de energia nuclear significa um risco muito grande para o país. Portanto deve-se deixar de investir nessa matriz energética.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

9) Em caso de um acidente nuclear uma usina nuclear pode se transformar em uma bomba atômica.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

10) A radioatividade pode ser aplicada à agricultura. Uma aplicação é a irradiação de alimentos, que consiste em expor a uma dose controlada de radiação ionizante alimentos destruindo microrganismos, bactérias, vírus ou insetos presentes nos alimentos, aumentando o tempo para consumo do alimento. Você consumiria algum alimento que foi irradiado?

- Certamente consumiria;
- Consumiria;
- Talvez consumiria;
- Não consumiria;
- Certamente não consumiria.

11) O Sol é uma bola de fogo que queima infinitamente. Essa é a origem da energia do Sol e o motivo do Sol aquecer a Terra.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

12) Um elemento químico jamais pode se transformar em outro elemento químico.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

13) Fusão nuclear consiste no derretimento do núcleo.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

14) Toda radiação é capaz de ionizar um átomo.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

15) O núcleo atômico é formado por nêutrons e prótons, e a quantidade de prótons existentes no núcleo é distinta para cada elemento químico.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

16) Uma substância radioativa jamais deixa de ser radioativa.

- Concordo totalmente;

- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

17) Como o nêutron não tem carga elétrica, ele não tem função nenhuma no núcleo atômico.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

18) Se um nuclídeo é instável, todos os seus isótopos também serão instáveis.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

19) Um núcleo radioativo emite radiação nas formas de partículas alfa e beta e radiação gama para ficarem mais estáveis.

- Concordo totalmente;
- Concordo parcialmente;
- Indiferente;
- Discordo parcialmente;
- Discordo totalmente.

APÊNDICE .B QUESTIONÁRIO TEMA 02:

- 1) O que diferenciava os raios-X dos raios becqueréis?
- 2) Qual o motivo de parte dos raios emitidos pelos sais de urânio serem defletidos na presença de um campo elétrico? Porque estes raios descarregavam o eletroscópio?
- 3) Qual a principal inovação trazida pelo modelo atômico de Rutherford?
- 4) Afinal, o que é a radioatividade?
- 5) A radiação emitida pelo núcleo tem natureza ondulatória ou corpuscular? Explique.