

Faculdade de Educação

Universidade São Paulo



# Energia Nuclear uma solução, ou uma bomba?

Critérios

Escala 1 a 4

Organização geral e fluxo 4

Clareza e detalhamento das orientações 4

Qualidade das atividades 3

Diversidade das atividades 3

Apoio ao professor 4

Qualidade do texto 4

Estimativa temporal 3

total - 25 pt - 8,9

**Antonio Garcia, Danilo da  
Silva, Diego de Mattos.**

**Módulo de Ensino Inovador vinculado à  
disciplina Metodologia em Ensino de Física  
1.**

Curso de Licenciatura em Física

Prof. Orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola

JULHO DE 2015

## Sumário

I. Apresentação.....	3
II. Introdução.....	3
Objetivo.....	4
Publico alvo.....	4
Temática.....	4
Quadro Sintético.....	5
Diagrama 1.....	6
Diagrama 2.....	7
III. Aula 1.....	8
Tema e Objetivo.....	8
Metodologia.....	8
Momentos.....	10
<b>Atividade 0</b> .....	11
IV. Aula 2.....	11
Tema e Objetivo .....	11
Metodologia.....	11
Momentos.....	14
<b>Atividade 1</b> .....	14
V. Aula 3.....	15
Tema e Objetivo.....	15
Metodologia.....	15
Momentos.....	17
<b>Atividade 2</b> .....	16
VI. Aula 4.....	17
Tema e Objetivo.....	18
Metodologia.....	18
Momentos.....	19
<b>Atividade 3</b> .....	19
VII. Referencias Bibliográficas.....	20
VIII. Anexos.....	21
Roteiro Slides.....	21
Slides.....	25

## I. Apresentação

Com esse módulo espera-se apresentar ao estudante alguns conceitos sobre energia nuclear baseada no enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, de uma maneira mais atrativa. O módulo é propõe exposição e debates a respeito de temas como: de onde vem essa energia; como ela é produzida; quais são os benefícios e quais são as consequências de sua utilização.

## II. Introdução

Em particular nas últimas duas décadas, pode-se observar no Brasil uma forte tendência em favor da introdução de conteúdos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na escola básica, justificada em grande parte, mas não somente, pelos avanços tecnológicos proporcionados pelos conhecimentos desenvolvidos no âmbito desse vasto ramo da física. Tal tendência é corroborada por diversos trabalhos acadêmicos e por documentos oficiais que regem a educação no país, os quais também destacam essa necessidade.

O Guia de Livros Didáticos que dá suporte à última versão consolidada do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), ao estabelecer seus critérios visando à aprovação das obras de Física, destaca, entre outros elementos, ser essencial que a obra aborde, “sempre de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho.” Visando oferecer subsídios para essa aproximação, a História da Ciência apresenta-se como um campo do conhecimento provedor de critérios, estratégias e recursos voltados ao oferecimento de uma educação científica mais humana e culturalmente mais ampla, que não esteja apenas focada no trabalho dos aspectos teóricos, experimentais e tecnológicos dos conteúdos abordados.

As competências gerais dos PCN+ de Física para o ensino médio destacam a importância de o aluno “compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” ; soma-se a elas o fato de muitos pesquisadores das áreas de História, Filosofia e Ensino de Ciências; - ressaltarem a relevância de se desenvolver um trabalho consistente nesse sentido, ainda que não poucos sejam os obstáculos que se interpõem a tal tentativa de aproximação, principalmente no tocante à instância da formação dos futuros docentes.

É notável o progressivo distanciamento dos jovens com relação a temas como a energia nuclear, que via de regra, tem contato com o assunto majoritariamente a partir de veículos de comunicação não educacionais, como por exemplo, filmes de ficção científica. Nestas ocasiões é comum o assunto ser assimilado como algo

completamente distante da realidade ou com desenvolvem nestes jovens significados diferentes para certas entidades – como a energia de um modo geral – o que pode muitas vezes causar conflitos ao aluno no momento da aprendizagem de um determinado conceito.

### **Objetivo**

Ao final deste módulo é esperado que o aluno adquira noções a respeito das características da energia nuclear e conceitos gerais sobre como esta entidade vem sendo utilizada pelo ser humano, por meio de contextualização histórica e também conectividade do assunto com temas cotidianos.

### **Público-alvo**

Alunos do terceiro ano do ensino médio.

### **Temática**

Compreender reações nucleares se faz importante por ser um processo presente na vida dos alunos, como as reações de fusão que ocorrem instantaneamente no Sol - delas provém a energia utilizada pelos seres vivos. Diante disso, optou-se por produzir um módulo de ensino sobre uma das reações nucleares, a fissão, a fim de discutir suas aplicações e impactos sócio-políticos a partir do estudo de um caso particular: a bomba de Hiroshima e Nagasaki. Este assunto é pertinente para os alunos do Ensino Médio, uma vez que nesta etapa do processo de ensino aprendizagem espera-se desenvolver a autonomia e o posicionamento dos estudantes perante situações-problema.

## Quadro sintético

Atividade	Momentos	Duração	Unidade
Apresentação do Tema	Levantar questões e deixá-las em aberto para resolução durante o módulo: Onde vem essa energia? Como ela é produzida? Quais são os benefícios e quais são as consequências dessa energia?	20	minutos
1. Contextualização Histórica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilização bélica da energia nuclear: nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki</li> </ul>	10	minutos
2. Contextualização Histórica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilização bélica da energia nuclear: Projeto Manhattan</li> </ul>	10	minutos
3. Contextualização Histórica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilização energética: Vazamento de Chernobyl</li> </ul>	10	minutos
4. Contextualização Histórica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilização energética: Vazamento de Fukushima</li> </ul>	10	minutos
1. Conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partículas fundamentais: Próton, nêutron e elétron</li> </ul>	10	minutos
2. Conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elementos químicos: Urânio</li> </ul>	5	minutos
3. Conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fissão nuclear</li> </ul>	10	minutos
4. Conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vídeo: Reação em cadeia</li> </ul>	5	minutos
5. Conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reator nuclear</li> </ul>	5	minutos
6. Conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radiação</li> </ul>	10	minutos
1. Problematização	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porque a Radiação é perigosa?</li> </ul>	15	minutos
2. Problematização	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia nuclear vale a pena? Utilizar como referência a tabela de energias contida no modelo</li> </ul>	35	minutos
3. Problematização	<ul style="list-style-type: none"> <li>Questionário: Energia nuclear, solução ou problema?</li> </ul>	35	minutos
Revisão	Abordagem rápida sobre todos os conceitos aprendidos de maneira sucinta e objetiva	10	minutos
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>aulas</b>

Diagrama 1

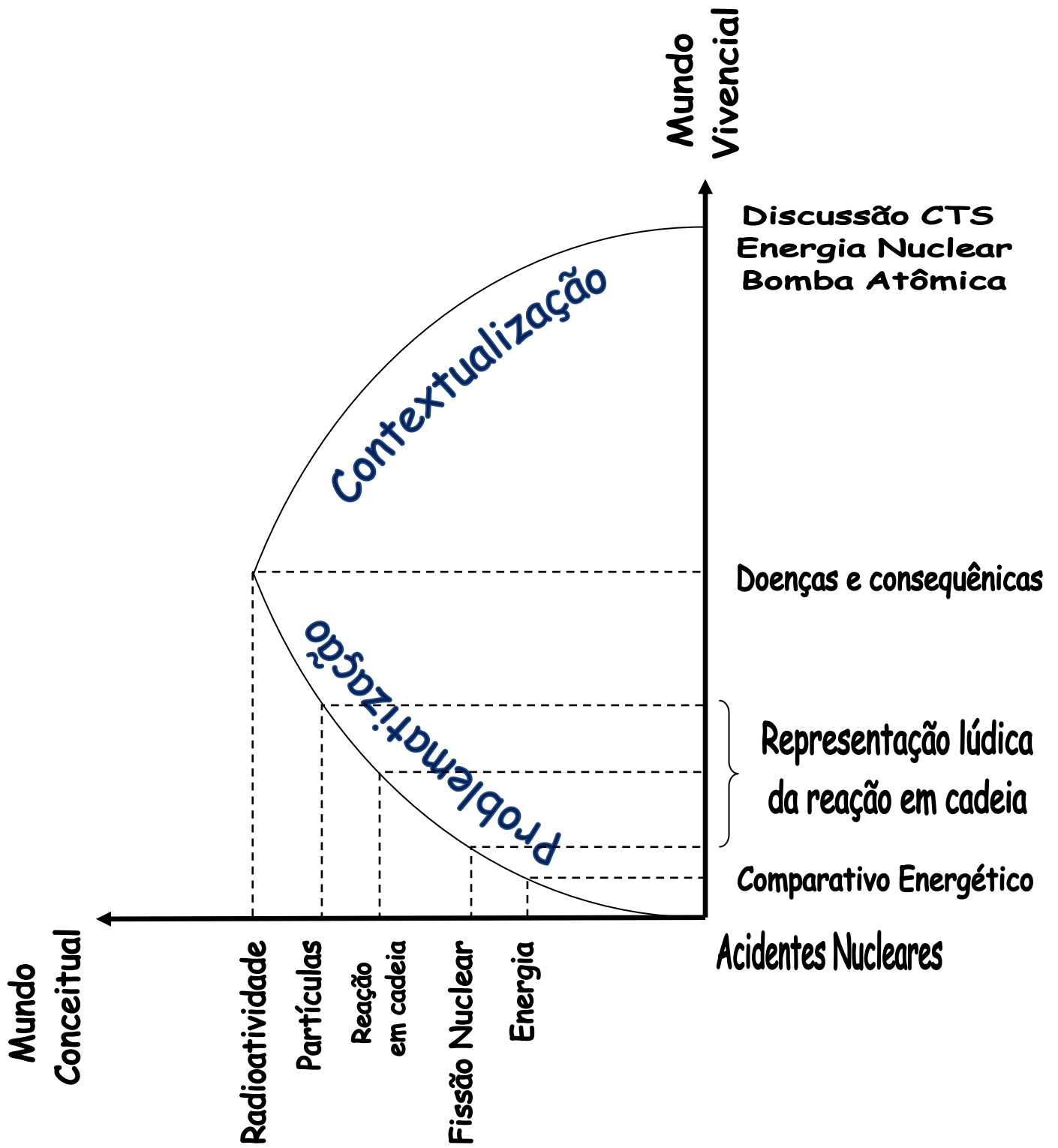
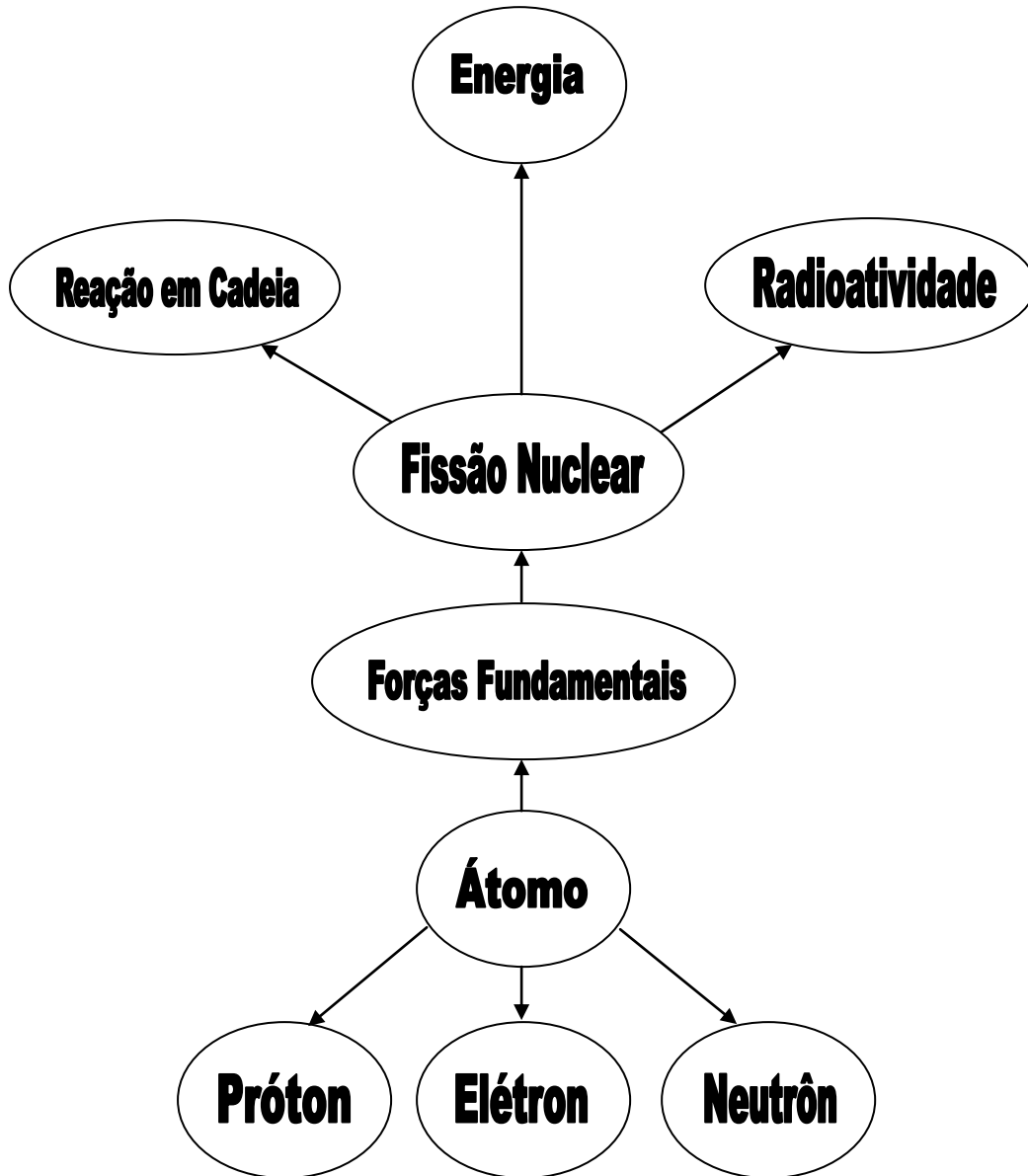


Diagrama 2



### III. Aula 1

#### Tema e objetivo

Esta atividade tem como objetivo a apresentação da questão central do curso: “onde vem essa energia? como ela é produzida? quais são os benefícios e quais são as consequências dessa energia?”. Para tal, será realizada uma problematização através de atividades experimentais que demonstram que, aparentemente, a energia some. Como o conhecimento prévio do aluno não será suficiente para responder de forma satisfatória a questão inicial. Esperamos criar neste um interesse por estudar o tema do módulo. Também a apresentação do histórico de má utilização deste tipo de energia e suas consequências. É esperado que esta etapa crie reações nos alunos que estimulem seu interesse sobre o tema a partir da grandiosidade dos acontecimentos já registrados no histórico da raça humana e que tiveram consequências que influenciaram todo o mundo, seja na ruptura da racionalização e conscientização dos atos, seja na reflexão sobre a capacidade do ser humano de desenvolver dispositivos que com o gerenciamento indevido pode causar milhares de mortes instantâneas e degeneração celular durante anos e anos nos indivíduos tiveram contato com o local atingido.

#### Metodologia

Faremos uso da problematização inicial que, como dito, tem como objetivo gerar o interesse a partir de questionamentos que criem situações que causem um primeiro impacto positivo nos alunos e os façam se interessar inicialmente pelo tema. Apresentação de fatos históricos que modificaram para sempre o rumo da raça humana de maneira sucinta, desenvolvendo gradativamente uma ordem cronológica de eventos por meio de uma sucessão de fatos. Nesta etapa será indispensável contextualizar o momento histórico de todas as potências mundiais e seus principais objetivos, para que os alunos possam racionalizar o investimento e decisões da época que ocasionaram os eventos de estudo. A seguir um exemplo de uma possível ordem cronológica:

A II Guerra Mundial foi um cenário de imensas atrocidades ordenadas por líderes militares e governamentais de ambos os lados em conflito. Além das dezenas de milhões de mortos, decorrentes dos combates e bombardeamentos, e dos mais de seis milhões de vítimas do holocausto perpetrado pelos nazistas, houve ainda a única utilização na história de bombas atômicas em guerras. O bombardeamento das cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki pode ser considerado o maior atentado terrorista da história da humanidade, já que o objetivo do governo e do exército dos Estados Unidos era aterrorizar a população japonesa e, assim, evitar uma invasão ao país para por fim à guerra. Apesar da vitória sobre os alemães em maio de 1945, a guerra no Pacífico ainda continuou por dois meses. Os estadunidenses haviam virado o conflito contra o Japão a seu favor, desde as batalhas do Mar de Coral e de Midway,



em 1942. Em fevereiro de 1945, os estadunidenses passaram a avançar sobre o território japonês, conquistando a ilha de Iwo Jima. A resistência japonesa se dava principalmente com a utilização dos kamikazes, pilotos que utilizavam de forma suicida seus aviões abarrotados de bombas contra os navios da marinha dos EUA. Paralelamente aos combates na II Guerra Mundial, os EUA estavam desenvolvendo em seu território o Projeto Manhattan, uma iniciativa de pesquisa para desenvolver um armamento baseado na fissão do átomo. Uma grande quantidade de engenheiros e cientistas que haviam fugido dos governos nazifascistas europeus participou desse projeto, junto a cientistas e engenheiros estadunidenses. Os militares dos EUA queriam se adiantar aos alemães na criação dessa bomba, que utilizaria a energia gerada a partir da fissão nuclear do urânio e do plutônio. O primeiro teste do Projeto Manhattan realizado com sucesso ocorreu no dia 16 de julho, no deserto de Alamogordo, no estado do Novo México, quando uma bomba de plutônio foi explodida. No mesmo mês, o Imperador japonês Hirohito recusou a rendição proposta pelos EUA. A decisão tomada pelo presidente dos Estados Unidos, Henry Truman, foi utilizar a bomba atômica para evitar a invasão ao Japão, o que causaria, segundo estimativas, a morte de um milhão de pessoas. Em 06 de agosto de 1945, um bombardeiro B-29, apelidado de Enola Gay, despejou uma bomba de urânio (ironicamente chamada de “little boy”) sobre a cidade de Hiroshima, que explodiu a 570 metros do solo. Formou-se uma imensa bola de fogo no céu com uma temperatura de 300 mil graus Celsius, gerando uma imensa nuvem de fumaça na forma de cogumelo, que alcançou mais de 18 km de altura. Estimativas indicam que mais de 140 mil pessoas tenham morrido. Três dias depois um novo alvo foi atingido. Sobre a cidade de Nagasaki, outro bombardeiro B-29, o Bockscar, despejou a “Fat Man”, uma bomba de plutônio mais forte que a que havia explodido sobre Hiroshima. A topografia de Nagasaki, localizada entre montanhas, impediu uma maior irradiação dos efeitos da bomba. Entretanto, mais de 40 mil pessoas morreram. Além das mortes em decorrência da ação direta das duas bombas, dezenas de milhares morreram posteriormente em decorrência da radiação. No dia 02 de setembro de 1945, o Imperador japonês assinou a rendição do país. No saldo de mortos realizado pelo presidente dos EUA, a utilização das bombas atômicas pode ter sido lucrativa. Mas o que ficava para a população japonesa, em particular, e a mundial, em geral, era o terror frente a esse novo instrumento militar.

No ano de 1986, os operadores da usina nuclear de Chernobyl, na Ucrânia, realizaram um experimento com o reator 4. A intenção inicial era observar o comportamento do reator nuclear quando utilizado com baixos níveis de energia. Contudo, para que o teste fosse possível, os responsáveis pela unidade teriam que quebrar o cumprimento de uma série de regras de segurança indispensáveis. Foi nesse momento que uma enorme tragédia nuclear se desenhou no Leste Europeu. Entre outros erros, os funcionários envolvidos no episódio interromperam a circulação do sistema hidráulico que controlava as temperaturas do reator. Com isso, mesmo

operando com uma capacidade inferior, o reator entrou em um processo de superaquecimento incapaz de ser revertido. Em poucos instantes a formação de uma imensa bola de fogo anunciava a explosão do reator rico em Césio-137, elemento químico de grande poder radioativo. Com o ocorrido, a usina de Chernobyl liberou uma quantidade letal de material radioativo que contaminou uma quilométrica região atmosférica. Em termos comparativos, o material radioativo disseminado naquela ocasião era assustadoramente quatrocentas vezes maior que o das bombas utilizadas no bombardeio às cidades de Hiroshima e Nagasaki, no fim da Segunda Guerra Mundial. Por fim, uma nuvem de material radioativo tomava conta da cidade ucraniana de Pripyat. Ao terem ciência do acontecido, autoridades soviéticas organizaram uma mega operação de limpeza composta por 600 mil trabalhadores. Nesse mesmo tempo, helicópteros eram enviados para o foco central das explosões com cargas de areia e chumbo que deveriam conter o furor das chamas. Além disso, foi necessário que aproximadamente 45.000 pessoas fossem prontamente retiradas do território diretamente afetado.

Será apresentado também o resultado das falhas de contenção e manipulação da energia nuclear, é desejável fomentar a ideia de que este assunto deve ser levado a sério, todos os possíveis mecanismos de contenção de falhas devem ser levados em consideração, desde os processos de segurança do trabalho, higienização, descarte de resíduos e até mesmo a localização que deverá ser escolhida de modo e diminuir o risco de eventos naturais que possam afetar a manipulação da energia.

No decorrer desta etapa, é esperado que haja espanto por parte dos alunos caso o desenvolvimento histórico leve em consideração o número de pessoas afetadas. Se possível tentar relacionar e sugerir filmes que contenham a reprodução ou citação destes eventos para que os alunos tenham contato visual com o tema, o que pode tornar ainda mais interessante um estudo posterior sobre o assunto por parte dos alunos.

### **Momentos**

Inicia-se a aula com uma breve apresentação sobre o módulo de ensino, apenas dando uma introdução pequena sobre o conceito geral a ser desenvolvido. Logo após aplica-se as questões proposta na atividade zero, para pode se obter um primeiro parâmetro de respostas dos alunos a cerca do conhecimento sobre a bomba atômica. Feito isso, deve se começar o contexto histórico tanto do ponto de vista da sociedade quanto do ponto de vista da história da física, o que aconteceu no início do século XX, quais foram os principais personagens envolvidos naquela revolução em que ciência se encontrava no começo do século, o que foi o projeto Mahattan e as consequências de seu desenvolvimento. Para finalizar mostram-se os fatos históricos em que o desenvolvimento da energia nuclear trouxe consequências negativas, os acidentes

nucleares. Essa, com as outras aulas desenvolvida nesse módulo, utilizará da ferramenta de apresentação de slides para auxiliar nas ilustrações dos eventos.

### **Atividade zero: Questões propostas**

- 1) O que é uma bomba atômica? Por que ela se diferencia de outras bombas?
- 2) Quais são os efeitos da Bomba atômica?

## **IV. Aula 2**

### **Tema e objetivo**

Precisaremos entender o conceito do átomo, o que é o átomo? Para ensinar esse módulo inovador de ensino, precisamos somente mostrar as três partículas fundamentais do átomo: o próton, o nêutron e o elétron. Basicamente o próton de carga positiva, o nêutron não tem carga e o elétron tem carga negativa. Destaque a para o slide onde diz que o nêutron e o próton são partículas compostas de outras sub partículas, e o elétron até então é uma partícula fundamental.

### **Metodologia**

A estrutura do átomo é dividida basicamente em duas regiões: o núcleo, que é formado pelos prótons e nêutrons, e a eletrosfera, formada por elétrons e um grande vazio.

Falaremos aqui do modelo atômico mais estudado no Ensino Médio e que serve para explicar a maioria dos fenômenos físicos e químicos pelos quais a matéria passa. Segundo esse modelo, a estrutura do átomo apresenta basicamente duas regiões distintas, que são:

\* **Núcleo:** É uma região maciça, compacta e densa que fica no centro do átomo. O núcleo atômico é divisível, pois é constituído de duas partículas diferentes:

- **Prótons:** são partículas carregadas positivamente com carga relativa igual a +1. Sua massa relativa também é de 1.

O número de prótons existente no núcleo é chamado de **número atômico (Z)** e é o responsável pela diferenciação de um elemento químico de outro, ou seja, cada elemento químico é formado por um conjunto de átomos que possui o mesmo número atômico ou a mesma quantidade de prótons.

- **Nêutrons:** como o próprio nome indica, essas são partículas neutras, isto é, não possuem carga elétrica. Assim, os nêutrons diminuem a força de repulsão entre os prótons no núcleo (tendo em vista que cargas de mesmo sinal repelem-se).

Essas partículas subatômicas possuem a massa relativa praticamente igual à dos prótons, isto é, 1. Mas, na realidade, a massa do nêutron é um pouco maior que a do próton. Isso é interessante porque, se fosse o contrário, isto é, se os prótons fossem ligeiramente mais pesados do que os nêutrons, todos os prótons seriam transformados em nêutrons. O resultado seria que, sem os prótons, os átomos não existiriam.

- O tamanho do núcleo depende da quantidade de nêutrons e prótons que ele possui. Entretanto, pode ser dito que, em média, o núcleo atômico tem o diâmetro em torno de  $10^{-14}$  m e  $10^{-15}$  m.
  - O próton e o nêutron são partículas 100 mil vezes menores do que o próprio átomo inteiro!
  - A massa do átomo é dada praticamente somente pelo número de prótons e nêutrons existentes no núcleo. Isso ocorre porque cada próton e cada nêutron são 1836 vezes maiores que um elétron. Por essa razão, a massa dos elétrons torna-se insignificante.
- \* Eletrosfera: É uma região periférica ao redor do átomo onde os elétrons ficam girando em volta do núcleo.**

- **Elétrons:** Estes foram as primeiras partículas subatômicas descobertas (no anos de 1897, por J. J. Thomson). São partículas carregadas negativamente, cuja carga relativa é de -1. Sua carga em coulomb é igual a  $9,110 \cdot 10^{-31}$  C.

Apesar de os elétrons serem negativos, o átomo no estado fundamental é neutro, pois ele possui a mesma quantidade de elétrons e de prótons. Isso significa que as cargas negativas dos elétrons anulam as cargas positivas dos prótons, assim, o átomo fica neutro.

Sabemos que existem apenas 4 forças, ou interações, fundamentais na natureza. São elas a **interação gravitacional**, a **interação eletromagnética**, a **interação forte** e a **interação fraca**. A tabela mostra detalhes sobre estas forças que serão logo explicados:

força (ou interação) fundamental	intensidade	teoria	mediador
forte	10	cromodinâmica quântica	gluon
eletromagnética	$10^{-2}$	eletrodinâmica	fóton
fraca	$10^{-13}$	flavordinâmica	$W^{\pm}$ e $Z^0$
gravitacional	$10^{-42}$	geometrodinâmica	graviton

Vamos explicar o conteúdo da tabela.

1. Intensidade:

Os valores acima atribuídos para as intensidade das forças não devem ser considerados de modo absoluto. Você verá valores bastante diferentes em vários livros, em particular no que diz respeito à força fraca. O cálculo desta intensidade depende da natureza da fonte e a que distância estamos fazendo a medição. O que importante notar é a razão entre elas: a força gravitacional é, de longe, a mais fraca entre todas, porém é a de maior alcance, sendo a responsável pela estabilidade dinâmica de todo o Universo.

2. Teoria:

Vemos na tabela que cada força está associada a uma teoria física. Vejamos alguns detalhes:

- **Força gravitacional:**

A teoria clássica da gravitação é a lei de Newton da Gravitação Universal. Sua generalização relativística é a teoria da Gravitação de Einstein, também chamada de Teoria da Relatividade Geral de Einstein. O melhor termo para ela seria **Geometrodinâmica**, uma vez que a relatividade geral geometriza a gravitação. Para descrever os estágios iniciais da formação do Universo precisamos de uma **teoria quântica da gravitação**, algo que os físicos ainda não possuem, apesar dos enormes esforços desenvolvidos para isto.
- **Eletrodinâmica:**

Esta é a teoria física que descreve os fenômenos elétricos e magnéticos, ou seja as forças eletromagnéticas. A formulação clássica da Eletrodinâmica foi feita por James Clerk Maxwell. A teoria clássica construída por Maxwell já era consistente com a teoria da relatividade especial de Einstein. O "casamento" desta teoria com a mecânica quântica, ou seja, a construção de uma "Eletrodinâmica Quântica", foi realizada por grandes nomes da física tais como Feynman, Tomonaga e Schwinger nos anos que compõem a década de 1940.
- **Fraca:**

As forças fracas são aquelas que explicam os processos de decaimento radiativo, tais como o decaimento beta nuclear, o decaimento do pion, do muon e de várias partículas "estranhas". É interessante notar que esta força não era conhecida pela física clássica e que sua formulação como teoria é estritamente quântica. A primeira teoria das interações fracas foi apresentada por Fermi em 1933. Mais tarde ela foi aperfeiçoada por Lee, Yang, Feynman, Gell-Mann e vários outros nos anos da década de 1950. Sua forma atual é devida a Glashow, Weinberg e Salam, que a propuseram nos anos da década de 1960. A nova teoria das interações fracas, que é chamada de flavordinâmica por causa de uma das propriedades intrínsecas das partículas elementares, é mais justamente conhecida como **Teoria de Glashow-Weinberg-Salam**. Nesta teoria, as interações fraca e eletromagnética são apresentadas como manifestações diferentes de uma única força, a **força eletrofraca**. Esta unificação entre a interação fraca e a interação eletromagnética reduz o número de forças existentes no Universo a apenas 3: **força gravitacional, força forte e força eletrofraca**.
- **Forte:**

As forças fortes são aquelas responsáveis pelos fenômenos que ocorrem a curta distância no interior do núcleo atômico. A estabilidade nuclear está associada à força forte. É ela que mantém o núcleo unido evitando que os prótons que os constituem, por possuírem a mesma carga elétrica, simplesmente sofram uma intensa repulsão e destruam o próprio átomo. Se a força forte não existisse a matéria que forma o Universo, tal como o conhecemos, também não existiria. Prótons e neutrons não conseguiriam se formar. Nós, seres humanos, não poderíamos existir. O trabalho pioneiro sobre as forças fortes foi realizado por Yukawa em 1934 mas até meados da década de 1970 não

havia, realmente, uma teoria capaz de explicar os fenômenos nuclear. Foi então que surgiu a cromodinâmica quântica.

3. Mediadores:

Após a física ter abandonado o conceito de "ação-a-distância", foi introduzido o conceito de "campo". Cada partícula criava à sua volta uma perturbação, seu "campo", que era sentido pelas outras partículas. A Teoria Quântica de Campos (TQC) introduziu o conceito de "mediadores". Segundo a TQC cada uma das forças que existem na natureza é mediada pela troca de uma partícula que é chamada de "mediador". Estes mediadores transmitem a força entre uma partícula e outra. Assim, a força gravitacional é mediada por uma partícula chamada graviton. A força eletromagnética é mediada pelo fóton, a força forte pelos gluons e as forças fracas pelas partículas  $W^{\pm}$  e  $Z^0$ , que são chamadas de **bósons vetoriais intermediários**. Isto complica ainda mais o estudo das interações entre as partículas. Veja que antes descrevíamos a interação entre dois prótons como sendo a interação entre duas partículas. Hoje, sabendo que os prótons são partículas compostas por 3 quarks, vemos que a interação entre dois prótons é, na verdade, uma interação entre 6 quarks que trocam gluons incessantemente durante todo o processo. Só para te avisar, existem 8 tipos de gluons. Como voce pode ver, aqui não existe simplicidade.

### Momentos

Nesta aula começamos a apresentar os primeiros conceitos teóricos para melhor poder entender o que é a fissão nuclear e o sua grande quantidade de energia.: o átomo e sua estrutura. Primeiramente apresentação as partículas fundamentais do átomo, o próton, o nêutron e elétron. Depois apresentamos as quatros forças fundamentais da natureza, gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e fraca. Apenas discutiremos qual é o seu principio e dimensionaremos uma em relação a outra, sem entrarmos em partículas subatômicas (quarks), o intuito é apenas mostrar que existe uma grande força nas interações entre as partículas do átomo.

### Atividade 1: Questões Propostas

- 1) Quais são as diferenças entre o próton, nêutron e o elétron?
- 2) O que acontece quando com duas cargas iguais estão próximas uma das outras?
- 3) Por que nos átomos os prótons do núcleo estão unidos?

### V. Aula 3

#### Tema e objetivo

Com o nascimento e desenvolvimento da física nuclear, campo em que se trabalharia com alterações no núcleo dos átomos, vieram as possibilidades de fissão e fusão nuclear. A fissão é a prática em que, através de um bombardeamento num núcleo, o mesmo se dividisse, liberando grande energia. Prova dessa grande quantidade de energia liberada na fissão nuclear foi a bomba atômica, usada na Segunda Guerra Mundial. Além do uso bélico comprovado, mais tarde se começou a usar a fissão nuclear como forma de produção de energia (a energia nuclear que temos hoje).

O objetivo da atividade é trazer aos alunos uma série de fundamentações básicas com relação aos assuntos que envolvem o módulo.

#### Metodologia

Para construir uma linha de pensamento concisa, o conteúdo é desenvolvido a partir da apresentação de partículas fundamentais, como o próton, nêutron e o elétron, que são utilizados para auxiliar na explicação da radiação emitida pelo Urânio - um dos principais elementos químicos utilizado nas usinas nucleares para a produção de energia, os átomos deste composto contêm 92 prótons, 92 elétrons e entre 135 e 148 [nêutrons](#) - e que conseqüentemente leva à discussão da radiação como um termo que significa propagação de energia de um ponto a outro no espaço ou em um meio material, com uma determinada velocidade, e a fissão nuclear que é uma reação que ocorre no núcleo de um átomo. Geralmente o núcleo pesado é atingido por um nêutron, que, após a colisão, libera uma imensa quantidade de energia. No processo de fissão de um átomo, a cada colisão são liberados novos nêutrons. Os novos nêutrons irão colidir com novos núcleos, provocando a fissão sucessiva de outros núcleos e estabelecendo, então, uma reação que denominamos reação em cadeia. Para ilustrar o conteúdo, é apresentado de uma forma lúdica um vídeo da Disney que apresenta o conceito de reação em cadeia, fundamental no processo em análise.

Após este vídeo serão abordados temas como o reator nuclear que é um dispositivo usado em usinas para controlar a reação de fissão nuclear. Essa reação ocorre de forma descontrolada, por exemplo, na explosão de bombas atômicas; mas os reatores possuem mecanismos que impedem isso, fazendo com que a reação seja controlada e reaproveitada para gerar energia elétrica. Isso é conseguido porque o reator é montado de uma forma que intercala barras do combustível físsil – que normalmente é o urânio enriquecido (urânio com grande quantidade de urânio 235) ou o plutônio 239 –; com barras de moderador de nêutrons. Esses moderadores podem ser barras de carbono na forma de grafite, de cádmio, ou água pesada (D2O), que é usada nos reatores mais modernos. A água pesada ou água deuterada é diferente da água normal porque, em sua constituição, no lugar de átomos de

hidrogênio comuns, ela possui átomos do deutério, que é um isótopo mais pesado que o hidrogênio. Partes dos nêutrons liberados na fissão nuclear colidem com os núcleos dos moderadores, que absorvem os nêutrons sem sofrer fissão. O resultado é que a reação de fissão em cadeia fica controlada, pois somente um dos nêutrons liberados em cada fissão pode reagir novamente. A energia gerada em forma de calor faz com que a temperatura da água se eleve no interior do reator, a ponto de ela ser transformada em vapor. Esse vapor aciona uma turbina, que gera a energia elétrica. Depois de deixar a turbina, o vapor passa por um trocador de calor, que funciona como um condensador, onde o vapor é resfriado por uma fonte externa natural localizada próxima à usina (normalmente trata-se da água de um rio, lago ou mar) e volta na forma líquida ao circuito principal, iniciando novamente todo o processo. É por isso que as usinas nucleares costumam se encontrar em regiões próximas ao mar.

Em física, radiação é a emissão de energia por meio de ondas. Determinados elementos químicos, por possuírem núcleos instáveis (quando não há equilíbrio entre as partículas que o formam), liberam raios do tipo gama, capazes de penetrar profundamente na matéria. É o caso dos combustíveis utilizados nas usinas nucleares, como o urânio e o plutônio. Quando exposto a esse tipo de radiação, o corpo humano é afetado, sofrendo alterações até mesmo no DNA das células. "A radiação tem a capacidade de alterar a característica físico-química das células. As mais afetadas são as células com alta taxa de proliferação, como as reprodutivas e as da medula, que são mais radiosensíveis", explica Giuseppe d'Ippólito, professor do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal Paulista (Unifesp). Os efeitos da radiação são classificados como agudos ou crônicos. Os crônicos se manifestam ao longo de anos após uma exposição não direta mas significativa de radiação. Já os agudos são imediatos. Ocorrem naqueles indivíduos que tiveram contato com material radioativo ou que se expuseram a grande quantidade de radioatividade. Segundo Gilson Delgado, oncologista e professor da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), os efeitos agudos variam de queimaduras nas mucosas até alterações na produção do sangue, com rompimento das plaquetas (células que atuam na coagulação do sangue) e queda na resistência imunológica. "Esses efeitos são pouco comuns em acidentes em usinas, pois só ocorrem quando há uma exposição intensa e próxima", explica. No entanto, em eventos como o ocorrido no Japão, a radiação pode contaminar o ambiente por meio do vazamento de componentes radioativos. O risco passa a ser a entrada de material contaminado na cadeia alimentar humana, por meio do consumo da água, de vegetais ou de carne de animais mantidos com alimentação contaminada. "Com essa exposição frequente aparecem problemas crônicos como câncer de pulmão, de pele ou de sangue (leucemia), problemas na tireóide e esterilidade", conta Delgado. Pesquisadores apontam que as alterações no DNA das células podem se estender por gerações. Pesquisas recentes com netos de sobreviventes do ataque nuclear a Hiroshima (Japão), durante a Segunda Guerra Mundial, apontaram alta taxa de infertilidade. A explicação estaria no fato de que as



células reprodutoras são muito sensíveis e especialmente afetadas pela radiação. Incidentes nucleares são recentes na história. Por isso, ainda não é possível conhecer todos os efeitos que a radiação pode causar a longo prazo, nas próximas gerações. "Hoje, sabemos que, para quem é afetado, não existe tratamento possível. A radiação pode até sair do corpo, mas o efeito biológico não", afirma Delgado.

### **Momentos**

Essa aula é a aula fundamental do módulo de ensino, nela será apresentada a fissão nuclear, a reação em cadeia e a radiação. Sem dar um enfoque muito grande do ponto de vista da química. Após apresentado ao átomo e as forças fundamentais, avançamos para como funciona um reator nuclear. Primeiramente será mostrado o urânio, e quais das suas características são fundamentais para que ele seja o elemento químico ideal para a realização da fissão nuclear. Logo após será apresentado a fissão nuclear, como que ela ocorre, e a reação em cadeia, através de figuras e um vídeo que auxiliará na visão do aluno sobre o que é uma reação em cadeia. Então para finalizar a aula seguimos para a Radiação. Será apresentado o espectro eletromagnético dando apenas o enfoque para o comprimento de onda em que é liberada a energia numa fissão nuclear, os raios gama. Então a partir desse dado calcularemos a energia da radiação gama e compararemos com uma radiação bastante conhecida dos alunos, a radiação proeminente do sol, a radiação UV.

### **Atividade 2: Questões Propostas**

- 1) Como funciona um reator nuclear?
- 2) Porque a Radiação é perigosa?

Vimos que a fissão Nuclear libera Radiação gama, que tem comprimento de onda na ordem de grandeza de  $10^{-15}$  m. Vamos calcular o quanto de energia isso equivale e comparar com a forma mais comum de radiação que conhecemos a radiação solar UV que é da ordem de  $3 \times 10^{-19}$  J.

## VI. Aula 4

### Tema e objetivo

Abrir discussão a respeito da viabilidade da energia nuclear devido ser um tema que vem passando por diversos problemas e reafirmações, a energia nuclear parece sempre viver um período de grande polêmica, após outro de relativa calma. O primeiro fim a que essa forma de energia foi dedicada foi a bomba nuclear. Nesse processo, claro, a fissão nuclear não é controlada e gera grande destruição. Posteriormente, já dominando formas de controlar a emissão de energia por urânio, por exemplo, a energia nuclear surge como a solução para as grandes distâncias entre a geração de energia elétrica e os grandes centros consumidores, logo sofreu o golpe do acidente nuclear de Chernobyl no ano de 1986. As consequências desse catastrófico acidente, resultado da explosão de um dos reatores da usina, são sentidas até hoje na região que ainda apresenta elevados níveis de radioatividade. Desde então, elevados investimentos pareciam tornar essa energia uma alternativa de fato viável e segura. Entretanto, nas últimas semanas, como todo o mundo viu, o terremoto que atingiu o Japão derrubou uma série de aparatos de proteção da usina de Fukushima o que acarretou em um novo acidente cujas consequências ainda não são conhecidas. Há também o problema de desenvolvimento de armas nucleares sob o pretexto de exploração dessa forma de energia para fins pacíficos, como já foi discutido inclusive aqui no blog o caso do Irã. Diante de todos estes acontecimentos, recorrentemente sua confiabilidade entra em xeque, abrindo espaço para debates a respeito de sua utilização. A revisão, mesmo sendo a última etapa, de forma alguma é a menos importante. Muito pelo contrário, a revisão é responsável pela fixação das ideias e recordar todo o conteúdo abordado, além de reconstruir cognitivamente de forma cronológica todos os assuntos vistos no módulo.

### Metodologia

Será primeiramente apresentada a discussão a respeito do tema, seguida de possíveis dúvidas e críticas que os alunos tenham a respeito do assunto após todo o conteúdo visto no decorrer do módulo. É provável que todos estes assuntos somados as suas experiências prévias possa produzir críticas extremamente ricas para o desenvolvimento da turma.

Após a discussão, apresenta-se uma tabela que contenha diversos tipos de energia e suas respectivas grandezas, para que os alunos tenham ideia da intensidade de cada uma. Acreditamos que esta é uma das grandes defasagens dos alunos, um total desconhecimento da quantidade de energia que está contida em cada situação apresentada, que dará espaço para a aplicação de um questionário sobre a respeito da energia nuclear.

Lembre-se de que a revisão ela tem de ser rápida e objetiva. Se algum assunto não foi abordado até este momento, definitivamente não deverá ser abordado nesta etapa. Tente recordar os assuntos na mesma ordem em que eles foram apresentados previamente, para tornar a recordação dos mesmos algo mais intuitivo e sem causar nenhum tipo de confusão na cabeça dos alunos, isto tornará a assimilação dos conceitos mais leve causando um possível nível de atenção à revisão que, ao contrário do proposto aqui, seria significativamente menor.

### **Momentos**

Para finalizar esse módulo, faremos uma discussão de ciência e tecnologia com os alunos. Munidos agora do conhecimento mostraremos quais são as vantagens e as desvantagens do desenvolvimento da energia nuclear. Primeiramente faremos um comparativo energético entre a usina termoelétrica a base de carvão e a usina nuclear. Então será aberta uma discussão entre os alunos para que eles possam a partir dos conhecimentos adquiridos, darem a sua opinião sobre a Energia Nuclear.

### **Atividade 3: Questões Propostas**

- 1) Sabe-se que 1 tonelada (1000 kg) de Carvão produz  $3.3 \times 10^{10}$  J de energia. A fissão nuclear de 1 núcleo Urânio 235 produz  $3.3 \times 10^{-11}$  J. Sabendo que 1 mol é igual  $6,02 \times 10^{23}$  e que a massa do Urânio 235 é de 235 g. Quantos quilogramas de Urânio, aproximadamente, são necessários para produzir a mesma energia ?
- 2) Qual a sua opinião, a partir do que foi apresentado, sobre essa fonte de energia?

## VII. Referencias Bibliográficas

- 1) <http://operamundi.uol.com.br/conteudo/noticias/5497/conteudo+opera.shtml>
- 2) <http://www.suapesquisa.com/segundaguerra/>
- 3) <http://www.comciencia.br/reportagens/guerra/guerra08.htm>
- 4) <http://ciencia.hsw.uol.com.br/projeto-manhattan.htm>
- 5) <http://super.abril.com.br/ciencia/como-funciona-bomba-atmica-446471.shtml>
- 6) <http://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/viewFile/217/233>
- 7) <http://www.mundoeducacao.com/quimica/estrutura-atomo.htm>
- 8) <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Humberto/index.html>

Pinheiro, T.F.;Pietrocola,M.;Filho, J.P.A. MODELIZAÇÃO DE VARIÁVEIS : Uma maneira de caracterizar o papel estruturador da matemática no conhecimento científico.Publicado em “Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora”, Maurício Pietrocola (organizador), 1999, editora da UFSC-INEP.

Pietrocola, M. LINGUAGEM E ESTRUTURAÇÃO DO PENSAMENTO NA CIÊNCIA E NO ENSINO DE CIÊNCIAS.

Gil, D ; Torregrosa, J.M.; Ramírez, L.; Carrée, A.D.; Gofard, M.; Carvalho, A.M.P; QUESTIONANDO A DIDÁTICA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ELABORAÇÃO DE UM MODELO ALTERNATIVO Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis, v.9,n.1: p.7-19, abr.1992.

Demétrio, D. PROBLEMAS E PROBLEMATIZAÇÕES. Capítulo do livro de Maurício Pietrocola. (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Segunda Edição Florianópolis: Editora da UFSC, 2005, capítulo V, página 125 a 150.

## VIII. Anexos

### Energia Nuclear

Energia Nuclear: Nós iremos discutir sobre a energia Nuclear nesse módulo inovador de ensino. De onde vem essa energia, como ela é produzida, quais são os benefícios e quais são as consequências dessa energia. Como contexto histórico, começaremos a dar exemplos de má utilização da energia nuclear, citando os acontecimentos históricos. Hiroshima e Nagasaki, Chernobyl e recentemente Fukushima.

### O Átomo

Para ensinar esse modulo inovador de ensino, precisamos somente mostrar as três partículas fundamentais do átomo: o próton, o nêutron e o elétron. Basicamente o próton de carga positiva, o nêutron não tem carga e o elétron tem carga negativa. Destaque a para o nêutron e o próton são partículas compostas de outras sub partículas, e o elétron até então é uma partícula fundamental.

### As 4 forças fundamentais

- Força gravitacional =  $F = \frac{GM_1M_2}{r^2}$
- Força de Coulomb =  $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$
- Força nuclear forte: é a força entre os Quarks. Curto alcance.
- Força nuclear fraca: é causada pela emissão ou absorção de bósons. Também de curto alcance.

### Ordem de Grandeza

- Força Gravitacional =  $10^{-39}$  Força Nuclear Forte
- Força Eletromagnética = 1% Força Nuclear Forte
- Força Nuclear Fraca = 0,001% Força Nuclear Forte

### **Porque Urânio?**

- Pelo fato deste material possuir núcleos mais pesados, no momento em que se encontra em rearranjo através da fissão que podem liberar então, maior energia, por isso, a sua utilização ao invés de outros elementos.
- Ou seja, a repetição, inúmeras vezes daquele mesmo fenômeno, sem necessidade de nova provocação de fissão.

### **Fissão Nuclear**

- A **fissão nuclear** é uma reação que ocorre no núcleo de um átomo. Geralmente o núcleo pesado é atingido por um nêutron, que, após a colisão, libera uma imensa quantidade de energia. No processo de fissão de um átomo, a cada colisão são liberados novos nêutrons. Os novos nêutrons irão colidir com novos núcleos, provocando a fissão sucessiva de outros núcleos e estabelecendo, então, uma reação que denominamos reação em cadeia.

### **Como funciona uma usina Nuclear?**

- A energia gerada em forma de calor faz com que a temperatura da água se eleve no interior do reator, a ponto de ela ser transformada em vapor. Esse vapor aciona uma turbina, que gera a energia elétrica.

### **Radiação**

- Em física, radiação é a emissão de energia por meio de ondas. Determinados elementos químicos, por possuírem núcleos instáveis (quando não há equilíbrio entre as partículas que o formam), liberam raios do tipo gama, capazes de penetrar profundamente na matéria. É o caso dos combustíveis utilizados nas usinas nucleares, como o urânio e o plutônio. Quando exposto a esse tipo de radiação, o corpo humano é afetado, sofrendo alterações até mesmo no DNA das células.

### Porque a Radiação é perigosa?

- Energia = hf (energia quantizada)

Sendo:

$h$  = constante de Planck =  $6,63 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg} / \text{s}$

$f$  = frequência ( $f = c/\lambda$ )

$c$  = velocidade de luz no vácuo =  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

$\lambda$  = comprimento de onda

Problema Proposto

- Vimos que a fissão Nuclear libera Radiação gama, que tem comprimento de onda na ordem de grandeza de  $10^{-15} \text{ m}$ . Vamos calcular o quanto de energia isso equivale e comparar com a forma mais comum de radiação que conhecemos a radiação solar UV que é da ordem de  $3 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

Resolução

- $E = hf$

$$E = h(c/\lambda)$$

$$E = (6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8) / (10^{-15})$$

$$E = 2 \times 10^{-10} \text{ J}$$

Comparando com a radiação UV temos

Radiação gama é aproximadamente  $10^8$  vezes maior que a radiação UV solar.

### Problema Proposto

- Sabe-se que 1 tonelada (1000 kg) de Carvão produz  $3.3 \times 10^{10}$  J de energia. A fissão nuclear de 1 núcleo Urânio 235 produz  $3.3 \times 10^{-11}$  J. Sabendo que 1 mol é igual  $6,02 \times 10^{23}$  e que a massa do Urânio 235 é de 235 g. Quantos quilogramas de Urânio, aproximadamente, são necessários para produzir a mesma energia?

### Resolução

$$1 \text{ núcleo} \rightarrow 3.3 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$X \text{ núcleos} \rightarrow 3.3 \times 10^{10} \text{ J}$$

$$X = 1 \times 10^{21} \text{ núcleos}$$

$$235 \text{ g} \rightarrow 6.02 \times 10^{23} \text{ núcleos}$$

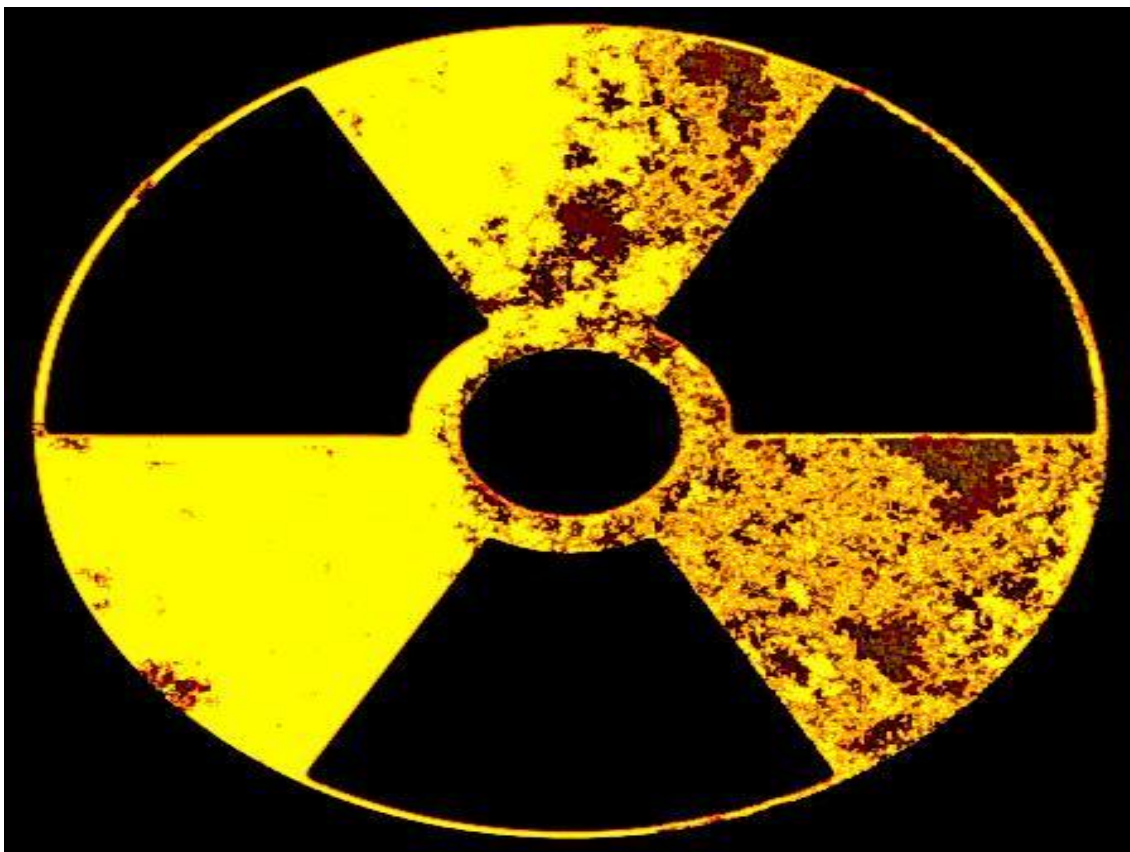
$$Y \rightarrow X = 1 \times 10^{21} \text{ núcleos}$$

Y = 0,390 g de Urânio são necessárias para produzir a mesma energia que 1 tonelada de Carvão.

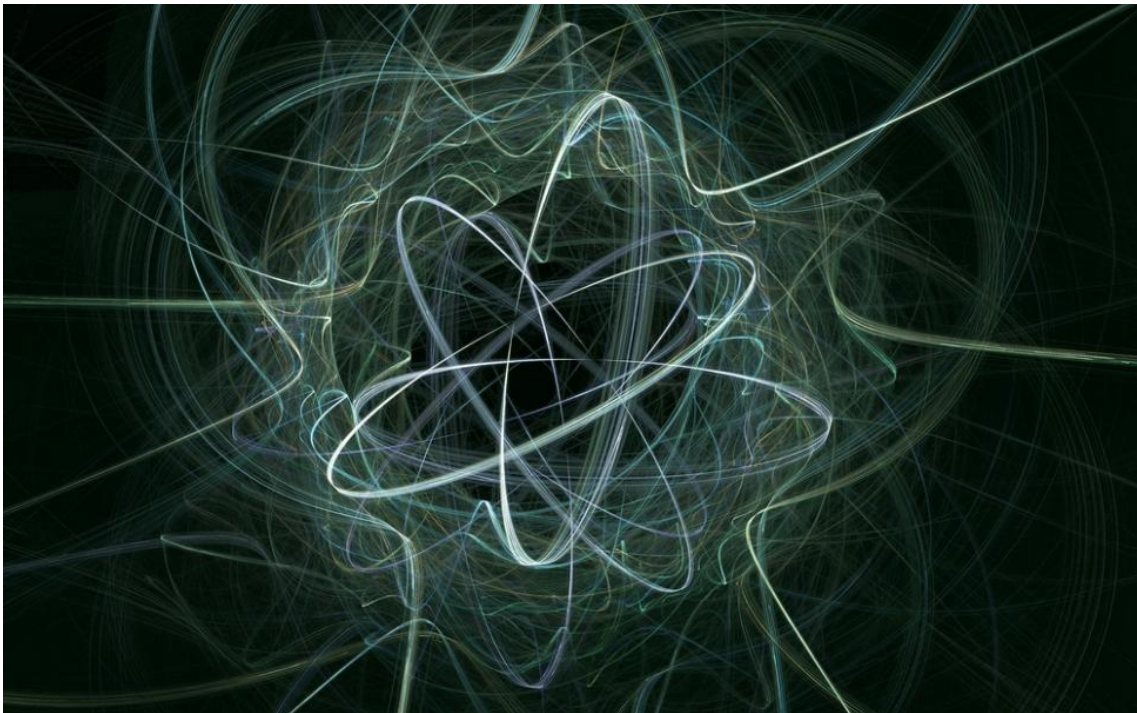
### Conclusão

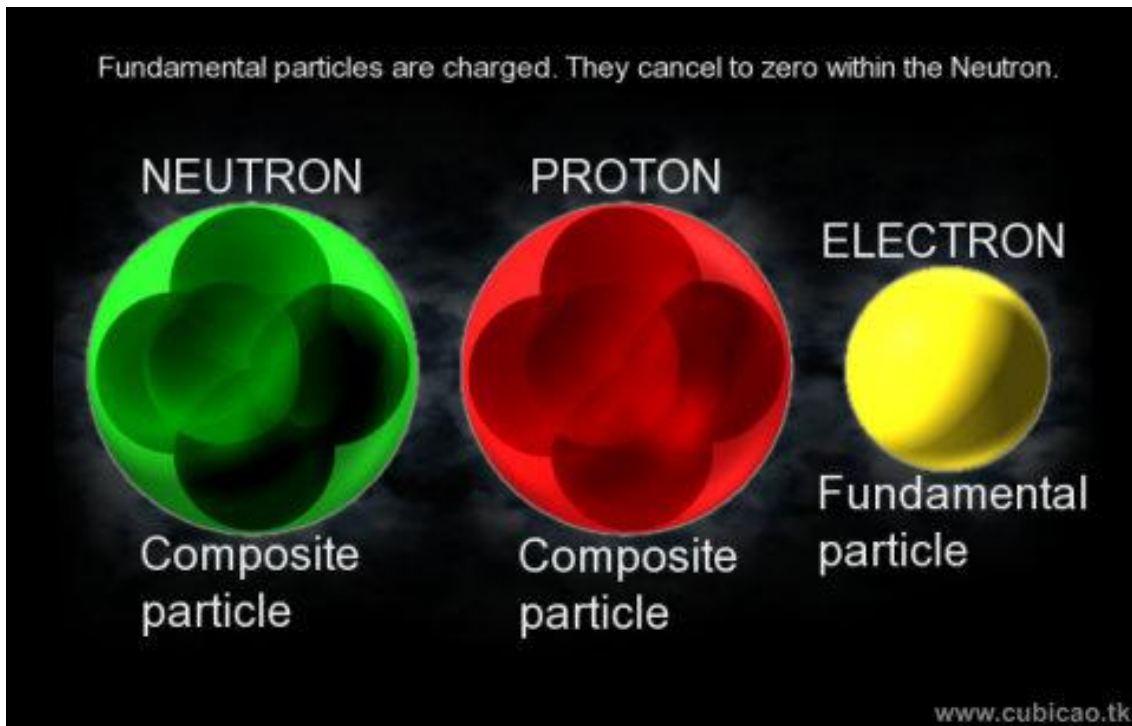
- As [usinas nucleares](#) são capazes de gerar muita energia a partir de uma pequena quantidade de matéria: pois, além de cada reação unitária possuir enorme potencial energético, servem para iniciar várias outras. Entretanto, essa forma de obtenção de energia pode gerar resíduos indesejados: desde [materiais radioativos](#) que são potenciais contaminadores de aquíferos, da fauna e da flora local, até [radiação gama](#) (mais penetrante de todas as formas de radiação existentes).











## As 4 forças fundamentais

- Força gravitacional =  $F = \frac{GM_1M_2}{r^2}$
- Força de Coulomb =  $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$
- Força nuclear forte: é a força entre os Quarks. Curto alcance.
- Força nuclear fraca: é causada pela emissão ou absorção de bósons. Também de curto alcance.

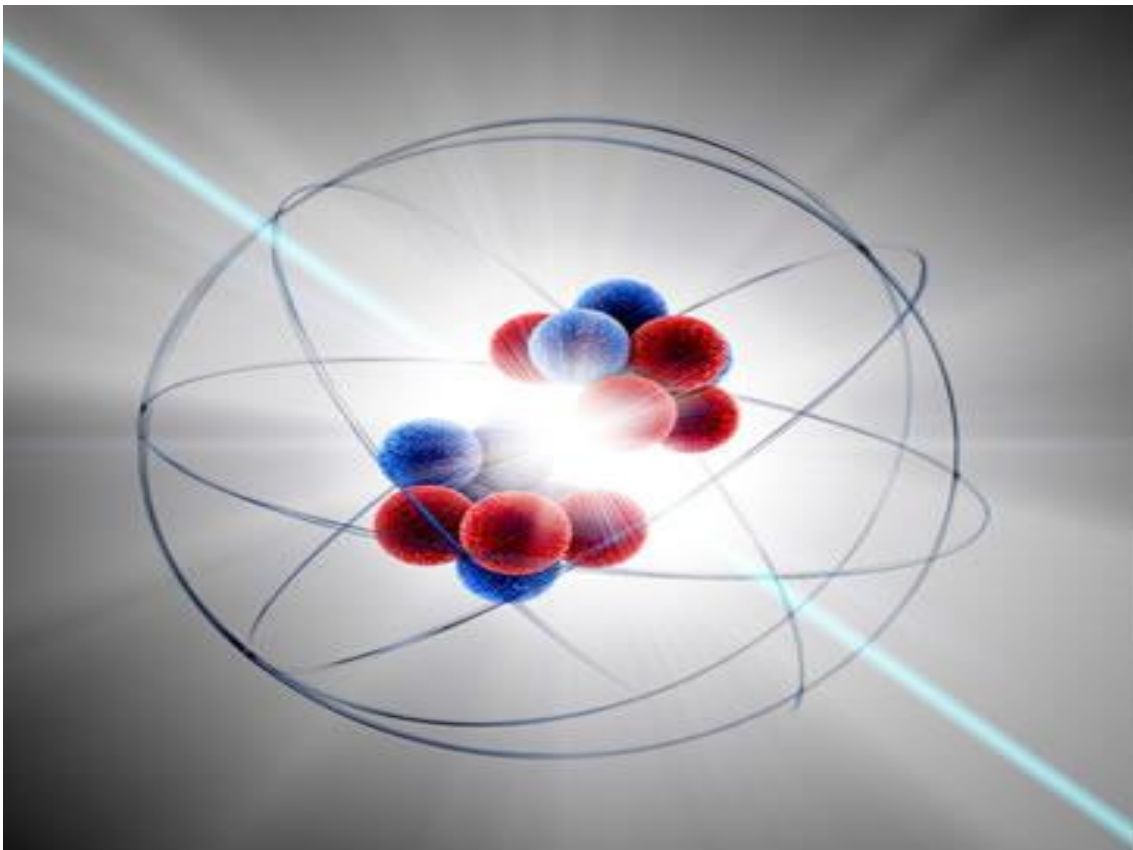
## Ordem de Grandeza

- Força Gravitacional =  $10^{-39}$  Força Nuclear Forte
- Força Eletromagnética = 1% Força Nuclear Forte
- Força Nuclear Fraca = 0,001% Força Nuclear Forte



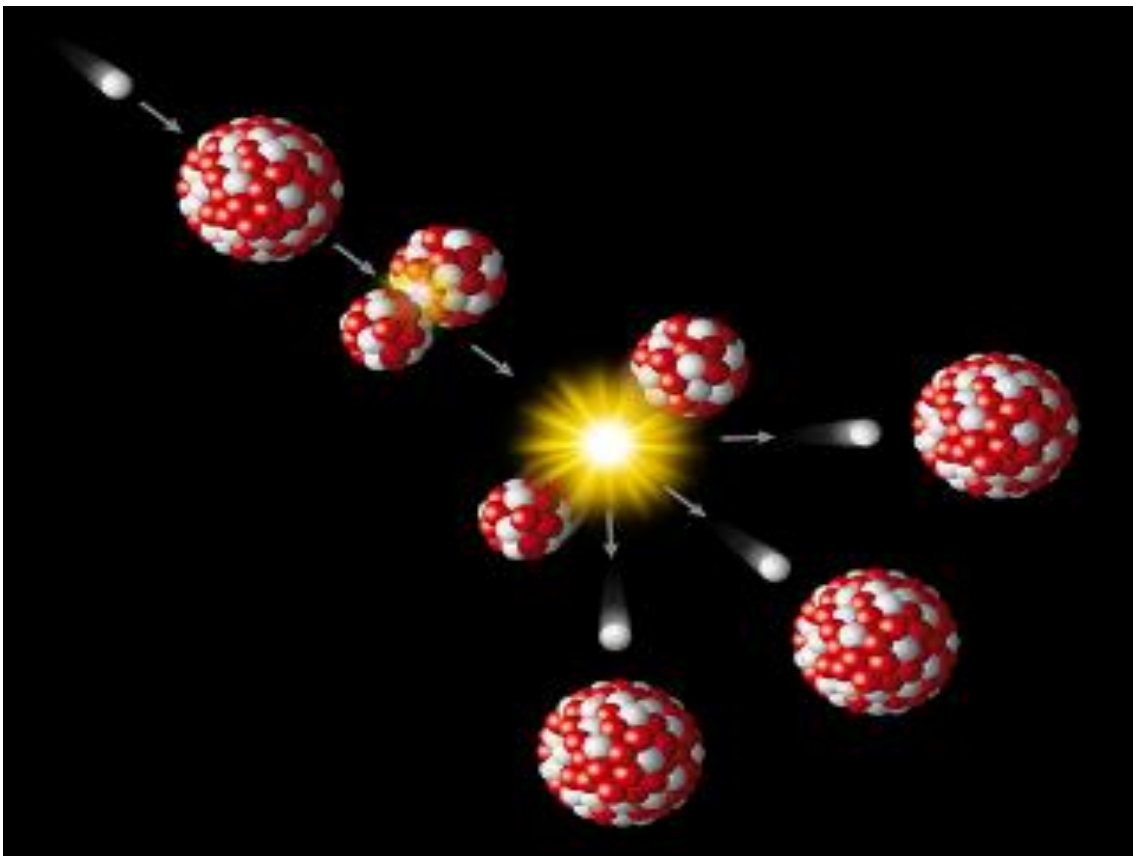
## Ordem de Grandeza

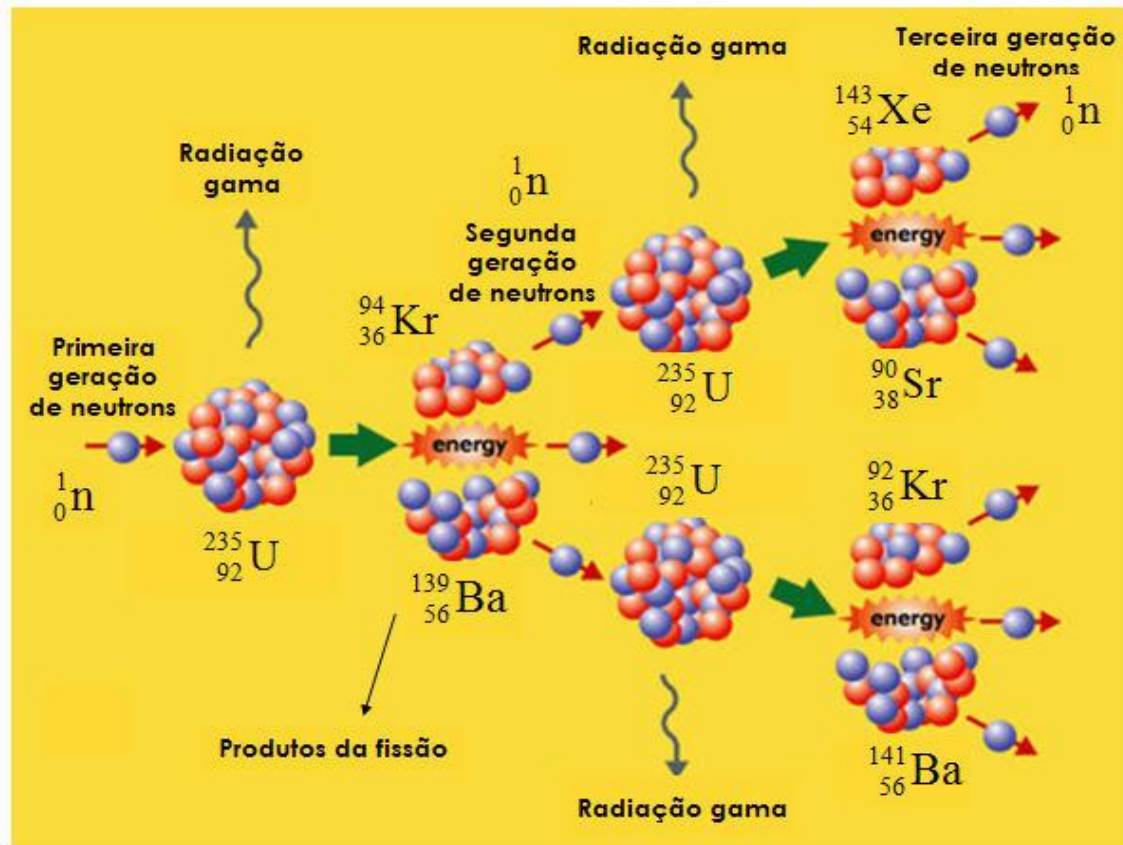
- Força Gravitacional =  $10^{-39}$  Força Nuclear Forte
- Força Eletromagnética = 1% Força Nuclear Forte
- Força Nuclear Fraca = 0,001% Força Nuclear Forte



## Fissão Nuclear

- A **fissão nuclear** é uma reação que ocorre no núcleo de um átomo. Geralmente o núcleo pesado é atingido por um nêutron, que, após a colisão, libera uma imensa quantidade de energia. No processo de fissão de um átomo, a cada colisão são liberados novos nêutrons. Os novos nêutrons irão colidir com novos núcleos, provocando a fissão sucessiva de outros núcleos e estabelecendo, então, uma reação que denominamos reação em cadeia.





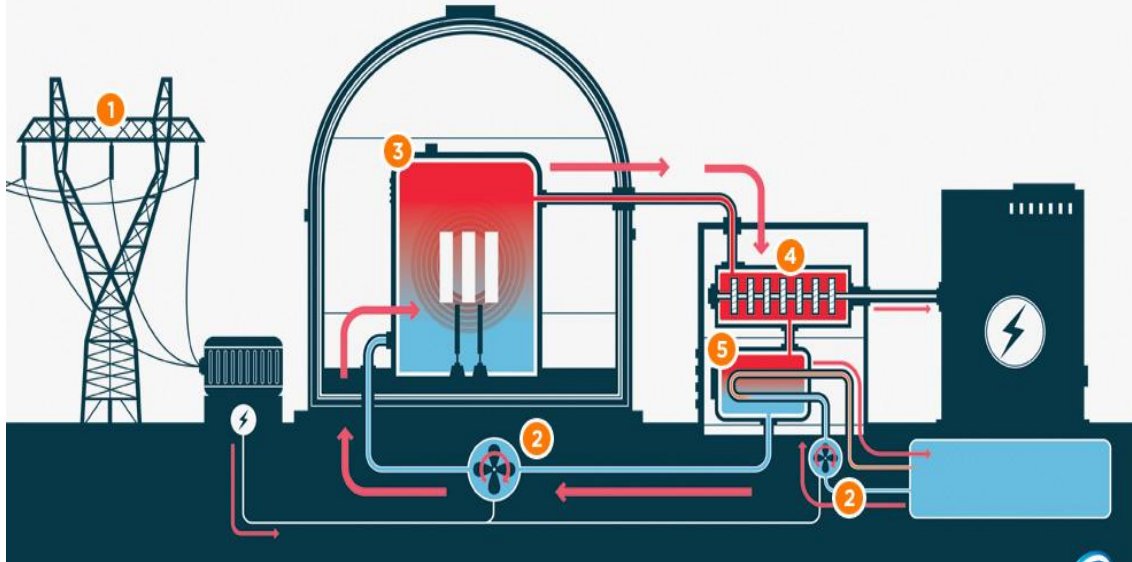
## Como funciona uma usina Nuclear ?

- A energia gerada em forma de calor faz com que a temperatura da água se eleve no interior do reator, a ponto de ela ser transformada em vapor. Esse vapor aciona uma turbina, que gera a energia elétrica.



## COMO FUNCIONA UM REATOR NUCLEAR

- 1 Rede externa de energia alimenta o sistema de bombeamento de água da usina nuclear.
- 2 Sistema de bombeamento injeta água no reator e no sistema de resfriamento.
- 3 Núcleo do reator aquece a água a altas temperaturas e gera vapor que é enviado à turbina.
- 4 Vapor move a turbina e seu movimento gera eletricidade.
- 5 Após movimentar a turbina, o vapor é direcionado ao sistema de resfriamento onde volta ao estado líquido, reiniciando o processo.



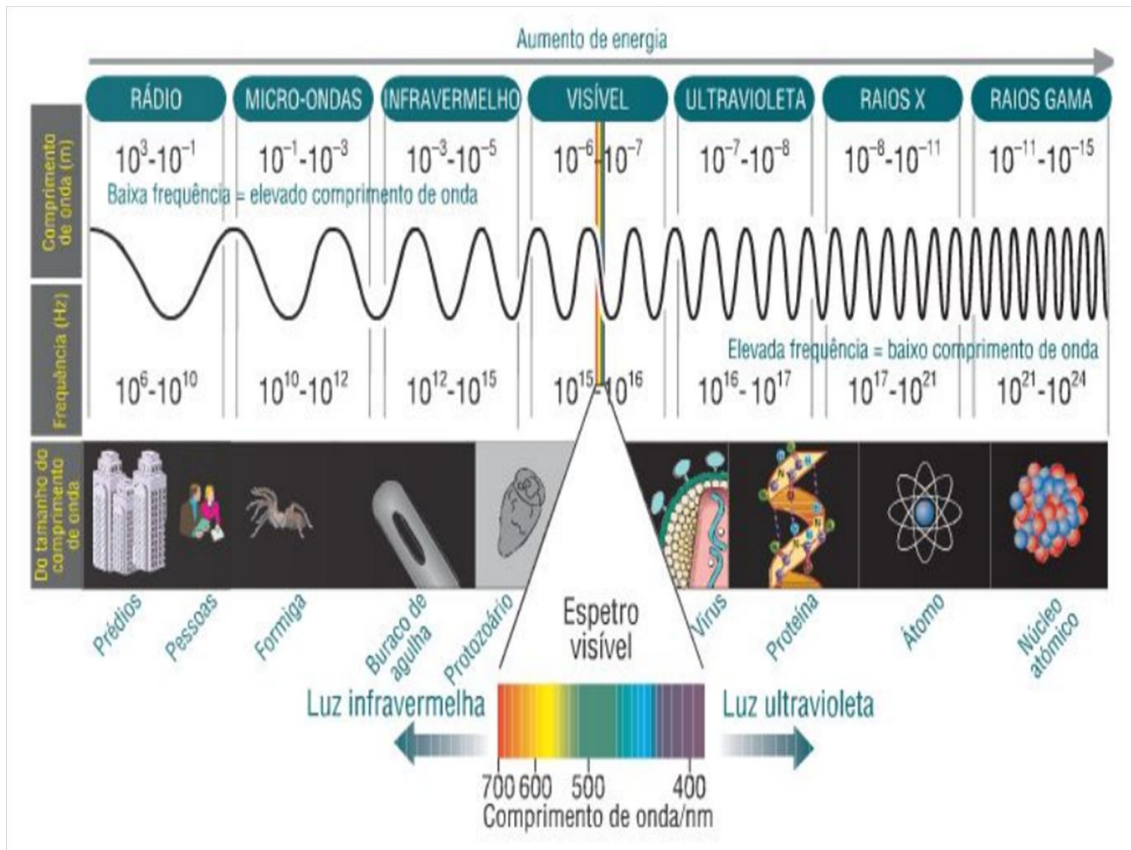
© Copyright, IG - Internet Group

ig.com.br



## Radiação

- Em física, radiação é a emissão de energia por meio de ondas. Determinados elementos químicos, por possuírem núcleos instáveis (quando não há equilíbrio entre as partículas que o formam), liberam raios do tipo gama, capazes de penetrar profundamente na matéria. É o caso dos combustíveis utilizados nas usinas nucleares, como o urânio e o plutônio. Quando exposto a esse tipo de radiação, o corpo humano é afetado, sofrendo alterações até mesmo no DNA das células.



## Porque a Radiação é perigosa ?

- Energia =  $hf$  (energia quantizada)

Sendo:

$h$  = constante de Planck =  $6,63 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg} / \text{s}$

$f$  = frequência ( $f = c/\lambda$ )

$c$  = velocidade de luz no vácuo =  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

$\lambda$  = comprimento de onda

## Problema Proposto

- Vimos que a fissão Nuclear libera Radiação gama, que tem comprimento de onda na ordem de grandeza de  $10^{-15}$  m. Vamos calcular o quanto de energia isso equivale e comparar com a forma mais comum de radiação que conhecemos a radiação solar UV que é da ordem de  $3 \times 10^{-19}$  J.

## Resolução

- $E = hf$   
 $E = h(c/\lambda)$   
 $E = (6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8) / (10^{-15})$   
 $E = 2 \times 10^{-10}$  J

Comparando com a radiação UV temos  
Radiação gama é  $\sim 10^8$  vezes maior que a radiação UV solar.

Tabela mostrando a quantidade de energia gerada a partir de 1 kg de matéria por vários processos, e o tempo durante o qual esta energia manteria acesa uma lâmpada de 100 W.

Forma de matéria	Processo	Tempo
Água	Queda-d'água de 50 m	5 s
Carvão	Combustão	8 h
UO <sub>2</sub> enriquecido	Fissão em um reator	690 anos
<sup>235</sup> U	Fissão total	3 x 10 <sup>4</sup> anos
Deutério	Fusão total	3 x 10 <sup>4</sup> anos
Matéria e Antimatéria	Aniquilação total	3 x 10 <sup>7</sup> anos

Limites reais

Limites teóricos

Profa. Marcia Russman Gallas (FIS01184)

## Problema Proposto

- Sabe-se que 1 tonelada (1000 kg) de Carvão produz  $3.3 \times 10^{10}$  J de energia. A fissão nuclear de 1 núcleo Urânio 235 produz  $3.3 \times 10^{-11}$  J.

Sabendo que 1 mol é igual  $6,02 \times 10^{23}$  e que a massa do Urânio 235 é de 235 g. Quantos quilogramas de Urânio, aproximadamente, são necessários para produzir a mesma energia ?

# Resolução

$$1 \text{ núcleo} \rightarrow 3.3 \times 10^{-11} \text{ J}$$
$$X \text{ núcleos} \rightarrow 3.3 \times 10^{10} \text{ J}$$

$$X = 1 \times 10^{21} \text{ núcleos}$$

$$235 \text{ g} \rightarrow 6.02 \times 10^{23} \text{ núcleos}$$
$$Y \rightarrow X = 1 \times 10^{21} \text{ núcleos}$$

$Y = 0,390 \text{ g}$  de Urânio são necessárias para produzir a mesma energia que 1 tonelada de Carvão.



## Conclusão

- As usinas nucleares são capazes de gerar muita energia a partir de uma pequena quantidade de matéria: pois, além de cada reação unitária possuir enorme potencial energético, servem para iniciar várias outras. Entretanto, essa forma de obtenção de energia pode gerar resíduos indesejados: desde materiais radioativos que são potenciais contaminadores de aquíferos, da fauna e da flora local, até radiação gama (mais penetrante de todas as formas de radiação existentes).