

ORIENTAÇÕES DE ESTUDOS DE

FÍSICA **4**

2ª
SÉRIE



Ensino Médio

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO



/SeeducRJ



/seeducrj



/seeducrjio

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado de Educação

Comte Bittencourt
Secretário de Estado de Educação

Andrea Marinho de Souza Franco
Subsecretária de Gestão de Ensino

Elizângela Lima
Superintendente Pedagógica

Coordenadoria de Área de conhecimento
Maria Claudia Chantre

Assistentes

Carla Lopes
Catia Batista Raimundo
Fabiano Farias de Souza
Roberto Farias
Verônica Nunes

Texto e conteúdo

Prof. Geneci Alves de Sousa
CEJA Petrópolis
Prof. Leonardo Elydio da Silveira
C.E. Barão de Macaúbas
Prof. Rodrigo C.S. Benevides
C.E. Andre Maurois
Prof. Sandro Jerônimo dos Santos
C.E. Central do Brasil
Prof. Wellington Dutra dos Reis
C.E. Presidente Bernardes

Capa

Luciano Cunha

Revisão de texto

Prof^a Alexandra de Sant Anna Amancio Pereira

Prof^a Andreia Cristina Jacurú Belletti

Prof^a Andreza Amorim de Oliveira Pacheco.

Prof^a Cristiane Póvoa Lessa

Prof^a Deolinda da Paz Gadelha

Prof^a Elizabete Costa Malheiros

Prof^a Ester Nunes da Silva Dutra

Prof^a Isabel Cristina Alves de Castro Guidão

Prof José Luiz Barbosa

Prof^a Karla Menezes Lopes Niels

Prof^a Kassia Fernandes da Cunha

Prof^a Leila Regina Medeiros Bartolini Silva

Prof^a Lidice Magna Itapeassú Borges

Prof^a Luize de Menezes Fernandes

Prof Mário Matias de Andrade Júnior

Prof Paulo Roberto Ferrari Freitas

Prof^a Rosani Santos Rosa

Prof^a Saionara Teles De Menezes Alves

Prof Sammy Cardoso Dias

Prof Thiago Serpa Gomes da Rocha

Esse documento é uma curadoria de materiais que estão disponíveis na internet, somados à experiência autoral dos professores, sob a intenção de sistematizar conteúdos na forma de uma orientação de estudos.

© 2021 - Secretaria de Estado de Educação. Todos os direitos reservados.



Física – Orientação de Estudos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. Aula 1 – Interações e Dimensões em transformações nucleares	4
3. Aula 2 – Utilização da energia nuclear em indústrias, na medicina e outros	6
4. Aula 3 – Processo de Fissão e Fusão Nuclear	11
5. Aula 4 – Processo de radioatividade	14
6. Aula 5 – Atividades – Questões Propostas	21
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
8. RESUMO	26
9. INDICAÇÕES DE VÍDEOS	27
10. INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS	28

DISCIPLINA: Física

ORIENTAÇÕES DE ESTUDOS para Física
4º Bimestre de 2021 - 2ª série do Ensino Médio

Meta da Aula: Energia Nuclear processos de produção vantagens e Desvantagens.

Objetivos da Aula: Ao fim dessa aula você deve ser capaz de

- ✓ Conhecer a Natureza das Interações nucleares
- ✓ Identificar as energias envolvidas nas transformações nucleares e suas utilizações.
- ✓ Compreender que a energia nuclear pode ser obtida por fissão e fusão nuclear.
- ✓ Verificar as transformações nucleares que originam a radioatividade.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros resultados da divisão do átomo de metais pesados, como o urânio e o plutônio, foram obtidos em 1938. A princípio, a energia liberada pela fissão nuclear foi utilizada para objetivos militares. Posteriormente, as pesquisas avançaram e foram desenvolvidas com o intuito de produzir energia elétrica.

Atualmente os Estados Unidos lideram a produção de energia nuclear, porém os países mais dependentes da energia nuclear são França, Suécia, Finlândia e Bélgica. Na França, cerca de 80% de sua eletricidade é oriunda de centrais atômicas.

No fim da década de 1960, o governo brasileiro começou a desenvolver o Programa Nuclear Brasileiro, destinado a implantar no país a produção de energia atômica. O país possui a central nuclear Almirante Álvaro Alberto, constituída por três unidades (Angra 1, Angra 2, e Angra 3). Está instalada no município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro. Atualmente, apenas Angra 2 está em funcionamento.

Essa fonte energética é responsável por muita polêmica e desconfiança: a falta de segurança, a destinação do lixo atômico, além da possibilidade de acontecerem acidentes nas usinas, geram a reprovção da utilização da energia nuclear por grande parte da população. Alguns acidentes em usinas nucleares já aconteceram, entre eles estão:

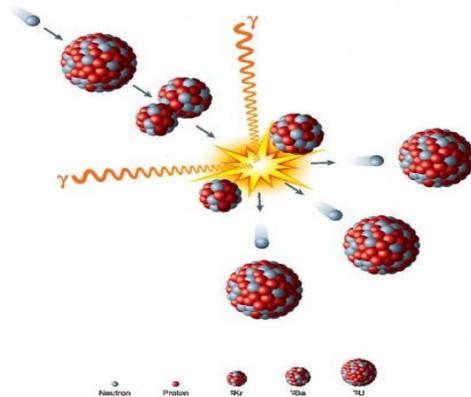
Three Miles Island – em 1979, na usina localizada na Pensilvânia (EUA), ocorreu a fusão do núcleo do reator e a liberação de elevados índices de radioatividade que atingiram regiões vizinhas.

Chernobyl – em 1986 ocorreram o incêndio e o vazamento de radiação na usina ucraniana, na extinta União Soviética, com milhares de feridos e mortos, podendo a contaminação radioativa ter causado 1 milhão de casos de câncer nos 20 anos seguintes.

2. Aula 1

Aula 1: Interações e Dimensões em transformações nucleares

A energia nuclear está na força que mantém os componentes dos átomos unidos (prótons, elétrons e nêutrons). Quando estes componentes são separados, há uma grande quantidade de energia liberada, que pode ser calculada pela equação de Einstein: $E = mc^2$, onde E é a energia liberada, m a massa total dos átomos participantes da reação, e c a velocidade da luz. Logo nota-se que a energia resultante é muito grande.



Reação nuclear por meio da fissão de um átomo de urânio.

Ilustração: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

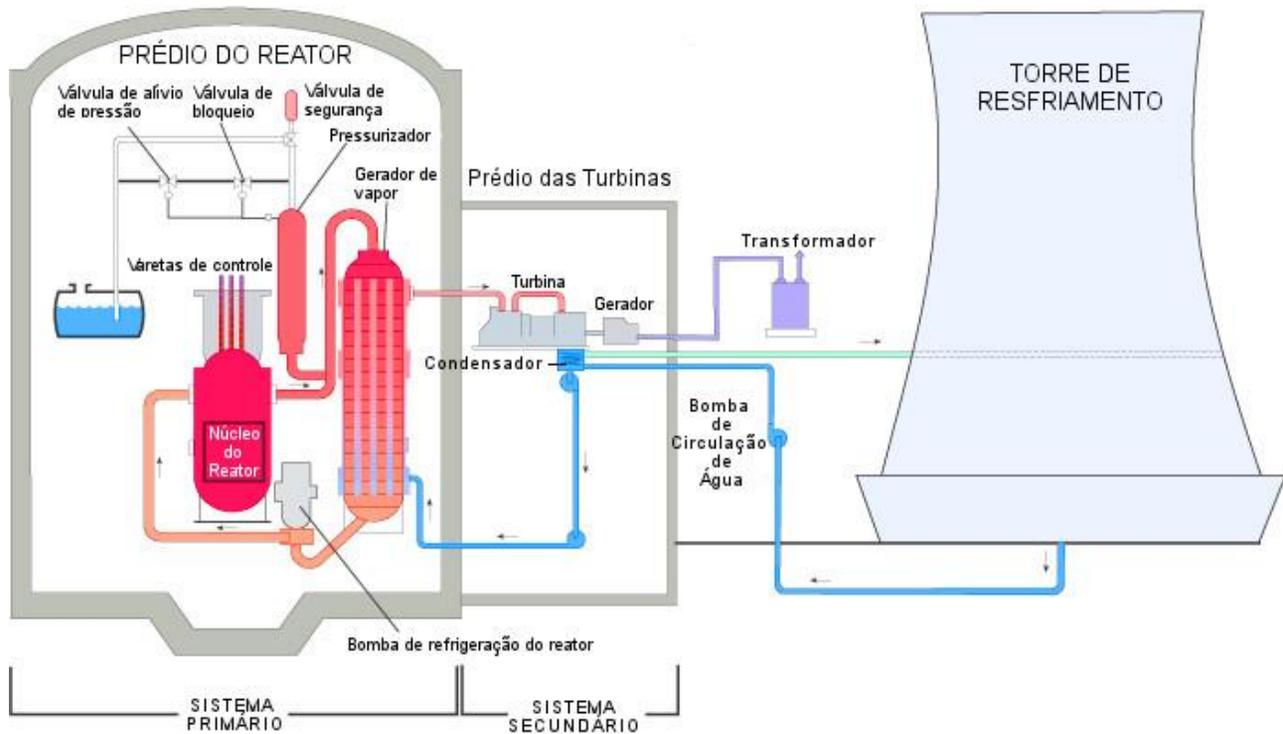
A Usina Nuclear

As usinas nucleares utilizam o princípio da fissão nuclear para gerar calor. Dentro do Reator Nuclear, centenas de varetas contendo material radioativo são fissionadas, liberando muito calor. Este calor irá aquecer a água (totalmente pura) que fica dentro do reator. Ela pode chegar a incríveis 1500°C a uma pressão de 157atm. Essa água quente irá seguir por tubos, até o vaporizador, depois volta ao reator, completando o circuito primário.

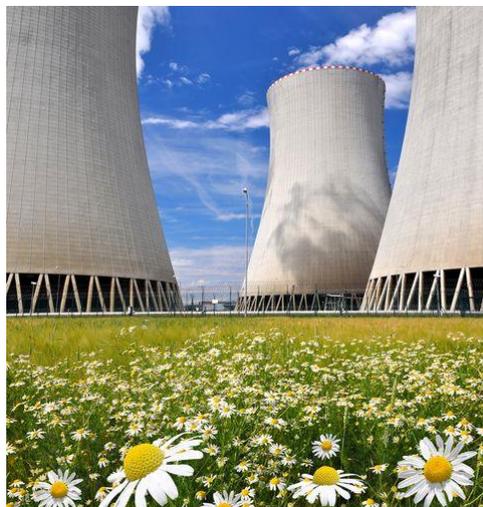
No vaporizador, uma outra quantidade de água será fervida, pelo calor de tubos onde passam a água extremamente quente do reator. O vapor gerado sairá por canos, até onde ficam localizadas as turbinas e o gerador elétrico. O vapor d'água pode girar as pás das turbinas a grandes velocidades, produzindo corrente elétrica. Depois que o vapor executar sua função, ele segue para o

condensador, onde vai virar água novamente e retornar ao vaporizador. Este é o chamado circuito secundário.

Para que o condensador transforme o vapor do circuito secundário em água, é necessário que ele seja abastecido de água fria. Essa água fria pode vir de rios e lagos próximos. Ao passar pelo condensador, esta água fica quente, necessitando ser resfriada nas torres de resfriamento (a maior parte de uma usina nuclear). Este é o circuito terciário (ou sistema de água de refrigeração).



Usina Nuclear é um tipo de termoelétrica. Ilustração: US NRC.gov [adaptado]



Caldeiras de resfriamento de uma Usina Nuclear. Foto: Vaclav Volrab / Shutterstock.com

3. Aula 2

Aula 2 : Utilização da energia nuclear em indústrias, na medicina e outros

Usos na indústria

A indústria é uma das maiores usuárias das técnicas nucleares no Brasil, respondendo por cerca de 30% das licenças para utilização de fontes radioativas.

Elas são empregadas principalmente para a melhoria da qualidade dos processos nos mais diversos setores industriais. As principais aplicações são na medição de espessuras e de vazões de líquidos, bem como no controle da qualidade de junções de peças metálicas.

As fontes mais utilizadas são o cobalto-60, o irídio-192, o céσιο-137 e o amerício-241. A facilidade de penetração da radiação em diversos materiais, bem como a variação de sua atenuação com a densidade do meio que atravessa, tornam seu uso conveniente em medidores de nível, espessura e umidade. Na indústria de papel, esses medidores são utilizados para garantir que todas as folhas tenham a mesma espessura (padrão de gramatura), para atender às exigências de qualidade do mercado mundial, enquanto, na indústria de bebidas, a radiação é usada para controle de enchimento de vasilhames.

Outro uso importante das radiações nucleares está na aplicação de traçadores radioativos. Nesse método, uma substância com material radioativo é injetada em um meio, e é feito um acompanhamento de seu comportamento nos processos que se deseja observar. Traçadores radioativos também têm sido cada vez mais utilizados para detectar problemas de vazamentos e mau funcionamento em grandes plantas da indústria química, permitindo economia de tempo e de dinheiro.

Na exploração de petróleo, fontes de nêutrons são utilizadas em processos para determinar o perfil do solo, enquanto outras podem auxiliar a distinguir, nesse processo, a quantidade de água, gás e óleo existentes no material extraído, facilitando e barateando o processo de exploração.

Cada vez mais utilizados, os irradiadores industriais são instalações com compartimentos onde o material a ser tratado é exposto à radiação que irá matar bactérias e microrganismos, podendo ser usado como um processo de esterilização. Existem no mundo hoje cerca de 160 irradiadores

industriais funcionando, sendo seis no Brasil. Essas instalações são utilizadas para irradiar e esterilizar materiais cirúrgicos, remédios, alimentos, materiais de valor histórico etc.

O cobalto-60 é o material mais utilizado como fonte de radiação. A exposição à radiação gama não contamina os materiais irradiados nem os transforma em materiais radioativos. Portanto, ao cessar o processo, não existe mais radiação nos materiais. Leva grande vantagem sobre substâncias químicas que são, às vezes, usadas para o mesmo fim e que deixam resíduos tóxicos. Também leva vantagem sobre a esterilização com calor – na qual os materiais são submetidos a altas temperaturas –, uma vez que a técnica permite a irradiação de materiais plásticos, como seringas e fios cirúrgicos, sem afetar sua integridade.

Nos alimentos para consumo humano, a radiação gama elimina microrganismos patogênicos, como a *Salmonella typhimurium*. A irradiação de frutas, além de suprimir infestações indesejadas, eleva a vida útil do produto e aumenta o tempo para seu consumo, ao contrário da desinfecção com calor, que acelera o processo de amadurecimento.

Outra aplicação na agroindústria é o uso da técnica de ‘macho estéril’ para o combate a pragas na lavoura. Nessa técnica, são produzidos machos esterilizados da praga a ser combatida e que depois são soltos na região infestada, diminuindo a população ao afetar sua capacidade de reprodução. Esse processo é usado por países como Estados Unidos, México, Guatemala e Argentina no combate à mosca-da-fruta (*Ceratitis capitata*).

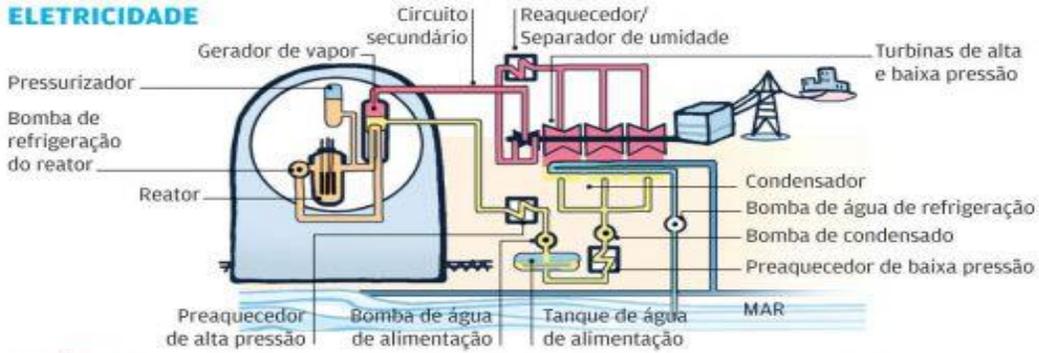
No Brasil, está em implantação um projeto semelhante no Nordeste, na região de produção de mangas e uvas, com patrocínio de prefeituras, governos estadual e federal, contando com auxílio da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

As várias aplicações da energia nuclear

Nosso cotidiano já está repleto de radiatividade que trazem benefícios. A tendência é que as técnicas aumentem o campo de exploração

Os SOS da energia nuclear

ELETRICIDADE



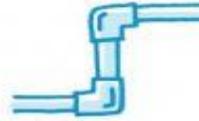
INDÚSTRIA



Irradia alimentos, como frutas e legumes, até dentro da embalagem. Geralmente é uma esteira por onde passam os alimentos e uma fonte emite radiação.



Esterilização de produtos farmacêuticos (seringas, luvas cirúrgicas, gaze).



Inspeção de tubulações: pode-se detectar defeitos ou rachaduras no corpo das tubulações.



Detectores de nível Medir a superfície de líquido, saber se está no nível correto. É usado, por exemplo, em empresas que têm engarrafamento, como de refrigerante e cervejas.

AGRICULTURA



Em plantas Traçadores radiativos podem acompanhar o metabolismo das plantas, verificando o que elas precisam para crescer.



Na água Colocando um composto radioativo em um curso de água, ele poderá identificar por onde o caminho segue.

NA SAÚDE

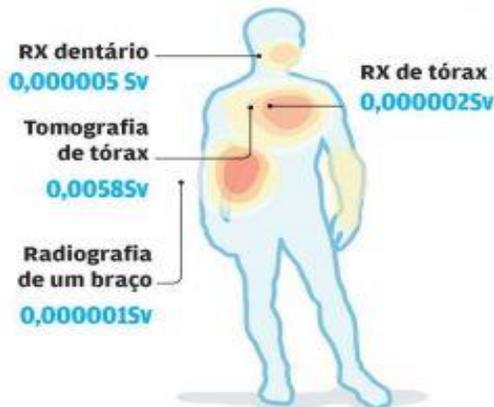


Usado em Raio X
Tomografias
Cintilografias
Radioterapia

FONTE: Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen)

QUANTO SEU CORPO SUPORTA DE RADIAÇÃO?

A unidade de dose de radiação absorvida chama-se sievert (Sv) e mede o efeito que uma dose de radiação terá nas células do corpo



Dose anual máxima permitida para trabalhadores que lidam com radiação
0,5 Sv

Menor dose anual com evidências de maior risco de câncer
0,1 Sv

FONTE: Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen)

Para haver risco de contaminação e ocorrência de doenças em uma pessoa, seria preciso

33,3 mamografias por ano	17,2 tomografias por ano	200 Rx odontológicos por ano
---------------------------------------	---------------------------------------	---

Fonte: O Povo

Você já imaginou comer uma fruta esterilizada por irradiação? Parou para pensar nos exames rotineiros do check-up, que também fazem uso de produtos radioativos? Dificilmente você acharia que a energia nuclear pode ser uma aliada no meio ambiente. Os elementos nucleares utilizados na área da indústria, agricultura e medicina são os radioisótopos, ou seja, isótopos (variantes dos elementos químicos), que emitem três tipos de radiação: partículas alfa e beta, e onda eletromagnética gama. Elas podem até atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que possibilita múltiplas aplicações.

Dependendo da energia que possuam, as radiações emitidas podem ser detectadas onde estiverem, através de aparelhos apropriados, denominados detectores de radiação. Dessa forma, o deslocamento de um radioisótopo pode ser acompanhado e seu percurso ou "caminho" ser "traçado" em um mapa local, que são os traçadores radioativos. "Ser radioativo não significa necessariamente que você tenha uma reação em cadeia (como acontece nos reatores nucleares). São processos que, em princípio, não estão ligados ao núcleo do átomo", explica o coordenador do curso de Física da UFC, Carlos Alberto Santos.

Medicina

Na medicina, a radiação pode ser usada na forma diagnóstica ou de tratamento. As radiografias (Raio X), mamografias e tomografias, por exemplo, utilizam material radioativo no equipamento. "São geradas ondas eletromagnéticas e cada onda tem uma velocidade, que é gerada pelo equipamento para fins específicos. Na tomografia, por exemplo, o paciente deita e a energia elétrica passa e joga raio no paciente. A máquina faz a imagem de como as estruturas do corpo absorvem mais aquela substância", explica o presidente da Sociedade Cearense de Radiologia, Pablo Picasso. Mas há ainda exames onde o material radioativo (chamado de radiofármaco) é ingerido pelo paciente. "Nesse caso, a gente faz a imagem com o que esse material emite de radiação para a máquina", destaca o especialista em Medicina Nuclear, Régis Nogueira. A diferença é que nesses tipos de exames (os mais comuns são as cintilografias óssea e do miocárdio) são estudadas as funções do corpo, quando na tomografia, por exemplo, o foco é a anatomia do corpo. O radiofármaco é dado por via oral ou venosa ao paciente, se distribui pelo corpo e a imagem é feita. Conforme Régis, a eliminação desse material se dá através da urina ou fezes. A energia gama é usada neste tipo de diagnóstico.

No tratamento de radioterapia, o princípio de utilização do radiofármaco é o mesmo da imagem, mas muda o radioisótopo. "As partículas têm mais poder de ionização. Na radioterapia,

procura-se minimizar a radiação, usando-a apenas na área onde precisa atuar”, explica o especialista. Para que os efeitos sejam centralizados, cada paciente passa por um planejamento radioterápico, que evita a emissão de radiação para outros órgãos. O tratamento é possível através de aceleradores lineares, equipamentos que fornecem energia a feixes de partículas e possibilitam a concentração de energia em pequeno volume e em posições controladas da forma que precisa.

Saiba mais

Meia vida é o tempo que uma fonte radioativa leva para se apagar, que pode variar entre segundos ou bilhões de anos.

Em 1987, dois jovens catadores de materiais recicláveis abriram um aparelho de radioterapia em um prédio público abandonado no centro de Goiânia. A intenção era vender o chumbo e o metal, mas eles ignoravam que dentro do equipamento havia uma cápsula contendo césio-137, um metal radioativo. Em um ferro velho, a cápsula foi aberta e o material azul intenso que surgiu contaminou quem ia ver o aparelho. A Cnen monitorou níveis de radioatividade em 112 mil pessoas.

Braquiterapia é um tipo de radioterapia que consiste na colocação de uma fonte de radiação dentro da área que necessita de tratamento.

Um terremoto de 8,9 pontos da escala Richter, em março de 2011, abalou a região de Tohoku, no Japão, e provocou um tsunami. Os fenômenos danificaram a estrutura da Central Nuclear de Fukushima I, na cidade de Okuma, e provocaram o derretimento de três reatores nucleares. Foi o maior desastre nuclear desde o acidente de Chernobil, em 1986, na Ucrânia, quando uma explosão e um incêndio lançaram grande quantidade de partículas radiativas na atmosfera, provocando a morte de 31 pessoas e outros efeitos, como câncer e deformidades.

Frases

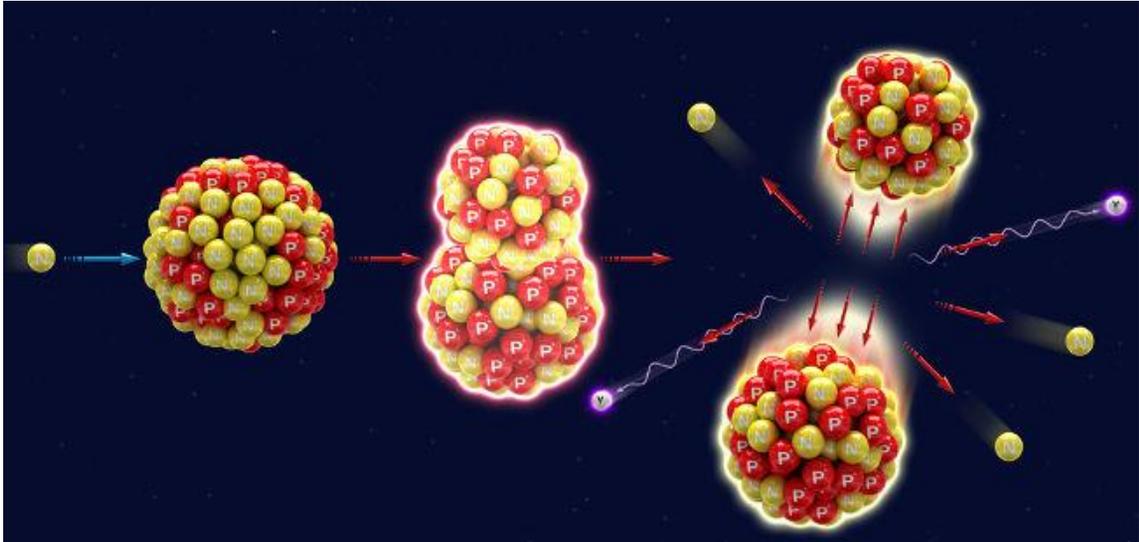
"Na tomografia, o paciente deita e a energia elétrica passa e joga raio no paciente. A máquina faz a imagem de como as estruturas do corpo absorvem mais aquela substância."

"Os alimentos passam em uma esteira que recebe radiação, isso mata as pragas, bactérias, fungos e micróbios, e aumentam a longevidade."

Visite: http://www.famema.br/site_ensino/projetos/comitepr/doc/Boletim_0007_2013.pdf

4. Aula 3

Aula 3 : Processo de Fissão e Fusão Nuclear



A fissão ocorre quando um núcleo instável desintegra-se em núcleos menores, produzindo uma reação em cadeia que libera muita energia.

Fissão nuclear

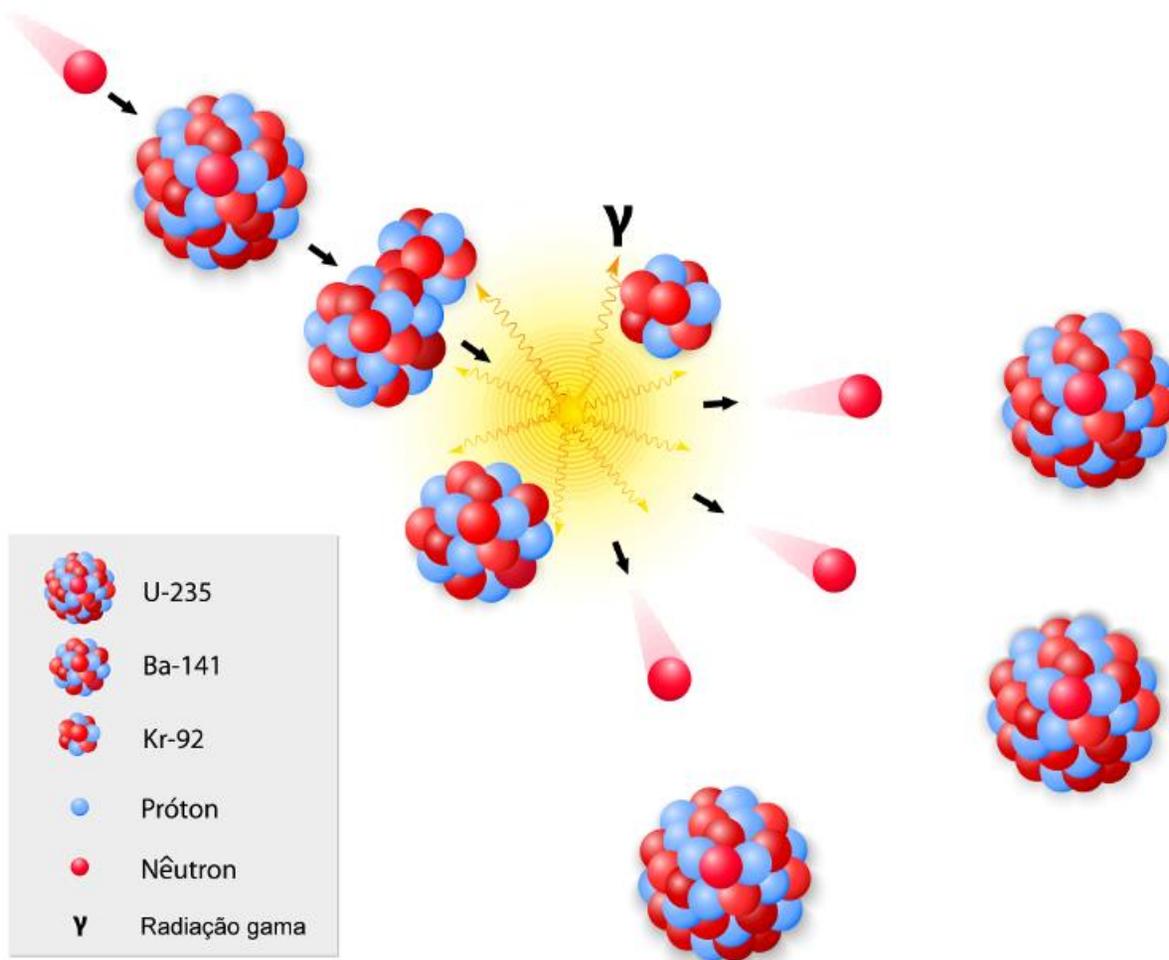
É um processo natural que consiste no decaimento de núcleos atômicos instáveis em núcleos atômicos menores por meio da captura de nêutrons lentos. Nesse processo, uma grande quantidade de energia é liberada em forma de radiação em virtude da diferença de massa entre o núcleo original e a soma das massas dos núcleos resultantes do decaimento radioativo.

Após a captura de um nêutron, elementos pesados, como o urânio, tornam-se instáveis e acabam dividindo-se em núcleos menores, emitindo outros nêutrons, o que forma uma reação em cadeia com grande liberação de calor e radiação.

Diferença entre fissão e fusão nuclear

A fissão nuclear ocorre quando um núcleo atômico se torna instável, ou físsil. Núcleos atômicos pesados, como o urânio-235, são naturalmente instáveis e tendem a desintegrar-se em núcleos menores e, conseqüentemente, mais estáveis. Um dos processos mais usados para tornar um núcleo atômico instável é a captura de nêutrons. Nesse processo, emitem-se nêutrons lentos (a baixa

velocidade dessas partículas aumenta a chance de sucesso de sua captura pelos núcleos atômicos) em direção aos núcleos dos átomos.



Na fissão nuclear do átomo de urânio-235, além dos núcleos mais leves, são emitidos nêutrons e raios gama.

Toda a energia proveniente desse tipo de reação surge em decorrência da pequena diferença de massa entre o núcleo original e os novos núcleos formados. Somando-se a massa desses últimos, encontramos menor massa que a massa do primeiro. A essa diferença damos o nome de defeito de massa. A quantidade de energia produzida na fissão nuclear pode ser calculada por meio da famosa relação de *Einstein* para a energia de repouso:

$$E = mc^2$$

Fusão Nuclear

É um processo no qual dois ou mais núcleos leves e estáveis unem-se pela ação de grandes pressões, velocidades ou temperaturas extremas. Essas condições são atingidas, por exemplo, no interior dos núcleos das estrelas ou durante reações nucleares artificiais, como nos casos das ogivas nucleares.

Aplicações da fissão nuclear

A vasta quantidade de energia liberada durante o processo de fissão nuclear pode ser usada para a geração de energia nas usinas nucleares. A maior parte dessa energia aquece a água, evaporando-a. Ao liberar o vapor de água do confinamento, é possível mover grandes geradores que operam segundo o princípio de indução eletromagnética, isto é, no interior desses geradores, é possível encontrar enormes magnetos giratórios, colocados no interior de bobinas condutoras (enrolamentos de fios metálicos). Esses geradores são capazes de gerar abundante quantidade de energia elétrica.

Outra aplicação bastante difundida da fissão nuclear é a na medicina. A medicina nuclear utiliza diversos radioisótopos (elementos com o mesmo número de prótons, mas instáveis) para a obtenção de imagens detalhadas de diversos órgãos.

Quem descobriu a fissão nuclear?

A fissão nuclear foi descoberta em 1938 pelos pesquisadores Otto Hahn, Lise Meitner e Fritz Strassman. Na ocasião, eles perceberam que o bombardeamento do urânio com nêutrons produzia átomos mais leves, como os átomos de bário e criptônio.

5. Aula 4

Aula 4: Processo de radioatividade

Radioatividade é um processo natural e espontâneo em que átomos instáveis emitem radiação por meio de decaimento, a fim de diminuir sua energia e tornarem-se mais estáveis



Radioatividade

É a propriedade que alguns átomos, como urânio e rádio, possuem de emitirem espontaneamente energia na forma de partículas e onda, tornando-se elementos químicos mais estáveis e mais leves.

Tipos

A radioatividade apresenta-se com duas formas diferentes de radiações: partícula — alfa (α) e beta (β); e onda eletromagnética — raios gama (γ).

- **Raios alfa:** são partículas positivas constituídas por dois prótons e dois nêutrons e com baixo poder penetração.
- **Raios beta:** são partículas negativas que não contêm massa constituídas por um elétron (massa desprezível), e seu poder de penetração é superior ao dos raios alfa, porém inferior ao dos raios gama.
- **Raios gama:** são ondas eletromagnéticas de alta energia e, por não serem partículas, também não possuem massa.

Aplicações

Apesar da visão negativa que depositam sobre a radioatividade, ela tem aplicações importantes no nosso cotidiano, por exemplo, na produção de energia elétrica em usinas nucleares por meio da fissão de átomos radioativos.

Atualmente, o Brasil não utiliza a energia nuclear como sua principal fonte de energia, mas possui usinas nucleares (Angra 1 e 2) trabalhando no fornecimento de energia elétrica para o país. Podemos citar também a datação de materiais encontrados por arqueólogos utilizando *carbono-14*.



Usina nuclear do Rio de Janeiro, Brasil

Outro papel fundamental que a radioatividade possui está relacionado com a área da medicina, como nos exames de raios-X e nas tomografias, e também em alguns tipos de tratamento de câncer.

Radioatividade natural

Diariamente, estamos expostos a pequenas quantidades de radiação, sejam artificiais, sejam naturais. A radioatividade natural dá-se de maneira espontânea na natureza. Parte dessa radiação que recebemos vem dos alimentos consumidos no dia a dia, como o Radônio-226 e o Potássio-40, que se apresentam em níveis muito baixos e não atribuem riscos a nossa saúde e nem prejudicam os valores nutricionais dos alimentos.

Esse processo de expor os alimentos a emissões radioativas tem o objetivo de conservar os alimentos e promover um crescimento das plantas. Alguns exemplos de alimentos que emitem radiação são: castanha-do-pará, banana, feijão, carne vermelha, entre outros.

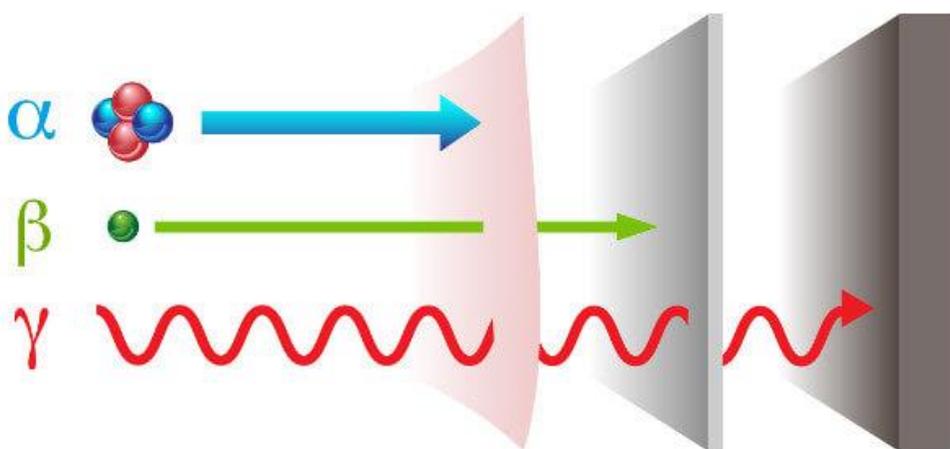
Descoberta

O estudo da radioatividade teve início com pesquisas do físico alemão Wilhelm Röntgen, em 1895, quando esse investigava o efeito da luminescência. Outro cientista importante para o desenvolvimento da radioatividade foi o físico francês Antoine-Henri Becquerel, que percebeu, em 1896, marcações feitas em um filme fotográfico por uma amostra de sal de urânio.

No entanto, foi o casal Curie que utilizou o termo radioatividade pela primeira vez. Em 1898, a polonesa Marie Curie deu seguimento aos estudos relativos à radioatividade e fez descobertas valiosas para a área, como a descoberta de dois novos elementos radioativos: o polônio (Po) e o rádio (Ra).

Posteriormente, Ernest Rutherford descobriu as radiações do tipo alfa (α) e beta (β), o que permitiu melhores explicações para seu modelo atômico, bem como o avanço das pesquisas relacionadas à radioatividade.

Visite: *Marie Curie: biografia, contribuições e legado*



Tipos de radiação e seus poderes de penetração.

Decaimento

O decaimento radioativo (ou transmutação) é o processo natural em que um núcleo instável emite radiação, de forma sucessiva, a fim de diminuir sua energia e tornar-se estável.

Isso ocorre normalmente com átomos de números atômicos maiores que 84, que são átomos com alta instabilidade nuclear devido à quantidade de carga positiva (prótons) acumulada no núcleo. Nesse processo, os nêutrons não são suficientes para estabilizar todos os prótons aglomerados no núcleo, e, então, o núcleo começa a sofrer o decaimento radioativo até que seu número atômico seja menor que 84.

Em alguns casos, pode acontecer que átomos com número atômico inferior a 84 tenham núcleos instáveis e também passem pelo processo de decaimento, mas, para isso, precisam ter um número de prótons bem superior ao número de nêutrons.

O decaimento radioativo é calculado pelo tempo de meia-vida (ou período de semi desintegração, P) do radioisótopo, que é o tempo necessário para que metade da massa da amostra inicial radioativa sofra desintegração, ou seja, torne-se estável. Graficamente falando, a seguir, está representado o conceito de meia-vida. Por se tratar de um processo contínuo, a curva tende a chegar a zero.

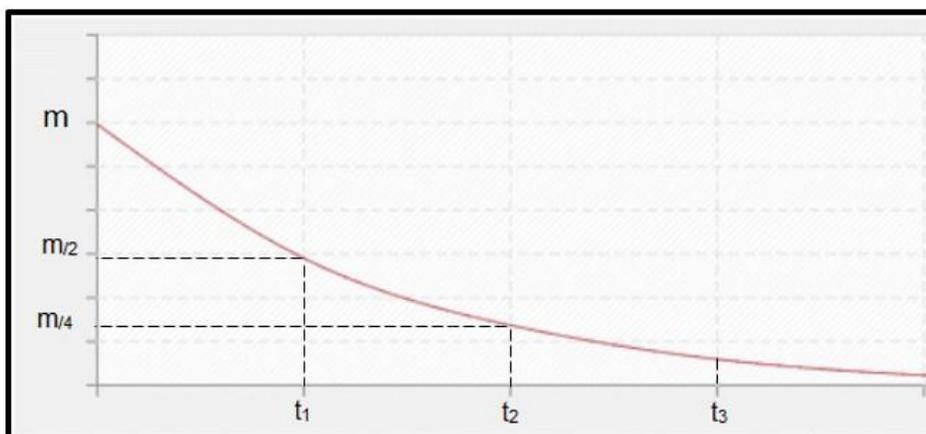


Gráfico representando o tempo de meia-vida.

Os cálculos envolvendo decaimento radioativo seguem as seguintes fórmulas:

- **Fórmula para cálculo da massa restante após o tempo de meia-vida:**

m_f – massa final

m_o – massa inicial

x – quantidade de meias-vidas decorridas

$$m_f = \frac{m_o}{2^x}$$

• **Fórmula para o cálculo do tempo de desintegração de uma amostra radioativa:**

t – tempo de desintegração

$$t = P \cdot x$$

P – período de meia-vida

x – quantidade de meias-vidas decorridas

Elementos radioativos

Existem dois tipos de elementos radioativos: os naturais e os artificiais. Os naturais possuem elementos encontrados na natureza, já com seus núcleos instáveis, como o urânio, o actínio e o rádio. Já os artificiais são produzidos por processos que desestabilizam o núcleo de um átomo. Nesse caso, podemos citar o astato e o frâncio.

Os principais elementos radioativos são: urânio-235, cobalto-60, estrôncio-90, rádio-224 e iodo-131. Devido a sua larga utilização em usinas nucleares e tratamentos de câncer, esses elementos tendem a aparecer com maior frequência no nosso cotidiano. Para saber mais sobre esse assunto, acesse: [Elementos radioativos](#).

5 acidentes radioativos recentes que chocaram o mundo e deixaram mortos

Diversos desastres radioativos já foram registrados na história da humanidade. O mais conhecido deles provavelmente é o [acidente nuclear de Chernobyl](#), que deixou milhares de mortos ao longo dos anos. Contudo, é interessante perceber que até mesmo [itens do nosso cotidiano](#) podem ser radioativos. Apesar disso, a radioatividade não é necessariamente algo ruim ou prejudicial, como alguns podem pensar.

Graças a esse fenômeno, que pode ser natural ou artificial, fomos capazes de alcançar diversos feitos. Até o simples fato de revelar uma foto alguns anos atrás só era possível por conta da radioatividade. Hoje, ionizar gases, produzir a fluorescência e criar imagens raio-X são tarefas possíveis graças à radiação.

Porém, os acidentes nucleares ainda são uma mancha que essa indústria vai carregar para o resto da História, principalmente se considerarmos alguns desastres recentes, que colocam ainda mais dúvidas e medos nas pessoas que não entendem completamente esse assunto. A seguir, você vai conhecer cinco acidentes nucleares modernos que chocaram o mundo e causaram a morte de civis.

1. Máquina Therac-25, 1985-1987

O Therac-25 é o nome de uma máquina de radiografia fabricada pela Atomic Energy of Canada (AECL) em 1985. Esse dispositivo "assassino" foi responsável pela morte de três pacientes entre 1985 e 1987. A causa da morte dessas pessoas foi o envenenamento por radiação.

O problema estava na quantidade de radiação emitida em seu funcionamento. Enquanto um paciente deveria receber cerca de 200 rads, a Therac-25 bombardeava as pessoas com o valor absurdo de 15 mil e 20 mil rads. Cinco dessas máquinas foram enviadas para os Estados Unidos, e seis delas permaneceram no Canadá.

2. Césio-137, Goiânia, 1987

Um dos casos mais recentes de desastre envolvendo a radiação no Brasil aconteceu em 1987, na cidade de Goiânia, em Goiás. Lá, dois catadores de lixo curiosos foram os responsáveis por desencadear um dos maiores acidentes envolvendo o isótopo Césio-137.

Ao vasculharem as antigas instalações do Instituto Goiano de Radioterapia – também conhecido como Santa Casa de Misericórdia –, os dois catadores de lixo encontraram um aparelho de radioterapia abandonado. Ambos tiveram a infeliz ideia de levar o dispositivo para casa, o que acabou resultando no envenenamento e na morte de centenas de pessoas. A situação só foi contornada porque a esposa de um dos catadores levou a cápsula de Césio-137 para a sede da Vigilância Sanitária, que identificou o elemento e conteve o problema.

3. Kramatorsk, Ucrânia, 1989

No ano de 1989, em Kramatorsk, na Ucrânia, duas famílias que moravam em um mesmo prédio sentiram na pele o perigo da radiação. Em uma delas, a mãe viu as suas duas crianças morrerem por conta de uma leucemia contraída de forma desconhecida. Na segunda família, o filho mais velho também morreu, enquanto outro ficou gravemente ferido.

O motivo das mortes só foi descoberto depois que essas duas famílias contrataram especialistas para analisar o ocorrido. Eles constataram que uma cápsula de Césio-137 estava

armazenada em uma parede de concreto existente entre os dois apartamentos. Esse elemento químico é utilizado em dispositivos de controle de processo radioisótopo.

4. Rio de Janeiro, 2011

Em outubro de 2011, uma menina de apenas 7 anos chamada Maria Eduarda estava em tratamento de leucemia no Hospital Venerável da Terceira Ordem de São Francisco da Penitência, no Rio de Janeiro. Ela havia sido diagnosticada com a doença em 2010 e já tinha completado um ciclo de quimioterapia quando os médicos indicaram o tratamento radioterápico.

Ao iniciar as sessões, seus pais ficaram preocupados com o repentino aparecimento de queimaduras na pele de Maria Eduarda. Os médicos disseram que a reação era normal, o que despreocupou os responsáveis pela menina. Porém, os ferimentos na cabeça de Maria Eduarda pioraram e logo ela começou a apresentar danos cerebrais, como dificuldade para andar e falar.

Foi aí que finalmente diagnosticaram a radiação cutânea na menina. Além das graves queimaduras, a radiação também afetou o seu cérebro, o que ocasionou danos irreversíveis no lobo frontal. Infelizmente, Maria Eduarda não resistiu e faleceu em junho de 2012.

5. Tepojaco, México, 2013

O último desastre nuclear da lista envolve o roubo e acidente com um caminhão que transportava uma carga de cobalto-60. Esse elemento era uma fonte de teleterapia radiativa proveniente de um hospital para um centro de armazenamento de resíduos radioativos. O veículo foi roubado em um posto de gasolina em Tepojaco, no México, em dezembro de 2013.

Quando foi localizado, cerca de 2,3 km de onde foi roubado, o caminhão havia sofrido um acidente, o que liberou a carga nuclear que carregava. Preocupadas, as autoridades emitiram um alerta para que qualquer um que tivesse entrado em contato com o material procurasse ajuda, caso contrário morreriam. Os ladrões nunca foram encontrados e provavelmente faleceram por conta da radiação do cobalto-60.

Acidentes radioativos, veja mais em:

<https://youtu.be/qqushewRFqA>

<https://youtu.be/-EsxuxMkqd0>

acesso 27/01/2021

6. Aula 5

Aula 5: Atividade de Física

Questão 1

(Enem)

A bomba
reduz neutros e neutrinos,
e abana-se com o leque da reação em cadeia

ANDRADE, C. D. Poesia completa e prosa.
Rio de Janeiro: Aguilar, 1973 (fragmento).

Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Essa reação é dita “em cadeia” porque na

- a) fissão do ^{235}U ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
- b) fissão de ^{235}U ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo ^{238}U , enriquecendo-o em mais ^{235}U .
- c) fissão do ^{235}U ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.
- d) fusão do ^{235}U com ^{238}U ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
- e) fusão do ^{235}U com ^{238}U ocorre formação de outros elementos radioativos mais pesados, que desencadeiam novos processos de fusão.

Questão 2

Calcule a energia nuclear liberada numa reação em cadeia de um mol de átomos de urânio

(dado: $1 \text{ mol} = 6 \times 10^{23}$ átomos).

- a) $2,2 \times 10^{12} \text{ J}$
- b) $3,8 \times 10^{14} \text{ J}$
- c) $1,92 \times 10^{13} \text{ J}$
- d) $5,47 \times 10^{11} \text{ J}$
- e) $1,6 \times 10^{19} \text{ J}$

Questão 3

A energia lançada no espaço pelo Sol:

- a) provém das reações nucleares que ocorrem em seu interior por causa da alta pressão e da temperatura.
- b) ocorrem na superfície.
- c) ocorrem na fotosfera.
- d) ocorrem na cromosfera.
- e) não ocorrem no Sol.

Questão 4

(UFU-MG)

Leia com atenção o texto abaixo e responda a questão proposta.

Quando o físico francês Antoine Henri Becquerel descobriu, em 1896, que o urânio emitia espontaneamente uma radiação que ele denominou “raios urânicos”, seguiu-se uma grande revolução no conhecimento científico. Sua descoberta contribuiu para a hipótese de que o átomo não era o constituinte último da matéria e abriu caminho para a área da física nuclear. O próprio Becquerel identificou que os “raios urânicos” eram constituídos de três partes distintas. Mais tarde, essas partes foram denominadas radiação alfa (núcleo do átomo de hélio), radiação beta (elétrons altamente energéticos) e radiação gama (de natureza eletromagnética). Marie Curie e seu marido Pierre Curie verificaram esse mesmo fenômeno em dois novos elementos, rádio e polônio, por eles descobertos.

Podemos afirmar que o texto:

- a) trata da descoberta da radioatividade.
- b) trata da descoberta do efeito fotoelétrico.
- c) mostra a origem da radiação eletromagnética.
- d) apresenta a origem do conceito de átomo.

Questão 5

(PUC-Camp-SP) A bomba atômica, também chamada de bomba nuclear, tem como constituinte físsil átomos de urânio-235, ${}_{92}^{235}\text{U}$ emissores de partículas alfa $\left({}_{2}^{4}\alpha\right)$. Cada átomo de U-235, ao emitir uma partícula alfa, transforma-se em outro elemento, cujo número atômico é igual a

- a) 231.
- b) 233.
- c) 234.
- d) 88.
- e) 90.

Questão 6

(PUC-Camp-SP) O Iodo-125, variedade radioativa do Iodo com aplicações medicinais, tem meia-vida de 60 dias. Quantos gramas de Iodo-125 restarão após seis meses, com base em uma amostra contendo 2,00 g do radioisótopo?

- a) 1,50
- b) 0,75
- c) 0,66
- d) 0,25
- e) 0,10

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o bimestre foi possível conhecer a Física de partículas, identificando o universo atômico e subatômico, bem como as suas interações que produzem energia em grande escala, durante os fenômenos conhecidos como fissão nuclear e fusão nuclear.

Verificamos que existem muitos pontos positivos em sua utilização, seja como fonte energética, em máquinas de precisão, na medicina, porém também existem riscos que podem ser letais quando sua utilização não ocorre de maneira correta, como visto, em acidentes que vitimaram milhares de pessoas.

Dentre os pesquisadores podemos citar a família Currie como grandes colaboradores para descobertas de elementos radioativos.

8. RESUMO

A energia nuclear, também chamada atômica, é obtida a partir da fissão do núcleo do átomo de urânio enriquecido, liberando uma grande quantidade de energia. A energia nuclear mantém unidas as partículas do núcleo de um átomo. A divisão desse núcleo em duas partes provoca a liberação de grande quantidade de energia.

O lixo radioativo ou lixo nuclear é o resíduo das indústrias que utilizam material radioativo em seus processos que não possuem mais aplicação prática. Esse lixo é oriundo, principalmente, das usinas nucleares e de aplicações médicas.

A grande produção de lixo radioativo tem sido um problema ambiental para todo o mundo, devido às escassas e inadequadas condições de descarte e armazenamento.

Esses rejeitos estão associados à contaminação do solo, dos cursos de água e do ar, resultando na destruição do meio ambiente de forma gradual. Além disso, também causam riscos à saúde humana, como infecções, câncer e, em casos mais severos de contaminação, podem levar à morte.

9. Vídeos:

- Acidente Césio-137

<https://youtu.be/hP-8D-YqIDo>

- Usina Nuclear Angra

<https://youtu.be/ZsR-2zkEwCM>

10.INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- **Energia Nuclear:**

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "Energia Nuclear"; *Brasil Escola*. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-nuclear.htm>.

Acesso em 27 de janeiro de 2021.

- **Utilização da energia Nuclear:**

Disponível em:

<https://www.biodieselbr.com/energia/nuclear/energia-nuclear-industria>

https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=40&campo=4451

acesso: 27/01/2021

- **Fissão e Fusão Nuclear**

HELERBROCK, Rafael. "Fissão nuclear"; *Brasil Escola*. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/fissao-nuclear.htm>.

Acesso em 27 de janeiro de 2021.

- **Radioatividade.**

FERREIRA, Victor Ricardo. "Radioatividade"; *Brasil Escola*. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radioatividade.htm>.

Acesso em 27 de janeiro de 2021.

- **Acidentes Radioativos**

[https://www.tecmundo.com.br/quimica/96208-5-acidentes-radioativos-recentes-chocaram-](https://www.tecmundo.com.br/quimica/96208-5-acidentes-radioativos-recentes-chocaram-mundo-deixaram-)
[mundo-deixaram-](https://www.tecmundo.com.br/quimica/96208-5-acidentes-radioativos-recentes-chocaram-mundo-deixaram-)

[mortos.htm#:~:text=Diversos%20desastres%20radioativos%20j%C3%A1%20foram,mortos%20ao%20longo%20dos%20anos.&text=At%C3%A9%20o%20simples%20fato%20de,poss%C3%ADvel%20por%20conta%20da%20radioatividade.](https://www.tecmundo.com.br/quimica/96208-5-acidentes-radioativos-recentes-chocaram-mundo-deixaram-mortos.htm#:~:text=Diversos%20desastres%20radioativos%20j%C3%A1%20foram,mortos%20ao%20longo%20dos%20anos.&text=At%C3%A9%20o%20simples%20fato%20de,poss%C3%ADvel%20por%20conta%20da%20radioatividade.)

Acesso em 27/01/2021