

APÊNDICES

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

UEPS PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO COM UTILIZAÇÃO DE GAME DE TABULEIRO

AUTORES:

Prof. Eduardo Toniolo Campos

Prof. orientador: Dr. Marcelo A. Leigui de Oliveira



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



©Eduardo T. Campos e Marcelo A. Leigui de Oliveira.

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Caro professor, a modernização da educação contemporânea indica uma necessidade de adequação dos conteúdos. É necessário que haja uma escolha por assuntos que provoquem engajamento e interesse por parte dos alunos, além de promover uma aproximação entre os conceitos ensinados e o cotidiano do jovem estudante, tão inserido em um mundo tecnológico com demandas específicas. O ensino de física não foge a essa realidade.

Tendo isso em vista, essa sequência didática tem como proposta inserir tópicos de física nuclear no ensino médio, alinhado com a nova BNCC que estipula a introdução de assuntos de física moderna na educação básica, onde podemos usar como exemplo a habilidade (EM13CNT103):

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica. [3]

Essa sequência didática é baseada na teoria da aprendizagem significativa de David. P. Ausubel e estruturada como uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), proposta pelo prof. Dr. Marco Antônio Moreira. Ao final da sequência propomos como avaliação final a aplicação de um game de tabuleiro que batizamos de Chernothrill.

Neste tutorial você encontrará toda a orientação necessária para a aplicação desse produto, assim como todo o material de apoio necessário. Além disso o professor poderá obter todo o material de apoio pelo site do produto no endereço eletrônico: <https://sites.google.com/view/uepsfisicanuclear>

Obrigado, espero que seja de grande valia.

Prof. Eduardo Toniolo Campos

PÚBLICO ALVO: Turmas de 2º e 3º anos do ensino médio.

Recomendamos que essa sequência didática seja aplicada em pelo menos 5 encontros, quer sejam virtuais, presenciais ou híbridos, além da possibilidade de aplicação de aulas assíncronas.

ATIVIDADE 1

Objetivo: Introduzir o assunto física nuclear sob o ponto de vista da ciência tecnologia e sociedade (CTS), com baixo nível de complexidade, de forma a avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, acerca da utilização da energia nuclear, da utilização das radiações emitidas nos decaimentos radioativos em processos cotidianos. Dentro da estrutura da UEPS e do ponto de vista da teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel, essa atividade é de suma importância, pois, a proposta principal é auxiliar o aluno a despertar os subsunçores presentes em sua estrutura cognitiva, afim de utilizá-los na ancoragem dos conteúdos subsequentes.

Essa atividade pode ser administrada de forma presencial ou remota, onde o professor deverá distribuir alguns textos aos alunos, separados previamente em grupos, ou de forma individual em se tratando de uma turma pequena, textos estes que devem ser lidos pelos alunos em um tempo adequadamente estabelecido, para que após a leitura o professor possa conduzir uma discussão em grupo acerca das peculiaridades das aplicações conhecidas da energia nuclear, em diversos ramos da atividade humana. Nesse momento de discussão reflexiva, o professor deve propor o tema “Física nuclear – amiga ou inimiga?” Com essa atividade o professor deve buscar compreender qual a opinião geral da turma em relação às abordagens populares acerca do assunto física nuclear, assim como fazer um levantamento inicial dos conhecimentos prévios concretos que os alunos possam ter sobre o assunto, oriundos de possíveis pesquisas pessoais e autônomas. Os links para acessar os textos estão listados no anexo A e podem ser encontrados no site do produto como mostra a figura 1. Os textos abordam assuntos como acidentes nucleares históricos e utilização de princípios da física nuclear em diagnóstico médicos, processos de esterilização e matriz energética. Caso o professor resolva fazer a

primeira atividade de forma remota, deverá então utilizar um fórum online que pode ser acessado pelo link <https://profedufisicanuclear.forumeiros.com/> ou então pelo site do produto que mostra a figura 2, onde os alunos poderão realizar a discussão juntamente com o professor durante um período maior, assim como com maior flexibilidade de horário. Caso o professor julgue necessário, um novo fórum pode ser criado em outra plataforma similar, ou através da formação de um grupo de redes sociais.

Fig. 1 – Links dos textos no site do produto. Figura do autor

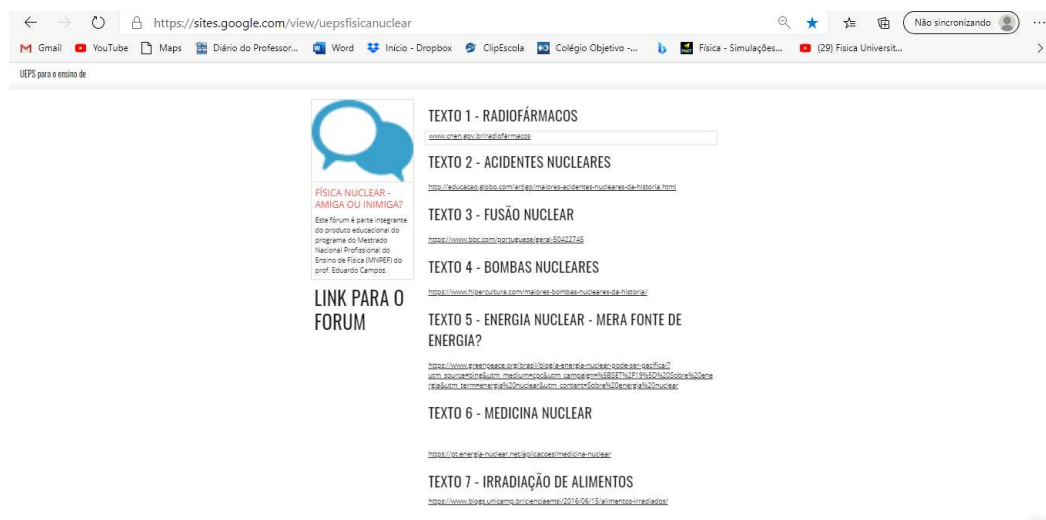
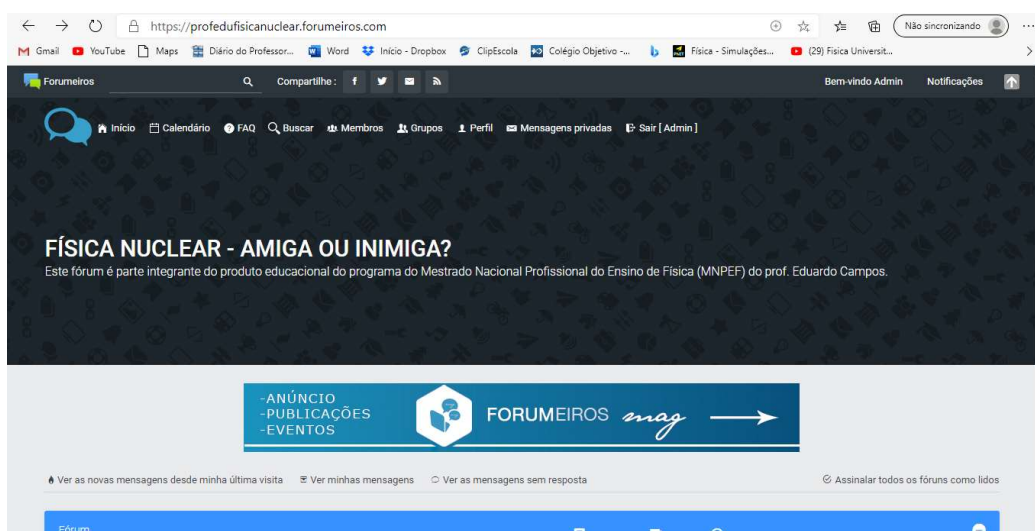


Fig.2 – Exemplo de fórum online criado no site forumeiros. Figura do autor



Atividade 2

Objetivo: Introduzir o assunto núcleo atômico e fundamentos do decaimento radioativo, sob o ponto de vista conceitual, porém, em baixo nível de complexidade, cujo o prévio conhecimento por parte do aluno se faz absolutamente necessário, para que a partir deles, a ancoragem dos assuntos principais dessa UEPS possa ser efetivada na estrutura cognitiva dos alunos, em conformidade com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

O professor deve orientar os alunos a assistirem ao vídeo do Youtube, disponibilizado pelo link: <https://www.youtube.com/watch?v=YqASYnn8Y6I>, igualmente disponibilizado no site desse produto conforme mostra a figura 3. Essa atividade deve ser aplicada preferencialmente de forma remota, por meio da aula assíncrona, por tratar-se de conceitos básicos, de compreensão intuitiva, podendo ser introduzidos como organizadores prévios, com o intuito de auxiliar o aluno a relembrar conceitos básico sobre núcleos atômicos, assim como criar subsunçores, no caso de o aluno nunca ter tido nenhum contato com esse conteúdo. Na descrição do vídeo da plataforma Youtube é apresentado um link para a abertura de um questionário, elaborado na plataforma Google formulários conforme mostra a figura 4. É de suma importância que o questionário seja respondido, pois a avaliação desse produto deve ser contínua, também em conformidade com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. As questões do formulário estão apresentadas no apêndice A.1.

Fig.3 – Link para a aula 1 no Youtube e QR Code para o google formulário no site do produto. Figura do autor

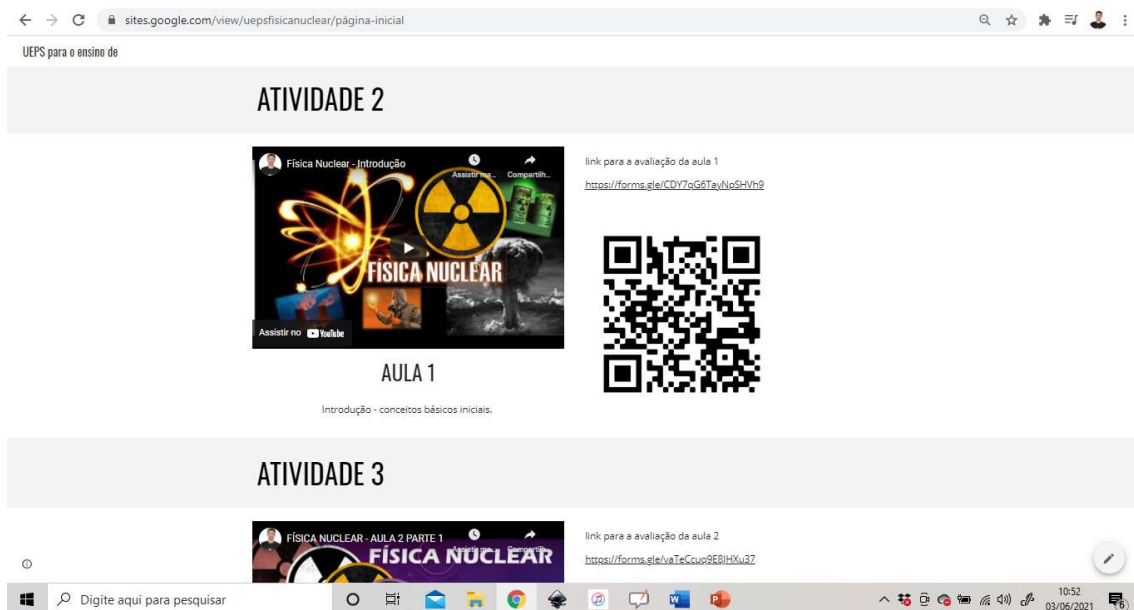
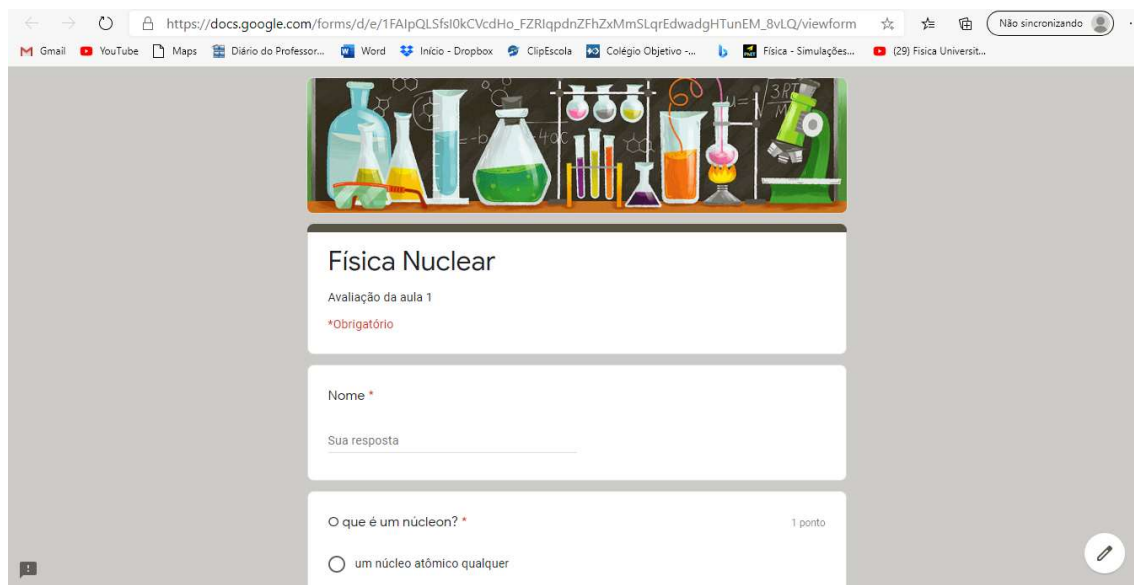


Fig. 4 – Tela inicial do formulário questionário referente a aula 1. Figura do autor



ATIVIDADE 3:

Objetivo: Introduzir os assuntos principais em um nível de maior complexidade, porém de forma teórica, sem trabalhar cálculos matemáticos, ainda que já apresentando algumas leis, obedecendo o conceito de conciliação integradora da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel.

Nessa aula o professor deverá trabalhar de forma teórica os seguintes tópicos: lei do decaimento radioativo, tipos de decaimentos e suas características, dose absorvida e dose equivalente. O professor poderá fazer essa atividade de forma presencial, apresentando os conceitos de forma expositiva, ou então poderá fazê-lo por meio da aula assíncrona, utilizando para tal duas vídeo aulas, disponíveis nos links do Youtube, sendo a aula 2 parte 1: <https://www.youtube.com/watch?v=4TW0uzN5OiU> e a aula 2 parte 2: <https://www.youtube.com/watch?v=71SUIFUOFBY>, conforme mostram as figuras 5 e 6. Os links para as vídeo aulas também estão presentes no site do produto. Os alunos devem assistir previamente os vídeos, e após tirarem suas dúvidas pontuais em um encontro presencial posterior à audiência dos vídeos, os alunos devem acessar um questionário desenvolvido na plataforma Google formulário conforme mostra a figura 8, podendo acessá-lo através de um QR Code apresentado no final da aula 2 parte 2, ou pelo link disponibilizado na descrição dos vídeos. O link e o QR Code podem ser encontrados também no site do produto conforme mostra a figura 7. É de suma importância que os formulários sejam preenchidos com o fim de manter o processo de avaliação de aprendizagem contínua. As questões do formulário estão listadas no apêndice A.2.

Fig.5 – Tela inicial da aula 2, parte 1, referente à atividade 3. Figura do autor



Fig.6 – Tela inicial da aula 2, parte 2, referente à atividade 3. Figura do autor



Fig.7 – Links para os vídeos da aula 2, link e QR Code para o questionário do Google Forms no site do produto. Figura do autor

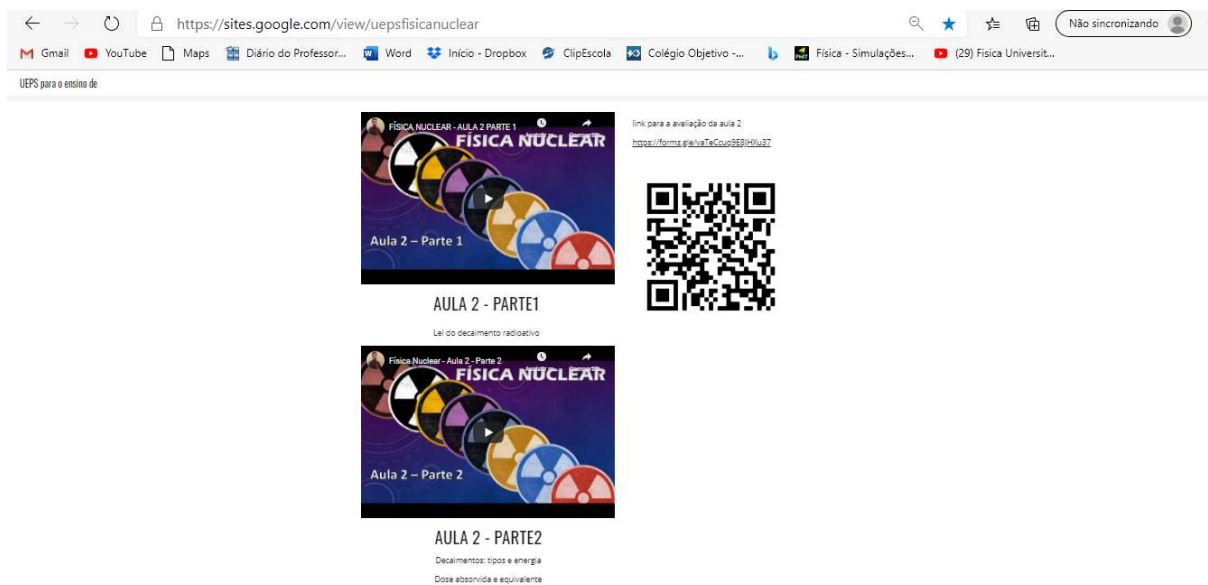


Fig.8 – Tela inicial do questionário da aula 2 no Google Forms. Figura do autor

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSFDsNTMG9GbLCL0IQb_f1xlqH2YxyCue4TH5z5wPAJ5jKe1g/viewform ☆ ☆ Não sincronizando

Gmail YouTube Maps Diário do Professor... Word Início - Dropbox ClipEscola Colégio Objetivo ... Física - Simulações... (29) Física Universit...



Física Nuclear

Avaliação da aula 2

*Obrigatório

Porque alguns núcleos de determinados elementos transmutam-se em núcleos de outros elementos? *

Sua resposta

Como a física nuclear pode ajudar na datação de amostras antigas de rochas e tecidos orgânicos? *



ATIVIDADE 4

Objetivo: Introduzir situações problema com maior grau de complexidade, utilizando exercícios de cálculo matemáticos.

Nessa atividade o professor deverá trabalhar alguns exercícios de cálculo de coeficiente de desintegração nuclear, cálculo de atividade instantânea de uma amostra radioativa, e cálculos de doses absorvidas e equivalentes, de forma não integrada, ou seja, trabalhando um único conceito em cada exercício, de forma a aumentar o nível de complexidade do conteúdo de forma cadenciada. O professor deverá aplicar a ala assíncrona, onde os alunos assistirão um vídeo, denominado aula 3, com a proposta de alguns exercícios, juntamente com suas resoluções. O vídeo pode ser acessado pelo link: https://www.youtube.com/watch?v=OrA-Nz9GX5s&feature=emb_title, e pelo site do produto como mostra a figura 9. Na aula presencial, ministrada após a assistência do vídeo por parte dos alunos, o professor deve propor uma lista de exercícios de fixação, baseadas nos exercícios do vídeo, que os alunos devem fazer em sala com a supervisão do professor. A lista deve ser entregue ao final da aula, ou em outra ocasião, com o fim de tornar-se mais um instrumento de avaliação contínua. A lista de exercícios aplicada em sala de aula pode ser encontrada no site do produto, conforme mostra a figura 9 e no apêndice A.3.

Fig. 9 – Tela do site do produto onde podem ser encontrados o vídeo da aula 3 e a lista de exercícios de fixação. Figura do autor.

https://sites.google.com/view/uepsfisicanuclear

UEPS para o ensino de

Dose absorvida e equivalência

ATIVIDADE 4

PRATICANDO
Exercícios de Aplicação

FÍSICA NUCLEAR
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO
AULA 3
Exercícios de Fixação

ATIVIDADE 5

Objetivo: Retomar os conceitos aprendidos procurando facilitar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Nessa aula o professor deverá aplicar o game de tabuleiro Chernothrill, criado para facilitar a reintegração e retomada de todo o conteúdo aprendido. O game pode ser aplicado de forma presencial, ou então por meio de plataformas de sala de aula virtual. O professor deverá dividir a turma em grupos de três a quatro alunos para que as tarefas sejam divididas e a dinâmica do game possa fluir facilmente. O professor deverá preparar os kits de games de acordo com o tamanho de sua turma e sua necessidade. Serão necessários para o jogo a impressão de um tabuleiro (Apêndice A.4), peças que representem os jogadores (facilmente encontrados em casas especializadas em games ou pela internet), um dado de 6 lados e a impressão do diário de bordo dos jogadores (Apêndice A.5). Todos os materiais a serem impressos estão disponibilizados no site do produto educacional conforme mostra a figura 10.

Os jogadores farão o papel de um operário de uma usina nuclear que acabou de sofrer um acidente em um de seus reatores, espalhando uma série de radionuclídeos pela usina. O tabuleiro do Chernothrill foi baseado no tabuleiro do jogo Mega ludo, porém, em cada uma de suas casas encontramos representado um elemento radioativo, oriundo da cadeia sequencial de decaimentos radioativos da série do isótopo U-235, utilizado em usinas

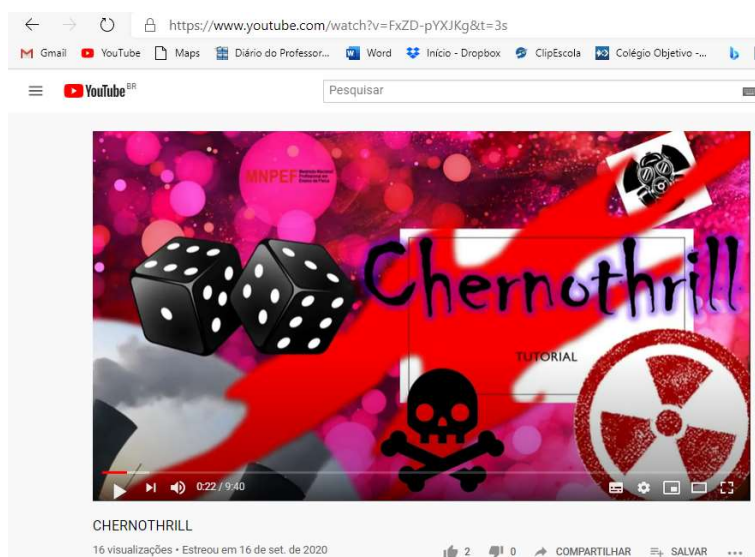
nucleares. Ao passarem pelas casas, os jogadores devem calcular a dose equivalente sofrida, resultado da exposição de 10 minutos ao elemento encontrado, podendo ou não absorver aquela radiação. O objetivo do jogo é chegar o mais rápido possível ao reator sofrendo a menor dose equivalente possível igualmente.

Previamente ao início do game, o professor deverá orientar os alunos a como utilizar o dado, como preencher o diário de bordo, como efetuar os cálculos, assim como orientar quanto ao tempo total do game que deve ser previamente estabelecido, e acerca das regras de uma forma geral. Caso o professor decida aplicar o game de forma remota, como sugestão ele poderá utilizar o aplicativo Open Board para o compartilhamento da tela com o tabuleiro, além do aplicativo online Gera Nicks -Dados virtuais. No site do produto existe um vídeo tutorial, conforme mostra a figura 11, explicando como preparar e aplicar o game Chernothrill remotamente, assim como os links para download dos aplicativos listados anteriormente. O vídeo pode ser acessado pelo link: https://www.youtube.com/watch?v=FxZD-pYXJKg&feature=emb_title.

Fig. 10 – Tela do site do produto onde são encontrados os links para: o vídeo tutorial para aplicação do game online, download do tabuleiro, página de download do aplicativo Open board, página do dado online e download do diário de bordo. Figura do autor



Fig. 11 – Tela inicial do vídeo tutorial de aplicação remota do game Chernothrill .Figura do autor



JOGANDO O GAME QUE COMECEM OS JOGOS.

Uma vez divididos os grupos, cada turma deverá escolher sua cor e sua peça correspondente, assim como ter em mãos o diário de bordo e uma calculadora. Todos os grupos devem se posicionar na casa inicial. A ordem de jogada deve ser feita também por meio de sorteio. O grupo que inicia o game deve jogar o dado e percorrer as casas correspondentes. A peça cairá em uma determinada casa que conterà um elemento radioativo. Se o número obtido no lançamento do dado for menor do que o número probabilístico, posicionado logo abaixo do elemento, significa então que aquele elemento não decaiu enquanto os jogadores estavam em contato com ele, e, portanto, nessa rodada esse grupo não sofre nenhuma dose.

Fig. 12 – Círculo vermelho mostrando o número probabilístico de cada elemento radioativo do tabuleiro.

	4				
	Fr223	Th227	Ra223	Rn219	F
	2	3	3	1	
	Th227	Fr223	Ac227	Pa231	
	3	2	4	4	
1	Ra223				
	3				

Mas se porventura o número obtido no lançamento do dado for maior do que o número probabilístico do elemento representado na casa do tabuleiro em questão, então nesse caso, o grupo deve calcular a dose equivalente sofrida na exposição de 10 minutos à radiação do referido elemento. Para simular a característica probabilística dos decaimentos, os elementos com tempo de meia vida mais altos possuem números probabilísticos mais altos, assim como os elementos com tempo de meia vida mais baixos possuem os números probabilísticos mais baixos sucessivamente.

CÁLCULO DAS DOSES SOFRIDAS

Os cálculos que os grupos devem fazer estão representados no tabuleiro como mostra a figura 13.

Fig. 13 – Cálculos do game Chernothrill impressos no tabuleiro do game

Po215	Pb-207	$PO-211 \rightarrow N = 2,8 \cdot 10^{19} \text{ nucleos}$
1	7	
Po223	U235	
2	6	1 – Cálculo do coeficiente $0,693$ $\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}(\text{em segundos})}$
↑	Th 231	2 – Cálculo da atividade $R = N \cdot \lambda$
↕	3	3- Decaimentos em 10 min $R \cdot 600s$
		4- Cálculo da dose absorvida $D_{TR} = R \cdot E_{\alpha,\beta} \cdot \bar{e} / 80$ $\bar{e} = 1,6 \cdot 10^{-19}$
		5- Cálculo da dose equivalente $H_T = D_{TR} \cdot W_R$
		Multiplica por mil para <u>mSv</u> .

O primeiro cálculo é o do coeficiente de desintegração radioativa (λ), onde os alunos devem encontrar o tempo de meia vida do elemento correspondente à casa do tabuleiro em que caíram no canto esquerdo do tabuleiro conforme mostra a figura 14, convertendo sua unidade para segundos, e aplicando-o à fórmula:

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

Fig. 14 – Tempo de meia vida dos elementos encontrados no tabuleiro. Figura do autor

<p>U-235 Urânio Z=92 $T_{1/2} = 7 \cdot 10^8 \text{ anos}$ $\alpha \rightarrow \text{alpha}$ $E_{\alpha} = 4,6 \text{ MeV}$</p>	<p>Th-231 Tório Z=90 $T_{1/2} = 25,5 \text{ h}$ $\beta^- \rightarrow \text{beta menos}$ $E_{\beta} = 0,4 \text{ MeV}$</p>	
<p>Ac-227 Actínio Z=89 $T_{1/2} = 21,7 \text{ a}$ $\alpha \rightarrow \text{alpha}$ $E_{\alpha} = 5 \text{ MeV}$</p>	<p>Pa-231 Protactínio Z=91 $T_{1/2} = 3,3 \cdot 10^4 \text{ a}$ $\alpha \rightarrow \text{alpha}$ $E_{\alpha} = 5,1 \text{ MeV}$</p>	
<p>Fr-223 Frâncio Z=87</p>	<p>Th-227 Tório Z=90</p>	

O segundo cálculo é o da atividade radioativa, que vamos considerar constante nos 10 minutos de exposição para não aumentar demasiadamente a complexidade dos cálculos, tornando o game pouco dinâmico. Os alunos devem buscar a quantidade de partículas encontradas na amostra na tabela encontrada no canto direito superior do tabuleiro conforme mostra a figura 15, multiplicando-o pelo valor do coeficiente previamente calculado, por meio da expressão:

$$R = N \cdot \lambda$$

Fig. 15 – Tabela com a quantidade de núclídeos de cada elemento encontrado no tabuleiro. Figura do autor

$Q_{\beta} = 1$

U-235	$\rightarrow N = 2,5 \cdot 10^{18}$ núcleos
Th-231	$\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Pa-231	$\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Ac-227	$\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Fr-223	$\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{15}$ núcleos
Th-227	$\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Ra-223	$\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{15}$ núcleos
Rn-219	$\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{15}$ núcleos
Po-211	$\rightarrow N = 2,8 \cdot 10^{15}$ núcleos

1 – Cálculo do coeficiente

No terceiro cálculo, o calor de atividade instantânea encontrado deve ser multiplicado por 600, representando os 10 minutos de exposição, equivalentes a 600 segundos.

No quarto cálculo, os alunos devem calcular a dose absorvida, multiplicando o último valor encontrado pela energia de decaimento do elemento, encontrada também no canto esquerdo do tabuleiro conforme mostra a figura 16, assim como pelo valor de carga fundamental do elétron ($1,6 \cdot 10^{-19} C$), para que a unidade de medida do valor final possa ser em joules por quilograma, finalmente dividindo por 80 kg, número esse que representa a massa média dos operários da usina. O valor final pode ser obtido pela expressão:

$$D_{TR} = \frac{N \cdot E_{\alpha,\beta} \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{80}$$

Fig. 16 – Valor de energia de decaimento de cada elemento do tabuleiro. Figura do autor

Po211 1	↕	U235 6	Th 231 3	Pa 231 4
Rn219 3	Fr223 3	Th227 3	Ra223 3	Rn221 3
Ra223 3	Th227 3	Fr223 2	Ac227 4	Pa223 4

No quinto e último cálculo os alunos devem encontrar a dose equivalente multiplicando a dose absorvida pelo fator de ponderação (D_{TR}), encontrado no canto superior direito do tabuleiro conforme mostra a figura 17, onde temos o valor 1 para decaimentos beta, e o valor 20 para decaimentos alfa. Multiplicando o valor final por mil obtemos a dose equivalente em mili sivierts (mSv), utilizando a expressão:

$$H_T = W_R \cdot D_{TR} \cdot 1000 \text{ (mSv)}$$

Fig. 17 – Canto superior direito do tabuleiro onde estão os valores de fator de qualidade dos decaimentos alfa e beta. Figura do autor

Fator de Qualidade

$W_{R\alpha} = 20$

$W_{R\beta} = 1$

U-235 $\rightarrow N = 2,56 \cdot 10^{18}$ núcleos
 Th-231 $\rightarrow N = 2,60 \cdot 10^{15}$ núcleos
 Ra-223 $\rightarrow N = 2,60 \cdot 10^{15}$ núcleos

Os alunos devem apresentar o valor final de dose equivalente encontrados em cada rodada ao professor, esse por sua vez deve conferir o valor utilizando um gabarito que pode ser encontrado no apêndice A.6. Caso os alunos acertem o cálculo, a dose equivalente não é computada, porém, se os alunos errarem o valor final a dose equivalente é computada e entra para o cálculo de dose total.

Todos os cálculos devem ser registrados no diário de bordo, assim como os resultados finais de cada rodada, para que possa ser realizada a contagem final de dose equivalente de cada grupo conforme mostram as figuras 18 e 19.

Fig. 18 – Representação de uma rodada no diário de bordo dos grupos. Figura do autor

Jogada 1- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \text{ s}^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $R = N \cdot \lambda = \text{ .600} =$
Cálculo da dose equivalente: $H_t = \left(\frac{.10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot R}{80} \right) \cdot 1000 = \text{ mSv}$

Fig. 19 – Representação dos cálculos finais no diário de bordo dos grupos. Figura do autor.

Jogada 1	Jogada 2	Jogada 3	Jogada 4	Jogada 5	Jogada 6
mSv	mSv	mSv	mSv	mSv	mSv
Jogada 7	Jogada 8	Jogada 9	Jogada 10	Total	
mSv	mSv	mSv	mSv	mSv	

FIM DO GAME

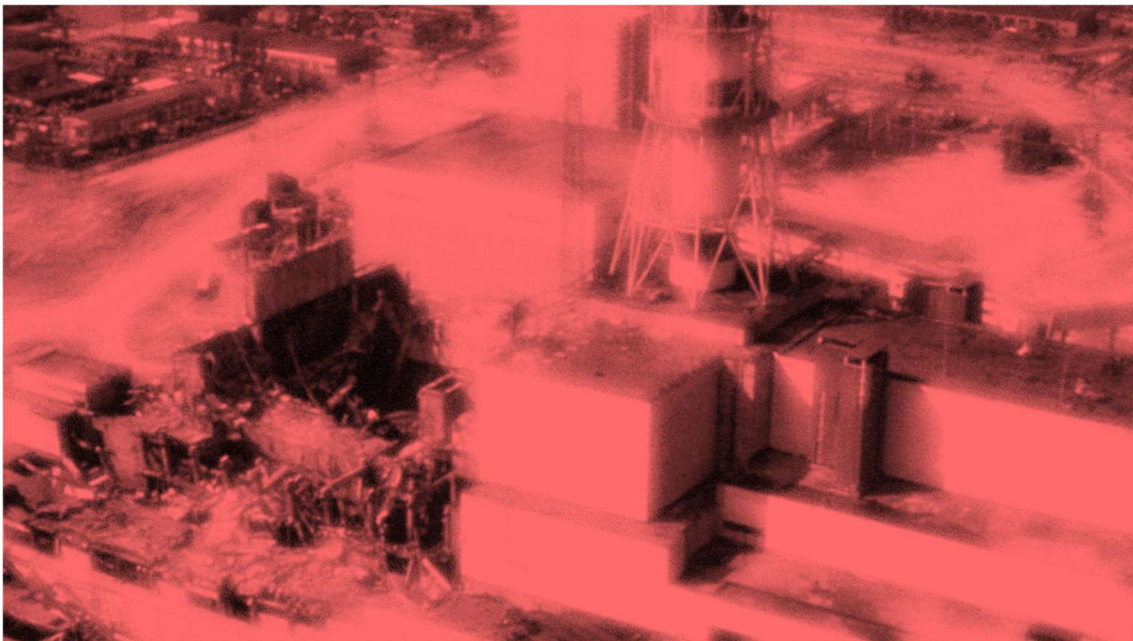
Ao término do tempo estipulado no início do game devem ser consideradas as seguintes condições:

1 – Caso algum grupo atinja o reator antes do término não tendo errado nenhum cálculo, esse é considerado vencedor e o jogo se encerra.

2 – Caso o tempo tenha efetivamente acabado e alguns grupos tenham chegado ao reator, porém, tendo errado alguns cálculos pelo caminho, ganha o que tiver sofrido menor dose

3 – Caso o tempo tenha efetivamente acabado e nenhum grupo tenha chegado ao reator, ganha aquele que tiver sofrido a menor dose.

4 – Caso o tempo tenha efetivamente acabado, nenhum grupo tenha chegado ao reator, e nenhum grupo tenha errado algum cálculo, ou seja, todos estão sem dose equivalente, nesse caso ganha o que estiver mais próximo ao reator.



**1. APÊNDICE A.1 – QUESTIONÁRIO DO GOOGLE FORMS.
AVALIAÇÃO REFERENTE A AULA 1 DA ATIVIDADE 2.**

1 - O que é um núcleon?

- a) Um núcleo atômico qualquer
- b) Um núcleo neutro de hidrogênio
- c) Um elemento constituinte do núcleo. Ex. um próton ou um nêutron
- d) A combinação de um próton e um nêutron

2 - O que é um nuclídeo?

- a) Um núcleo pequeno
- b) A combinação de núcleons
- c) Um núcleo de deutério
- d) Um átomo qualquer

3 - Porque a força elétrica de repulsão não expulsa os prótons dos núcleos atômicos?

- a) Porque a força nuclear forte é maior que a força elétrica, porém só atua na ordem dos fentômetros
- b) A força elétrica desaparece no núcleo
- c) Porque a força gravitacional anula a força elétrica no núcleo
- d) Porque os prótons são neutralizados pelos nêutrons

4 - Qual a ordem de grandeza dos núcleos atômicos?

- a) micrômetros
- b) milímetros
- c) picômetros
- d) fentômetros

5 - O que é uma carta de nuclídeos?

- a) Uma tabela periódica
- b) O modelo padrão de partículas
- c) Um gráfico Z x N
- d) Um gráfico de raios nucleares

6 - O que é um elemento radioativo?

- a) Um elemento estável
- b) Um átomo de Rádio
- c) Uma partícula alpha ou beta
- d) Um elemento instável que sofre desintegração nuclear

7 - Assinale a alternativa correta

- a) Os núcleos radioativos mais abundantes são os com excesso de nêutrons
- b) Os núcleos radioativos mais abundantes são os com excesso de prótons
- c) Todo núcleo é radioativo
- d) A radioatividade é a energia de vibração de um átomo

2. APÊNDICE A.2 - QUESTIONÁRIO DO GOOGLE FORMS. AVALIAÇÃO REFERENTE A AULA 2 DA ATIVIDADE 3.

1 - Porque alguns núcleos de determinados elementos transmutam-se em núcleos de outros elementos?

Resposta aceitável: Núcleos atômicos muito grandes com muitos nêutrons ou muitos prótons são energeticamente instáveis, e, portanto, precisam se livrar de parte dos seus núcleons.

2 - Como a física nuclear pode ajudar na datação de amostras antigas de rochas e tecidos orgânicos?

Resposta aceitável: Por meio de seus tempos de meia vida.

3 - Explique o que é o coeficiente de desintegração radioativa.

Resposta aceitável: É um número que demonstra a probabilidade matemática de um nuclídeo radioativo sofrer desintegração.

4 - Explique qual a origem da energia com que as partículas radioativas são ejetadas dos núcleos.

Resposta aceitável: Para alcançar a estabilidade energética do núcleo o elemento radioativo ejeta uma partícula constituída de núcleons de seu núcleo. A energia liberada se transforma em energia cinética transmitida à partícula ejetada.

5 - Quantas tomografias por ano uma pessoa que não seja um profissional de radiografia pode fazer?

Resposta aceitável: Não há um limite estabelecido. As doses equivalentes variam de 1,5 mSv a 6 mSv.

3. APÊNDICE A.3 – LISTA DE EXERCÍCIOS REFERENTE A AULA 3 DA ATIVIDADE 4.

1 – Uma amostra de Sr-110 perdeu 1/4 de suas partículas em um intervalo de tempo de 8,2 horas. Calcule seu coeficiente de desintegração radioativa em h^{-1} .

$$\lambda = 1,7 \cdot 10^{-1} \text{ h}^{-1}$$

2 – Em um intervalo de tempo de 15,5 segundos, 1 mol de Tc-108 se reduz à $3 \cdot 10^{23}$ partículas. Calcule seu coeficiente de desintegração nuclear.

$$\lambda = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$

3 – Uma amostra de Ra-222 tem uma quantidade de partículas iguais a $N = 4,5 \cdot 10^6$. Sabendo que seu tempo de meia vida é de 38 segundos calcule sua atividade radioativa.

$$R = 8,1 \cdot 10^4 \text{ Bq}$$

4- Uma amostra de Pu-245 decai a uma taxa igual a $R = 10^6 \text{ Bq}$. Sabendo que seu coeficiente de desintegração é igual a $\lambda = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, calcule a quantidade de partículas radioativas da amostra, e sua meia vida.

$$N = 5,5 \cdot 10^{10} \text{ partículas}, T_{1/2} = 10,7 \text{ horas (aprox.)}$$

5 – Um mol de Th-233, com coeficiente de desintegração igual a $\lambda = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, decai exponencialmente por 1 hora. Calcule a quantidade de partículas que decaem nesse intervalo de tempo.

$$\text{Resposta: Toda a amostra decai} \rightarrow N = 6 \cdot 10^{23} \text{ partículas}$$

6 – Em um intervalo de tempo qualquer, 10^9 partículas de radiação alpha com energia igual a 7,6 MeV decaem em uma amostra radioativa. Calcule a dose absorvida por uma pessoa adulta com massa de 80 kg, que por ventura estivesse perto da tal amostra no mesmo intervalo de tempo.

$$W_R = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Gy}$$


7 – Um tecido mole recebe uma dose absorvida de 10^3 Gy . Sabendo que se trata de decaimentos de partícula alpha calcule a dose absorvida em mSv.

$$H_T = 2 \cdot 10^7 \text{ mSv}$$




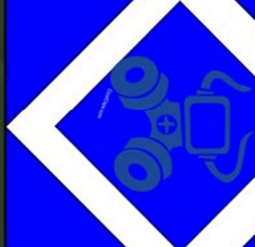
8 – Uma amostra de Am-232 sofre 10^6 decaimentos alfas. Sabendo que a energia de decaimentos alfas desse elemento é igual a 7,3 MeV, calcule a dose equivalente absorvida por um tecido de massa 5 kg.

$$H_T = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ mSv}$$

4. APÊNDICE A.4 – TABULEIRO DO GAME CHERNOTHRILL



<p>U-235 Urânio Z=92 $T_{1/2} = 7,10^8$ anos $\alpha \rightarrow$ alpha $E_\alpha = 4,6$ MeV</p>	<p>Th-231 Tório Z=90 $T_{1/2} = 25,5$ h $\beta \rightarrow$ beta menos $E_\beta = 0,4$ MeV</p>	<p>Ac-227 Actínio Z=89 $T_{1/2} = 21,7$ a $\alpha \rightarrow$ alpha $E_\alpha = 5$ MeV</p>	<p>Pa-231 Protactínio Z=91 $T_{1/2} = 3,3 \cdot 10^4$ a $\alpha \rightarrow$ alpha $E_\alpha = 5,1$ MeV</p>	<p>F-223 Frâncio Z=87 $T_{1/2} = 22$ min. $\beta \rightarrow$ beta menos $E_\beta = 1,1$ MeV</p>	<p>Th-227 Tório Z=90 $T_{1/2} = 19$ dias $\alpha \rightarrow$ alpha $E_\alpha = 6,1$ MeV</p>	<p>Rn-219 Radônio Z=86 $T_{1/2} = 3,96$ s $\alpha \rightarrow$ alpha $E_\alpha = 7$ MeV</p>	<p>Ra-223 Rádio Z=88 $T_{1/2} = 11,4$ dias $\alpha \rightarrow$ alpha $E_\alpha = 6$ MeV</p>	<p>Po-215 Polônio Z=84 $T_{1/2} = 1,8$ ms $\alpha \rightarrow$ alpha $E_\alpha = 7,5$ MeV</p>	<p>Pb-207 Chumbo Estável</p>
--	--	---	---	--	--	---	--	---	---

			
---	--	--	---

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>Po215</td><td>U235</td><td>Th231</td><td>Pa231</td><td>Ac227</td></tr> <tr><td>1</td><td>6</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>Rn219</td><td>Th227</td><td>Ra223</td><td>Rn219</td><td>Po215</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>Ra223</td><td>Ac227</td><td>Pa231</td><td>Th231</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td></td></tr> </table>	Po215	U235	Th231	Pa231	Ac227	1	6	3	4	4	Rn219	Th227	Ra223	Rn219	Po215	1	3	3	1	1	Ra223	Ac227	Pa231	Th231		3	2	4	3		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>U235</td><td>Po215</td><td>Ra223</td><td>Th227</td><td>Ac227</td></tr> <tr><td>6</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>Po215</td><td>Rn219</td><td>Po215</td><td>U235</td><td>Ac227</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr> <tr><td>Rn219</td><td>Ra223</td><td>Po215</td><td>Th231</td><td>Pa231</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	U235	Po215	Ra223	Th227	Ac227	6	1	3	3	2	Po215	Rn219	Po215	U235	Ac227	1	1	1	6	4	Rn219	Ra223	Po215	Th231	Pa231	1	3	1	3	4	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>Fr223</td><td>Th227</td><td>Ra223</td><td>Rn219</td><td>Po215</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>Po215</td><td>Ra223</td><td>Th227</td><td>Fr223</td><td>U235</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>Th227</td><td>Ac227</td><td>Pa231</td><td>Th231</td><td>U235</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>7</td><td>6</td></tr> </table>	Fr223	Th227	Ra223	Rn219	Po215	2	3	3	1	1	Po215	Ra223	Th227	Fr223	U235	1	3	3	3	7	Th227	Ac227	Pa231	Th231	U235	3	4	4	7	6	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>Th227</td><td>Fr223</td><td>Ac227</td><td>Pa231</td><td>Th231</td></tr> <tr><td>3</td><td>2</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> </table>	Th227	Fr223	Ac227	Pa231	Th231	3	2	4	4	3
Po215	U235	Th231	Pa231	Ac227																																																																																																			
1	6	3	4	4																																																																																																			
Rn219	Th227	Ra223	Rn219	Po215																																																																																																			
1	3	3	1	1																																																																																																			
Ra223	Ac227	Pa231	Th231																																																																																																				
3	2	4	3																																																																																																				
U235	Po215	Ra223	Th227	Ac227																																																																																																			
6	1	3	3	2																																																																																																			
Po215	Rn219	Po215	U235	Ac227																																																																																																			
1	1	1	6	4																																																																																																			
Rn219	Ra223	Po215	Th231	Pa231																																																																																																			
1	3	1	3	4																																																																																																			
Fr223	Th227	Ra223	Rn219	Po215																																																																																																			
2	3	3	1	1																																																																																																			
Po215	Ra223	Th227	Fr223	U235																																																																																																			
1	3	3	3	7																																																																																																			
Th227	Ac227	Pa231	Th231	U235																																																																																																			
3	4	4	7	6																																																																																																			
Th227	Fr223	Ac227	Pa231	Th231																																																																																																			
3	2	4	4	3																																																																																																			

Fator de Qualidade
 $Q_\alpha = 20$
 $Q_\beta = 1$

U-235 $\rightarrow N = 2,5 \cdot 10^{18}$ núcleos
Th-231 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Pa-231 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Ac-227 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Fr-223 $\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{15}$ núcleos
Th-227 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{15}$ núcleos
Ra-223 $\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{15}$ núcleos
Rn-219 $\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{15}$ núcleos
Po-215 $\rightarrow N = 2,8 \cdot 10^{15}$ núcleos

- 1 – Cálculo do coeficiente
 $\lambda = \frac{T_{1/2}}{2}$ (em segundos)
0,693
- 2 – Cálculo da atividade
 $A = N \cdot \lambda$
- 3- Decaimentos em 10 min
A. 600s
- 4- Cálculo da dose absorvida
 $D_A = A \cdot E_{\alpha,\beta} \cdot \hat{e} / 80$
 $\hat{e} = 1,6 \cdot 10^{-19} C$
- 5- Cálculo da dose equivalente
 $De = D_A \cdot Q_{\alpha,\beta}$

Multiplica por mil para mSv

27

5. APÊNDICE A.5 – DIÁRIO DE BORDO PARA OS JOGADORES DO GAME.

Nome (s):

Jogada 1- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{80} = \text{ s}^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \text{ . . . } .600 =$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\text{ . } .10^6 .1,6.10^{-19} .}{80} \right) . 1000 = \text{ mSv}$

Jogada 2- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{80} = \text{ s}^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \text{ . . . } .600 =$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\text{ . } .10^6 .1,6.10^{-19} .}{80} \right) . 1000 = \text{ mSv}$

Jogada 3- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{80} = \text{ s}^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \text{ . . . } .600 =$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\text{ . } .10^6 .1,6.10^{-19} .}{80} \right) . 1000 = \text{ mSv}$

Jogada 4 - ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{80} = \text{ s}^{-1}$

Cálculo da atividade radioativa: $A = \quad . \quad .600 =$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\quad .10^6 .1,6.10^{-19}. \quad}{80} \right) . 1000 = \quad mSv$

Jogada 5- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{\quad} = \quad s^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \quad . \quad .600 =$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\quad .10^6 .1,6.10^{-19}. \quad}{80} \right) . 1000 = \quad mSv$

Jogada 6- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{\quad} = \quad s^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \quad . \quad .600 =$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\quad .10^6 .1,6.10^{-19}. \quad}{80} \right) . 1000 = \quad mSv$

Jogada 7- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{\quad} = \quad s^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \quad . \quad .600 =$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\quad .10^6 .1,6.10^{-19}. \quad}{80} \right) . 1000 = \quad mSv$

Jogada 8- ELEMENTO RADIOATIVO: _____

Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \dots s^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \dots \cdot 600 = \dots$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\dots \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{80} \right) \cdot 1000 = \dots mSv$

Jogada 9 - ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \dots s^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \dots \cdot 600 = \dots$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\dots \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{80} \right) \cdot 1000 = \dots mSv$

Jogada 10- ELEMENTO RADIOATIVO: _____
Cálculo de coeficiente de desintegração: $\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \dots s^{-1}$
Cálculo da atividade radioativa: $A = \dots \cdot 600 = \dots$
Cálculo da dose equivalente: $D_{eq} = \left(\frac{\dots \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{80} \right) \cdot 1000 = \dots mSv$

Jogada 1	Jogada 2	Jogada 3	Jogada 4	Jogada 5	Jogada 6
mSv	mSv	mSv	mSv	mSv	mSv
Jogada 7	Jogada 8	Jogada 9	Jogada 10	Total	
mSv	mSv	mSv	mSv	mSv	

6. APÊNDICE A.6 – GABARITOS DE CÁLCULOS DO GAME CHERNOTHRILL.

Elemento	U-235		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	7.10^8 anos	Em segundos→	$2,2.10^{16}$
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{2,2.10^{16}} = 3,1.10^{-17} s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N. \lambda = 2,56.10^{15} . 3,1.10^{-17} = 7,9.10^{-2} Bq$ $A. 600 = 7,9.10^{-2}. 600 = 4,7.10^1 \text{ desintegrações}$			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} . E_{\alpha} . \bar{e}}{m} = \frac{4,7.10^1. 4,6.10^6. 1,6.10^{-19}}{8.10} = 4,3.10^{-13} Gy$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = D_{ab} . Q = 4,3.10^{-13}. 20 = 8,6.10^{-12} Sv$ $D_{eq}. 10^3 = 8,6.10^{-12}. 10^3 = 8,6.10^{-9} mSv$			

Elemento	Th-231		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	25,5 horas	Em segundos→	91800
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{91800} = 7,5 \cdot 10^{-6} s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N \cdot \lambda = 2,6 \cdot 10^{15} \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} = 1,95 \cdot 10^{10} Bq$ $1,95 \cdot 10^{10} \cdot 600 = 1,17 \cdot 10^{13} \text{ desintegrações}$			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} \cdot E_{\beta} \cdot \bar{e}}{m} = \frac{1,17 \cdot 10^{13} \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8 \cdot 10} = 9,3 \cdot 10^{-3} Gy$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = D_{ab} \cdot Q = 9,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 9,3 \cdot 10^{-3} Sv$ $D_{eq} \cdot 10^3 = 9,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 9,3 \text{ mSv}$			

Elemento	Pa-231		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	33000 <i>anos</i>	Em segundos→	1.10^{12}
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{1.10^{12}} = 6,9.10^{-13} s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N. \lambda = 2,6.10^{15} .6,9.10^{-1} = 1,8.10^3 Bq$ $A. 600 = 1,8.10^3. 600 = 1.10^6 \text{ desintegrações}$			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} . E_{\alpha} . \bar{e}}{m} = \frac{1.10^6. 5,1.10^6. 1,6.10^{-19}}{8.10} = 1.10^{-8} Gy$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = D_{ab} . Q = 1.10^{-8} . 20 = 2.10^{-7} Sv$ $D_{eq} . 10^3 = 2.10^{-7} . 10^3 = 2.10^{-4} mSv$			

Elemento	Ac-227		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	21,7 anos	Em segundos→	$6,8 \cdot 10^8$
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{6,8 \cdot 10^8} = 1 \cdot 10^{-9} s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N \cdot \lambda = 2,6 \cdot 10^{15} \cdot 1 \cdot 10^{-9} = 2,6 \cdot 10^6 Bq$ $A \cdot 600 = 2,6 \cdot 10^6 \cdot 600 = 1,56 \cdot 10^9 \text{ desintegrações}$			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} \cdot E_{\alpha} \cdot \bar{e}}{m} = \frac{1,56 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8 \cdot 10} = 1,56 \cdot 10^{-5} Gy$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = (D_{ab} \cdot Q) \cdot 10^3 = 1,56 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 10^3 = 3,1 \cdot 10^{-1} mSv$			

Elemento	Fr-223		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	22 minutos	Em segundos→	1320
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{1320} = 5 \cdot 10^{-4} s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N \cdot \lambda = 2,7 \cdot 10^{15} \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 1,3 \cdot 10^{12} Bq$ $A \cdot 600 = 1,3 \cdot 10^{12} \cdot 600 = 7,8 \cdot 10^{14} \text{ desintegrações}$			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} \cdot E_{\beta} \cdot \bar{e}}{m} = \frac{7,8 \cdot 10^{14} \cdot 1,1 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8 \cdot 10} = 1,7 Gy$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = (D_{ab} \cdot Q) \cdot 10^3 = 1,7 \cdot 1 \cdot 10^3 = 1700 mSv$			

Elemento	Th-227		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	19 dias	Em segundos→	$1,6 \cdot 10^6$
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{1,6 \cdot 10^6} = 4,3 \cdot 10^{-7} s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N \cdot \lambda = 2,6 \cdot 10^{15} \cdot 4,3 \cdot 10^{-7} = 1,1 \cdot 10^9 Bq$ $A \cdot 600 = 1,1 \cdot 10^9 \cdot 600 = 6,6 \cdot 10^{11} \text{ desintegrações}$			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} \cdot E_{\alpha} \cdot \bar{e}}{m} = \frac{6,6 \cdot 10^{11} \cdot 6,1 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8 \cdot 10} = 8 \cdot 10^{-3} Gy$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = (D_{ab} \cdot Q) \cdot 10^3 = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^3 = 160 mSv$			

Elemento	Ra-223		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	11,4 <i>dias</i>	Em segundos→	$9,8 \cdot 10^5$
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0,693}{9,8 \cdot 10^5} = 7 \cdot 10^{-7} s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N \cdot \lambda = 2,7 \cdot 10^{15} \cdot 7 \cdot 10^{-7} = 1,9 \cdot 10^9 \text{ Bq}$ $A \cdot 600 = 1,9 \cdot 10^9 \cdot 600 = 1,1 \cdot 10^{12} \text{ desintegrações}$			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} \cdot E_{\alpha} \cdot \bar{e}}{m} = \frac{1,1 \cdot 10^{12} \cdot 6 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8 \cdot 10} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Gy}$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = (D_{ab} \cdot Q) \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10^3 = 260 \text{ mSv}$			

Elemento	Rn-219		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	4 s	Em segundos→	4
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{4} = 0,17s^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N \cdot \lambda = 2,7 \cdot 10^{15} \cdot 0,17 = 4,6 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$ $A \cdot 600 = 4,6 \cdot 10^{14} \cdot 600 = 2,7 \cdot 10^{17} \text{ desintegrações}$ <p style="text-align: center; color: red;">Nesse caso decaiu a amostra toda, ou seja, $2,7 \cdot 10^{15}$</p>			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} \cdot E_{\alpha} \cdot \bar{e}}{m} = \frac{2,7 \cdot 10^{15} \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8 \cdot 10} = 37 \text{ Gy}$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = (D_{ab} \cdot Q) \cdot 10^3 = 37 \cdot 20 \cdot 10^3 = 7,4 \cdot 10^5 \text{ mSv}$			

Elemento	Po-215		
Meia Vida ($t_{1/2}$)	1,8 ms	Em segundos→	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Cálculo de coeficiente de desintegração (λ)			
$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{1,8 \cdot 10^{-3}} = 3,8 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$			
Cálculo da atividade radioativa – tempo de exposição igual à 10 minutos (600 s)			
$A = N \cdot \lambda = 2,8 \cdot 10^{15} \cdot 3,8 \cdot 10^2 = 1 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$ $A \cdot 600 = 1 \cdot 10^{18} \cdot 600 = 6 \cdot 10^{20} \text{ desintegrações}$ <p style="text-align: center; color: red;">Nesse caso decaiu a amostra toda, ou seja, $2,8 \cdot 10^{15}$</p>			
Cálculo da dose absorvida – Massa média dos operários da usina = 80 kg			
$D_{ab} = \frac{\text{Decaimentos} \cdot E_{\alpha} \cdot \bar{e}}{m} = \frac{2,8 \cdot 10^{15} \cdot 7,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{8 \cdot 10} = 42 \text{ Gy}$			
Cálculo da dose equivalente			
$D_{eq} = (D_{ab} \cdot Q) \cdot 10^3 = 42 \cdot 20 \cdot 10^3 = 8,4 \cdot 10^5 \text{ mSv}$			

ANEXOS

ANEXO A – LINKS DOS TEXTOS REFERENTE A ATIVIDADE 1

www.cnen.gov.br/radiofarmacos

<http://educacao.globo.com/artigo/maiores-acidentes-nucleares-da-historia.html>

<https://www.bbc.com/portuguese/geral-50422745>

<https://www.hipercultura.com/maiores-bombas-nucleares-da-historia/>

https://www.greenpeace.org/brasil/blog/a-energia-nuclear-pode-ser-pacifica/?utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=%5BSET%2F19%5D%20Sobre%20energia&utm_term=energia%20nuclear&utm_content=Sobre%20energia%20nuclear

<https://pt.energia-nuclear.net/aplicacoes/medicina-nuclear>

<https://www.blogs.unicamp.br/cienciaemsi/2016/06/15/alimentos-irradiados/>