

Organização

Helen J. Khoury ◆ Denise Levy

Autores

Anna Lucia Villavicencio ◆ Denise Levy ◆ Gian Sordi

Helen J. Khoury ◆ Janete Gaburo Gonçalves

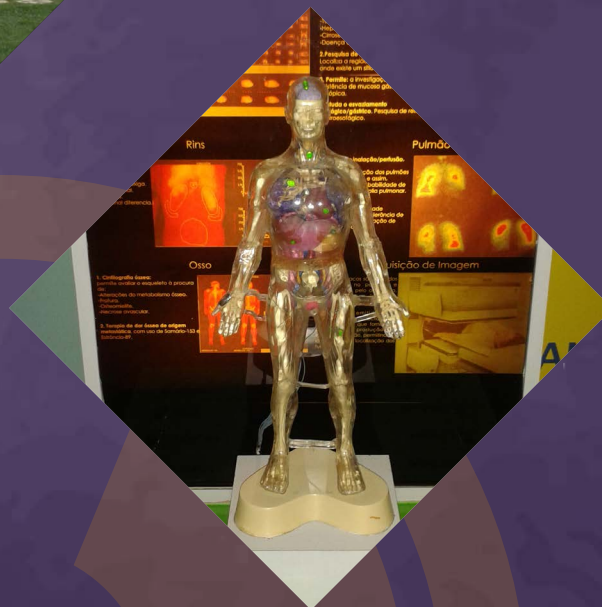
Valter Arthur ◆ Viviane Asfora

INVESTIGANDO AS APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE

Curiosidades sobre
diferentes áreas de atuação
para inspirar professores
e jovens pesquisadores

EDITORA RECANTO DAS LETRAS

**INVESTIGANDO
AS APLICAÇÕES DA
RADIOATIVIDADE**



Organização

Helen J. Khoury ◆ Denise Levy

Autores

Anna Lucia Villavicencio ◆ Denise Levy ◆ Gian Sordi

Helen J. Khoury ◆ Janete Gaburo Gonçalves

Valter Arthur ◆ Viviane Asfora

INVESTIGANDO AS APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE

Curiosidades sobre
diferentes áreas de atuação
para inspirar professores
e jovens pesquisadores

EDITORA RECANTO DAS LETRAS

© Helen J. Khoury e Denise Levy

Editora Recanto das Letras
editorarecantodasletras.com.br

Editora responsável: Cassia Oliveira
Coordenadora editorial: Silvia Segóvia
Revisão do texto: Rebeca Lacerda
Capa e diagramação: Rebeca Lacerda
1ª edição – agosto de 2021

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação de direitos autorais. (Lei 9.610/98)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Investigando as aplicações da radioatividade [livro eletrônico]: curiosidades sobre diferentes áreas de atuação para inspirar professores e jovens pesquisadores / organizado por Helen J. Khoury, Denise Levy. -- 1. ed. -- São Paulo : Recanto das Letras, 2021.


ISBN 978-85-7142-086-1 (e-book)

1. Ciência nuclear 2. Tecnologia nuclear I. Khoury, Helen J. II. Levy, Denise

21-3368

CDD 523.019

Índice para catálogo sistemático:
1. Ciência nuclear



Este livro é uma iniciativa do **MUSEU DE CIÊNCIAS NUCLEARES**, o primeiro e único museu brasileiro totalmente voltado à pesquisa, conservação e exposição de objetos e coleções relacionados à aplicação da tecnologia nuclear no Brasil e no mundo.

O museu tem como missão promover a curiosidade e a compreensão pública sobre as aplicações pacíficas das ciências nucleares, desmistificando paradigmas, questionando preconceitos infundados e fomentando a elaboração de um pensamento crítico acerca das problemáticas relativas às ciências nucleares. Muitos estudantes, após visita ao museu, descobriram uma nova área de atuação profissional.

O objetivo desta obra é contribuir para a disseminação do conhecimento nuclear, despertar a curiosidade de brasileiros talentosos e inspirar uma nova geração de pesquisadores na área, bem como apoiar os professores de ciências no ensino da radioatividade.

O QUE VOCÊ ENCONTRARÁ NESTE LIVRO?

Todos já ouviram falar nas técnicas nucleares para geração de energia, ou para a medicina, desde os equipamentos de raios x aos diagnósticos e tratamentos de cânceres. Mas para além da medicina e da geração de energia, existem muitas outras aplicações que as pessoas desconhecem! Você já ouviu falar, por exemplo, em aplicações da radioatividade na área de alimentos? E na agricultura? Arqueologia? Já ouviu falar em radioproteção?

Este livro apresenta diferentes áreas de pesquisas das ciências nucleares, por um viés diferente e interessante, que foge do senso comum. O leitor conhecerá a evolução e as aplicações das ciências nucleares em diversos segmentos da sociedade. Um livro para instigar a curiosidade e incentivar a pesquisa em ciência e tecnologia nuclear.

O conteúdo pode ser lido sequencialmente ou não. Cada capítulo apresenta os fundamentos da teoria das radiações sob um enfoque diferente, para a compreensão do assunto abordado. Os diferentes tipos de radiação, partículas alfa e beta, raios gama e raios x são alguns dos temas abordados em todos os capítulos. Ao longo da leitura, você acompanhará passo a passo a evolução das pesquisas da área nuclear que integram diferentes áreas do conhecimento, como física, química, história e biologia. A tecnologia nuclear é um campo em que cresce a cada ano. Você também pode fazer parte desta história e mudar o mundo!

SUMÁRIO

◆ Prefácio	10
<i>Danila Carrijo da Silva Dias</i>	
◆ Introdução	11
<i>Helen Houry</i>	
◆ I. Breve história da física atômica e nuclear	14
<i>Denise Levy</i>	
Da filosofia à ciência: o surgimento do átomo	15
Biografia dos famosos	20
Ciências nucleares a serviço das nações	34
Os famosos da história da radioatividade: do Tratado Elementar de Química ao Programa Átomos para a Paz	36
Referências.....	37
◆ II. O que é radioatividade.....	38
<i>Viviane Asfora</i>	
A constituição da matéria.....	39
Radioatividade e a natureza das radiações.....	45
Cinética da desintegração radioativa.....	48
Radioatividade natural e artificial	50
Raios X	52
Referências.....	54
◆ III. Aplicações na agricultura	55
<i>Valter Arthur</i>	
Introdução.....	56
1. Fundamentos básicos das radiações.....	56
2. Fundamentos básicos sobre entomologia	59
3. Aplicações práticas das radiações ionizantes no controle de insetos	64
4. Aplicação direta da radiação ionizante no controle de insetos-praga de grãos e produtos armazenados	66
5. Aplicação direta das radiações ionizantes em frutas.....	72
6. Aplicação indireta da radiação no controle de insetos – Técnica do Inseto Estéril (T.I.E.).....	75
7. Como funciona a Técnica do Inseto Estéril num programa integrado de praga	80
8. Conclusão.....	84
Referências.....	84

◆ IV. Proteção radiológica.....	86
<i>Janete Gaburo Gonçalves & Gian Sordi</i>	
1. Definições de proteção radiológica e suas organizações nacionais e internacionais	87
2. Interação da radiação ionizante com o tecido humano	88
3. Grandezas físicas usadas em proteção radiológica para mensurar o dano biológico.....	95
4. Limites de dose para o trabalhador e para o indivíduo do público	96
5. Como é realizada a proteção e a segurança para satisfazer os limites anuais	97
6. Como ter certeza de que a proteção e a segurança continuam sendo mantidas com o transcorrer do tempo?	100
7. Contaminação radioativa e procedimentos de descontaminação.....	102
8. Produção de rejeitos radioativos.....	105
9. Transporte de materiais radioativos.....	108
10. Cooperação com as exigências de saúde pública, defesa civil e outras atividades.....	111
11. A energia nuclear na escola: entender para opinar	112
Referências.....	114
◆ V. Arte e arqueometria	116
<i>Viviane Asfora</i>	
Introdução.....	117
Fluorescência de raios X aplicada à arqueologia e ao patrimônio cultural.....	118
Técnicas de datação absoluta.....	126
Referências.....	131
◆ VI. Irradiação de alimentos	133
<i>Anna Lucia Villavicencio</i>	
Introdução.....	134
1. Aspectos gerais sobre a irradiação de alimentos	135
2. Perguntas frequentes.....	135
3. Resenha sobre a irradiação de alimentos	140
4. Aplicações em produtos alimentícios.....	144
5. Irradiação de alimentos.....	147
6. Normas, decretos, regulamentações para irradiação de alimentos	152
7. Controle do processamento.....	155
Considerações finais	157
Referências.....	157
◆ Sobre as organizadoras	159

PREFÁCIO

Desde que nos entendemos como civilização, as novas gerações representam a força motriz de qualquer sociedade. Seu ímpeto de conduzir por melhores caminhos o destino coletivo – esse muitas vezes entregue ao conformismo e seduzido por interesses e vaidades – é o incessante sopro de esperança que mantém o planeta girando. Como um jovem curioso, inexperiente e sobretudo apaixonado, nasce a Ciência Nuclear e das Radiações. Estreia de maneira conturbada ao ser mal compreendida e se tornar refém da Segunda Guerra – carregando já tão cedo na mochila tragédias que ficariam para sempre marcadas. Ela, porém, determinada, renasce em um novo cenário mundial que busca a paz e a renovação, caminhando para se tornar, através da produção de energia, elemento essencial do desenvolvimento.

Mas como em toda jornada, desafios surgem a cada esquina e com ela não poderia ser diferente: sobrevive aos acidentes provocados pela imaturidade combinada ao seu ainda tímido espaço no mundo e, claro, a uma pitada ingrata de destino. Mais uma vez, porém, nossa criativa heroína persiste. Atravessa fronteiras do conhecimento e adentra as mais diversas áreas de estudo através de suas aplicações na saúde, na agricultura e alimentação, no meio ambiente, nas indústrias, na preservação cultural e até nas artes. A Ciência Nuclear e das Radiações nos torna, então, cada vez mais saudáveis, prósperos e inovadores. Hoje, com vasta experiência, altas doses de confiança (e a mesma perseverança de décadas!), almeja novos voos onde nem o céu é mais limite. Enquanto neste momento permite a chegada da tecnologia espacial a Marte, participa aqui na Terra do ativismo contra as mudanças climáticas e pelo desenvolvimento sustentável através da sua energia limpa.

Marie Curie e Albert Einstein fizeram grandes descobertas aos 31 e 27 anos de idade, mas dedicaram uma vida toda movidos pelo desejo de uma sociedade melhor para todos. Da mesma maneira, a Ciência Nuclear e das Radiações se mantém jovial e entusiasmada com imaginação, idealismo e coragem sem fim. Espero que este admirável compilado, produzido com carinho, inspire as novas gerações à mesma paixão por um futuro iluminado e permita aos professores disseminar por todos os cantos a importância de se fazer e vivenciar Ciência. Boa leitura!

Danila Carrijo da Silva Dias ◆

Presidente da Women In Nuclear Brasil, diretora da Secretaria Jovem Radioprotecionista da Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica e colaboradora CNEN-LAPOC.

INTRODUÇÃO



Ciência inspirando novas profissões.
(Acervo Museu de Ciências Nucleares)

Helen Khoury ◆

Todas estas aplicações pacíficas das radiações ionizantes, bem como o desenvolvimento científico e tecnológico a elas associado, são pouco conhecidas pela população. Esse desconhecimento gera medo e desconfiança com relação ao setor nuclear, o que também prejudica a implantação de novas tecnologias e o desenvolvimento científico do país. Este livro foi concebido para estimular a curiosidade sobre a área nuclear, incentivando o protagonismo juvenil rumo à ciência, tecnologia e inovação.

◆ O MUSEU DE CIÊNCIAS NUCLEARES E A SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Este livro é uma iniciativa do Museu de Ciências Nucleares do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco com o objetivo de apoiar os professores do Ensino Médio e Fundamental, os alunos e o público em geral, divulgando as aplicações pacíficas da energia nuclear. Os autores descrevem de uma forma clara e interessante assuntos relacionados às aplicações nucleares nas áreas da arte, da arqueologia, da irradiação de alimentos e das aplicações agrícolas. Além desses tópicos, o livro traz informações sobre os princípios básicos da radioatividade e a biografia de cientistas famosos que possibilitaram todo esse desenvolvimento na área nuclear.



O Museu foi criado em junho de 2010 e é um espaço educativo-cultural destinado à difusão e socialização do conhecimento científico sobre as aplicações da energia nuclear na medicina, na indústria, na agricultura, na geração de eletricidade e na preservação do meio ambiente. Ele tem servido de ponte entre os estudantes e a população em geral na divulgação das ciências e, em particular, da área nuclear.

A interatividade é a base das ações do Museu de Ciências Nucleares, dentro da ideia do “aprender fazendo” são apresentados vários experimentos e jogos lúdicos abordando as aplicações das radiações ionizantes, bem como experimentos que permitem esclarecer os conceitos de irradiação externa e de contaminação com a radiação. Esses materiais atuam como meios na prática educativa, complementando o conteúdo teórico desenvolvido nas escolas e participando como agentes de educação informal. Foi nesse sentido que foi concebido este livro: para contribuir na difusão junto à sociedade dos benefícios das aplicações nucleares.



A radioatividade, desde a sua descoberta, tem contribuído para o desenvolvimento e a melhoria da qualidade do ser humano. Através do uso de traçadores radioativos, pode-se averiguar o metabolismo das plantas, verificando o que elas precisam para crescer, o que é absorvido pelas raízes e pelas folhas e onde um determinado elemento químico fica retido. A radiação ionizante também é utilizada para controle de populações de pragas através da esterilização dos respectivos “machos” que, depois de soltos no ambiente, competem

com os insetos normais, reduzindo sua reprodução sucessivamente, até a eliminação da praga, sem qualquer poluição com produtos químicos. A irradiação de alimentos é uma técnica eficiente para impedir a multiplicação de microrganismos que acarretam a deterioração do alimento e para inibir a maturação de algumas frutas, aumentando o seu tempo de prateleira. Na área médica, as técnicas nucleares contribuem para salvar vidas através do diagnóstico e tratamento de doenças. As técnicas nucleares com novos fármacos têm contribuído para os estudos do funcionamento dos órgãos e tecidos humanos, além de estarem ajudando no conhecimento do cérebro humano. Na área industrial, o uso das técnicas de ensaio não destrutivo tem contribuído para estudos de desgaste de peças, esterilização de materiais cirúrgicos, polimerização, além de medidas de espessuras e de nível, o que tem contribuído para a fabricação de produtos baseados em padrões metrológicos, visando qualidade e durabilidade.



Todas essas aplicações pacíficas das radiações ionizantes, bem como o desenvolvimento científico e tecnológico a elas associado, são pouco conhecidas pela população. Esse desconhecimento gera medo e desconfiança com relação ao setor nuclear, o que também prejudica a implantação de novas tecnologias, bem como o desenvolvimento científico do país.

Este livro foi concebido para estimular a curiosidade sobre a área nuclear e para servir como uma ponte com a aprendizagem formal, preenchendo uma grande lacuna pedagógica identificada no Ensino Médio, que tem como parte das suas disciplinas de física e química

tópicos que envolvem o estudo do átomo e sua estrutura, bem como dos princípios da radioatividade. Esses temas, obrigatórios dentro da grade curricular, fazem parte dos assuntos do vestibular e são pouco abordados no Ensino Médio.

É importante lembrar que a ciência é o processo através do qual é possível compreender cada vez melhor o mundo. Portanto, dar a chance para que a população tenha acesso aos conhecimentos científicos de uma forma simples e agradável é fundamental para o desenvolvimento da sociedade.

I

BREVE HISTÓRIA DA FÍSICA ATÔMICA E NUCLEAR



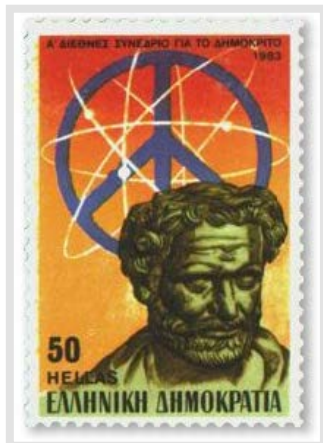
Marie Curie: uma mulher cientista.
(Acervo Museu de Ciências Nucleares)

Denise Levy ◆

A descoberta da radioatividade levou a ciência à quebra de paradigmas e à construção de novos conhecimentos. Esse ramo da ciência foi resultado de mais de um século de pesquisas de diferentes cientistas. E as pesquisas continuam, na medicina, na alimentação, na agricultura, na indústria e na saúde pública. A tecnologia nuclear evolui a passos largos, uma área em franco desenvolvimento para quem gosta de ciência, tecnologia e inovação.

◆ DA FILOSOFIA À CIÊNCIA: O SURGIMENTO DO ÁTOMO

Documentos datados do século V a.C. apontam que desde aquela época já se especulava que toda matéria era composta por elementos fundamentais que, com diferentes possibilidades de combinações, formavam a imensa variedade de corpos existentes na Terra. A ideia do elemento fundamental surge na Grécia Antiga, por volta de 600 a.C., com Tales de Mileto. Aproximadamente 150 anos mais tarde, Empédocles funda a teoria dos 4 elementos fundamentais: água, ar, fogo e terra, que movidos por forças opostas de atração e repulsão, formam toda a matéria do universo.



Selo em homenagem a Demócrito representante do atomismo dos filósofos gregos, Grécia, 1983

Mais tarde, no século IV a.C., estudiosos como Leucipo, Demócrito, Epicuro e Lucrecio introduzem a teoria atomista: os menores componentes da matéria são elementos invisíveis, que se chocam e se encaixam. Assim, a matéria pode ser dividida sucessivamente, mas não infinitamente, pois existe uma fração mínima indivisível, à qual chamam de átomo. Demócrito, o maior representante do atomismo, acredita que o universo é formado por incontáveis átomos de diferentes formatos (átomos de aço, átomos de sal, átomos de ar), que se encaixam formando toda a matéria sólida, líquida e gasosa.

Na época, as discussões se dão apenas em nível filosófico, baseadas em convicções, e a polêmica sobre a unidade básica da matéria é refutada por Aristóteles e Platão, que retomam a antiga teoria dos 4 elementos fundamentais (água, fogo, terra e ar), que vigora sem muitas críticas até o final do século XVIII. Apenas em 1777, o tema volta a ser questionado, a partir das experiências e descobertas de Antoine Laurent de Lavoisier.

De acordo com Lavoisier, toda a matéria é constituída a partir da combinação de substâncias simples, como oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, fósforo, ferro, ouro, cobre, prata e chumbo. Essas substâncias são a porção mínima indivisível da matéria. Em 1789, ele publica o *Tratado Elementar de Química*, expondo uma nova visão da constituição da matéria com 33 substâncias fundamentais. Outros estudiosos prosseguem importantes pesquisas e em apenas 80 anos a comunidade científica já identifica 85 elementos químicos.

Em 1869, Dmitri Mendeleev classifica os 85 elementos em ordem crescente conforme suas massas atômicas. O resultado é uma tabela de 6 colunas, cujas linhas trazem elementos com propriedades químicas semelhantes. É a criação da tabela periódica!

As novas descobertas levam à quebra de paradigmas e à construção do conhecimento a partir de novos pressupostos, como a teoria da relatividade e da mecânica quântica, que é a base teórica para as aplicações da física nuclear. O século XVIII muda significativamente os rumos do conhecimento científico, sobretudo no que tange à composição da matéria, dos universos atômico e subatômico, até então desconhecidos.



Selo em homenagem a Dmitri Mendeleev, Rússia, 1969

PROGRESSOS CIENTÍFICOS: A DESCOBERTA DOS RAIOS X

Uma mudança crucial ocorre em 1803 com a teoria atômica de Dalton, que associa aos átomos a ideia de massa, diferentemente dos átomos imaginados pelos filósofos gregos, que supunham uma mesma matéria primordial a partir da qual todos os outros elementos seriam formados. Dalton elaborou sua teoria científica explicando sua hipótese atômica a partir da noção de elemento químico e suas combinações. Segundo ele, a matéria é formada por moléculas a partir da combinação de elementos químicos, constituídos por átomos. Essa hipótese é aceita por físicos e químicos da época. A partir da descoberta dos raios X (1895), da radioatividade natural (1896) e do elétron (1897), os conceitos sobre a composição da matéria sofrem significativas mudanças. A descoberta da radioatividade é um fenômeno que surpreende e abala os paradigmas científicos do final do século XIX. O átomo, que até então é considerado como uma partícula indivisível, é objeto de novas investigações, assim como seus componentes e sua estrutura interna.

Em 1895, Wilhelm C. Röntgen entrega à Sociedade Físico-Médica de Wurzburg, Alemanha, um relatório preliminar de sua descoberta e as pesquisas realizadas: objetos que se tornam transparentes quando expostos a novos raios que, por serem desconhecidos, são chamados de raios X. A descoberta dá-se semanas antes, quando o cientista estuda a condutividade dos gases em uma sala escura. Nota-se que uma folha de papel tratada com platinocianeto de bário, usada como tela, brilha no escuro emitindo luz azul. Pressupondo que a luz não emana da válvula com a qual trabalha, uma vez que a mesma estava recoberta por cartolina preta e nenhuma luz ou raio catódico poderia ter vindo dela, dá início a várias investigações, virando a tela e expondo o lado sem o revestimento de platinocianeto de bário. Mas a tela continua a brilhar! Objetos colocados entre a válvula e a tela parecem transparentes. Röntgen tem a certeza de que está diante de algo inédito quando, colocando sua mão em frente à tela, vê a imagem de seus ossos, que é registrada em chapas fotográficas. Graças à descoberta dos raios X, dá-se início a pesquisas sobre novos métodos de ionização de gases e mais estudos sobre o comportamento dos íons gasosos, trabalho esse realizado por J. J. Thomson, que culmina na descoberta dos elétrons livres, essencial para a compreensão da radioatividade tal qual a conhecemos hoje.

A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE

Henri Becquerel investiga a fosforescência e a fluorescência do urânio sob a ação de diferentes luzes. Após ser informado sobre as descobertas de Röntgen e as radiações observadas, considera que ambos os fenômenos poderiam estar relacionados. Becquerel então inicia estudos para verificar se substâncias fosforescentes ou fluorescentes emitem raios X, seus resultados, porém, são repetidamente negativos. Experimentos adicionais utilizando urânio levam-no à conclusão de que a radiação penetrante se origina do próprio elemento.

Em 1895, a partir dos trabalhos de Becquerel, Marie e Pierre Curie começam a investigar a proveniência das radiações observadas no minério de urânio. O casal Curie consegue medir tais radiações, afirmando que são uma propriedade intrínseca do elemento urânio e que sua intensidade é proporcional à quantidade de urânio independentemente da combinação química, fase de

agregação, ou condições externas. Pierre e Marie Curie descobrem ainda que outros elementos além do urânio apresentam propriedades semelhantes, como, por exemplo, os sais de tório. Em meados de 1898, conseguem isolar um metal que, na tabela periódica, seria vizinho do bismuto. A esse novo elemento é dado o nome de polônio, em homenagem ao país natal de Marie Curie. Ainda no final daquele mesmo ano, anunciam a descoberta de um novo elemento radioativo: o rádio.

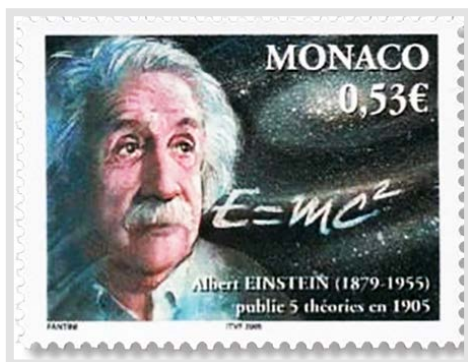
Com as descobertas de Röntgen, Becquerel, Pierre e Marie Curie, nasce o estudo do fenômeno da radioatividade. Mais tarde, a radioatividade se enquadrará harmoniosamente no conjunto de conhecimento sobre a matéria e demonstrará que o fenômeno da radioatividade não é uma exceção, mas sim uma propriedade da matéria.

No ano de 1900, os físicos Ernest Rutherford (neozelandês) e Pierre Curie (francês) identificam, separadamente e quase simultaneamente, dois tipos de emissões provenientes dos elementos radioativos: as partículas alfa e beta. Naquele mesmo ano, Paul Villard, físico francês, observa outra espécie de radiação eletromagnética, também emitida por esses elementos: a radiação gama.

Três anos mais tarde, Rutherford propõe a existência do núcleo atômico e posteriormente verifica-se que os fenômenos alfa, beta e gama ocorrem com os núcleos instáveis de alguns elementos químicos e que os átomos do elemento original são eventualmente transformados em novos elementos.

Rutherford e Soddy demonstram que a radioatividade natural deriva da transmutação espontânea e sucessiva dos elementos e mais tarde as séries radioativas são confirmadas por Soddy et Fajans. A partir dos estudos de Rutherford sobre a passagem dos raios através da matéria, Bohr desenvolve novas teorias que englobam grande parte dos fenômenos da física.

OS AVANÇOS DA FÍSICA NUCLEAR NO SÉCULO XX



Selo comemorativo: centenário de publicação de 5 teorias e a famosa fórmula $E=mc^2$, Mônaco, 2005

Em 1905 Albert Einstein formula a célebre equação sem a qual os progressos ulteriores da física nuclear dificilmente seriam concebidos. Surge a teoria da relatividade, trazendo uma nova visão sobre os conceitos de tempo e espaço, enquanto grandezas ligadas e relativas, dependentes do ponto de observação.

A partir de então são levados em consideração novos conceitos e teorias que revolucionam a ciência e mudam as bases da física. O ano de 1919 é duplamente importante para a física nuclear. É realizada a primeira transmutação artificial, modificando a natureza química de um elemento e transformando

um átomo de nitrogênio em um átomo de oxigênio. Neste mesmo ano é descoberta uma pluralidade de novos elementos atômicos cujas massas são múltiplas da massa de um átomo de hidrogênio. Se aos olhos da química os isótopos não representam novos elementos, sob o ponto de vista da física esta, é uma descoberta sem precedentes!

No início do século XX as propriedades terapêuticas do rádio são utilizadas para tratamento de doenças e tumores de pele e alguns tipos de câncer. Em 1920 é desenvolvida a técnica de “bomba de rádio”, também conhecida como *telecurieterapia*, que permite irradiar tumores mais profundos.

Ainda, na década de 1920, Rutherford (Inglaterra), W. D. Harkins (Estados Unidos) e Orme Masson (Austrália) sugerem, de forma independente, a possibilidade da existência de uma partícula sem carga resultante da combinação de um elétron (negativo) e um próton (positivo). A essa partícula foi dado o nome de nêutron, mas sua existência é comprovada apenas em 1932, quando James Chadwick, na Inglaterra, irradia uma folha de berílio com partículas alfa oriundas do decaimento do polônio.

No ano de 1932, C. D. Anderson comprova a existência do “elétron positivo” por meio de pesquisa das interações dos raios cósmicos em uma câmara de nuvens que também sugeriu o nome “pósitron”.

Em janeiro de 1934, o casal Irène Curie (filha de Pierre e Marie Curie) e Frédéric Joliot descobrem a possibilidade de se fabricar radioisótopos que não existem na natureza, por meio de bombardeamento de um núcleo estável. É a descoberta da radioatividade artificial.

O INÍCIO DA ERA NUCLEAR

Por volta de 1934, são dados os primeiros passos rumo à descoberta da fissão nuclear a partir da observação de Enrico Fermi, físico italiano, de que o bombardeamento do núcleo de certos átomos com nêutrons de velocidade moderada faz com que o núcleo capture o nêutron. Ele promove algumas experiências com o bombardeamento do urânio com nêutrons moderados no intuito de produzir novos elementos transurânicos até então desconhecidos. Em 1938, Lise Meitner e Otto Hahn explicam que “o núcleo do átomo de urânio é instável e, ao ser bombardeado com nêutrons moderados, rompe-se praticamente ao meio, originando dois núcleos de massa média e liberando 2 ou 3 nêutrons, além de mais energia”. A esse fenômeno é dado o nome de fissão nuclear.

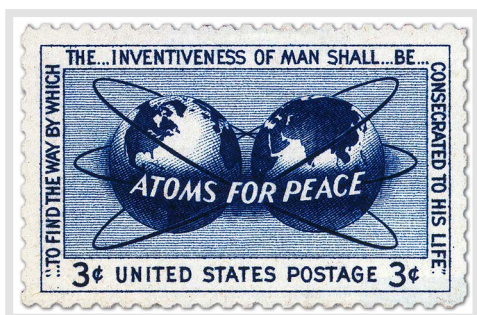
A Era Nuclear é impulsionada na época da Segunda Guerra Mundial, quando, nos Estados Unidos, Enrico Fermi, Niels Bohr, Albert Einstein e muitos outros cientistas investigam as possibilidades de aplicação da energia obtida a partir do urânio. O primeiro reator nuclear com uma reação em cadeia autossustentável do mundo entra em operação em 2 de dezembro de 1942, na Universidade de Chicago, e é batizado de “Chicago Pile”.

Os primeiros reatores nucleares são construídos com a finalidade de produzir o plutônio-239, a partir da reação de um nêutron com o urânio-238. Uma vez comprovada a reação nuclear autossustentável controlada, é cogitado o uso da energia produzida pela reação nuclear para a produção de energia elétrica. São propostos diversos conceitos e diferentes modelos para a construção dos reatores de potência.

Os avanços dos estudos da radiação, radionuclídeos e energia nuclear são marcados por diferentes períodos. Dado que o impulsionamento da Era Nuclear se dá em plena Segunda Guerra Mundial, em agosto de 1945 o mundo conhece o poder devastador das aplicações bélicas da tecnologia nuclear, com o lançamento das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki.

Contudo, os estudos da radioatividade não se restringem aos fins bélicos. Entre os anos 1940 e 1950, o estudo da radioatividade é direcionado à descoberta de novos elementos radioativos e ao entendimento das leis que regem seu comportamento. São promovidas investigações radioquímicas visando a utilização prática da energia nuclear com o estudo mais aprofundado das propriedades químicas dos elementos obtidos artificialmente, desenvolvimento de tecnologia de processamento de energia nuclear e resoluções quanto a aterros de rejeitos radioativos. A tecnologia nuclear, assim como todas as tecnologias, pode e deve ser aplicada em benefício da sociedade.

ÁTOMOS PARA A PAZ



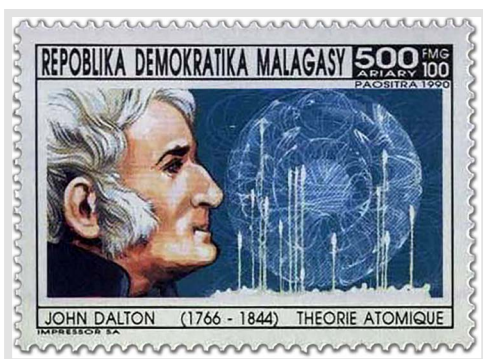
Selo em comemoração ao programa
"Átomos para a paz", EUA, 1955

Nos anos 1950, os Estados Unidos propõem um programa intitulado Átomos para a Paz, que consiste na liberação da utilização da energia nuclear para aplicações pacíficas e o desenvolvimento sustentável da sociedade. Em 1955 o acordo é assinado.

É por meio desse programa que o Brasil assina, já em 1955, o Acordo de Cooperação para o Desenvolvimento da Energia Atômica com fins pacíficos, voltado ao desenvolvimento das nações. Nas décadas subseqüentes, os estudos das aplicações benéficas das ciências nucleares se intensificam, trazendo progressivamente avanços nunca antes imaginados para esse ramo do conhecimento.

Nas próximas páginas apresentaremos alguns dos grandes cientistas e suas contribuições para a história das ciências nucleares.

◆ BIOGRAFIA DOS FAMOSOS



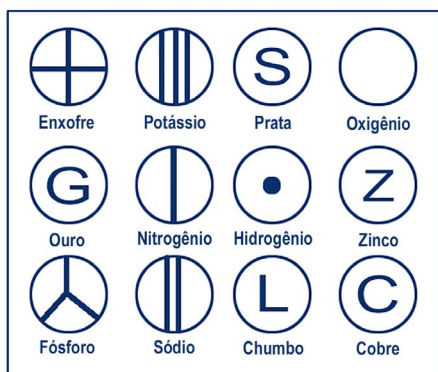
Selo em homenagem a John Dalton, Madagascar, 1990

DALTON: MODELO ATÔMICO BOLA DE BILHAR

John Dalton

Nasceu em 06/09/1766 em Eaglesfield, Inglaterra. Morreu em 27/07/1844 em Manchester, Inglaterra.

John Dalton nasce na Inglaterra, no seio de uma família modesta. Desde criança distingue mal as cores, porém demonstra grande aptidão para matemática, física e química. Ainda durante seus estudos, Dalton começa a ensinar na escola da comunidade Quaker, onde ganha pouco e, paralelamente, trabalha na fazenda de seus pais. Com 27 anos, ele é nomeado professor em Manchester, onde lhe é disponibilizado um laboratório, no qual pode conduzir suas pesquisas. Durante toda a vida, Dalton mantém seu interesse pelas cores, pois tanto ele como seu irmão têm a rara condição de não as perceber corretamente. Dalton descobre então um distúrbio na retina, de caráter genético e hereditário, ao qual dá o nome de daltonismo. Em 1803 inicia pesquisas inovadoras sobre a teoria atômica e seu trabalho precursor chama a atenção da comunidade científica da época. Sua teoria atômica é fundamental para futuros estudos sobre os elementos químicos e serve de base para a química moderna.



Elementos químicos simples propostos por Dalton

A partir do trabalho de Lavoisier, Dalton retoma a teoria do átomo como a menor parte da matéria, indivisível e indestrutível. Dalton desenvolve o modelo atômico hoje conhecido como “bola de bilhar”. Os átomos são representados por formas esféricas que diferem nos detalhes conforme o elemento químico. O átomo postulado por Dalton pouco se parece com o modelo de átomo que nós conhecemos hoje.

Dalton estuda também as proporções dos átomos nas moléculas: se dois elementos simples como oxigênio e hidrogênio se unem sempre na proporção 8:1, isso significa que 8 é uma propriedade do oxigênio e 1 é uma propriedade do hidrogênio. Evidentemente, Dalton não consegue “pesar” hidrogênio ou oxigênio para comprovar seus pesos relativos, mas muitos estudiosos da comunidade científica da época aceitam a hipótese de Dalton, entusiasmados com a possibilidade de mensurar os menores constituintes da matéria. É então estabelecida a nomenclatura “átomo” para as partículas simples e “moléculas” para as partículas compostas. Em 1830, todos os físicos e químicos já utilizam a representação H^2O para a molécula de água. Dalton é o inventor das massas atômicas, propondo valores de pesos atômicos aos diversos elementos químicos.



Selo em homenagem a J.J. Thomson por suas contribuições para a teoria atômica, Guiné-Bissau, 2009

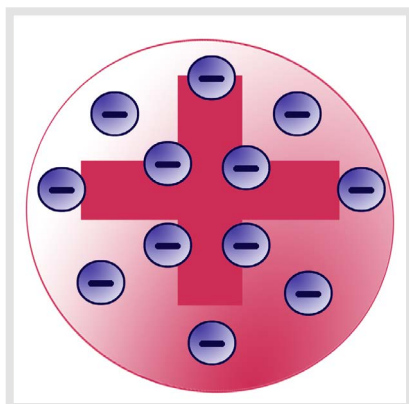
THOMSON: MODELO ATÔMICO PUDIM DE AMEIXA

Joseph John Thomson

Nasceu em 18/12/1856
em Manchester, Inglaterra.
Morreu em 30/08/1940
em Cambridge, Inglaterra.

Filho de pais escoceses, Thomson nasce no subúrbio de Manchester, em 1856. Em 1870 é aceito na Universidade de Manchester e em 1876 cursa a Trinity College, em Cambridge. Em 1884 se torna membro da Royal Society. Thomson empre-

ende uma série de pesquisas e experiências sobre os raios catódicos, que o leva à comprovação experimental da existência do elétron. A Thomson devemos a descoberta do elétron, dos isótopos e da espectrometria de massa. É ainda em 1884 que Thomson enuncia seu modelo atômico, popularmente conhecido como “pudim de ameixa”. Por suas pesquisas teóricas e experimentais sobre a condutividade da eletricidade nos gases, Thomson é laureado com o Prêmio Nobel de Física em 1906. Em 1908 torna-se membro da Ordem de Mérito (Order of Merit), uma honra concedida em nome do monarca, e recebe o título de Sir. É presidente da Royal Society entre 1916 e 1920. Após sua morte em agosto de 1940, é enterrado com honra na Abadia de Westminster.



Representação do modelo atômico de Thomson

O tubo de raios catódicos (também chamado tubo de Crookes) é uma ampola de vidro, vedada, repleta de gás rarefeito. Em seu interior há um fio metálico, cujas extremidades são ligadas a um polo positivo (ânodo) e a um polo negativo (cátodo). A passagem da eletricidade pelo gás evidencia um feixe luminoso: o raio catódico. Com o auxílio de campos elétricos e magnéticos externos à ampola, Thomson observa um desvio na trajetória dos raios, concluindo que são constituídos por partículas que possuem massa e possuem carga negativa. Repetindo o experimento com diferentes gases, conclui que a relação entre a massa e a carga da partícula é constante, independentemente da natureza do gás. Este é o experimento que o leva à descoberta do elétron. Conclui que o elétron está presente em qualquer matéria e, portanto, é um constituinte do átomo. A descoberta do elétron se dá em 1897, e em 1904 Thomson propõe um novo modelo atômico. Baseado na experiência com os raios catódicos, o modelo é representado por uma esfera carregada positivamente, com elétrons carregados negativamente. As experiências de Thomson dão início ao estudo da física subatômica e mudam o rumo da física moderna. Ainda na atualidade, as aplicações advindas desses estudos continuam a crescer na indústria e na pesquisa. Uma aplicação muito conhecida no século XX é a imagem da televisão, que é fornecida justamente por um tubo de raios catódicos!

Produzido pela Editora Recanto das Letras
em agosto de 2021.

A ciência e a tecnologia estão na vida cotidiana e contribuem para assegurar o estilo de vida que se almeja no século XXI.

Os benefícios da tecnologia nuclear na medicina, como os raios X, diagnósticos e tratamentos de cânceres são bem conhecidos, porém a população desconhece várias outras aplicações pacíficas. Este livro traz a interessante história da radioatividade, marcada por aplicações benéficas em várias áreas, além de conceitos básicos (e não tão básicos) sobre as radiações ionizantes.

O leitor conhecerá a radioproteção, que trata da proteção e segurança às pessoas e ao meio ambiente. Conhecerá as aplicações da radioatividade para desinfestação e preservação de alimentos e para o controle de insetos-praga na agricultura. Aprenderá ainda como as técnicas nucleares podem contribuir para a preservação do patrimônio cultural com adiamento dos processos de deterioração, datação de achados históricos e restauração de obras. Essas aplicações pacíficas das radiações, e o desenvolvimento tecnológico a elas associado, ainda são pouco conhecidas. O desconhecimento gera medo e desconfiança com relação ao setor nuclear, prejudicando o desenvolvimento científico do país.

Este livro propõe um novo olhar para a área nuclear e a valorização da ciência, da tecnologia e da inovação.

