

APLICAÇÕES DE TÉCNICAS NUCLEARES

Radionuclídeos como traçadores: para ver o comportamento de um íon ou composto em uma reação química ou processo.

Radionuclídeos como fontes de radiação: o que interessa é a radiação emitida e não o nuclídeo em questão.

Química

Medicina

Indústria

Agricultura

Química

⌘ Os traçadores radioativos são muito utilizados em química devido à sensibilidade e facilidade de detecção da atividade

⌘ Todos os átomos de um dado elemento são idênticos no seu comportamento químico



EXEMPLO: MARCAÇÃO DE COMPOSTOS COM RADIONUCLÍDEOS

Um átomo inativo é substituído por um átomo radioativo do mesmo elemento

-em compostos orgânicos, um átomo de ^{12}C pode ser substituído por um átomo de ^{14}C

Em KMnO_4 o $^{55}\text{Mn}^{7+}$ pode ser substituído por $^{56}\text{Mn}^{7+}$

É importante que o composto marcado e a substância investigada sejam quimicamente idênticas

ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS

Método analítico para a análise de elementos traço

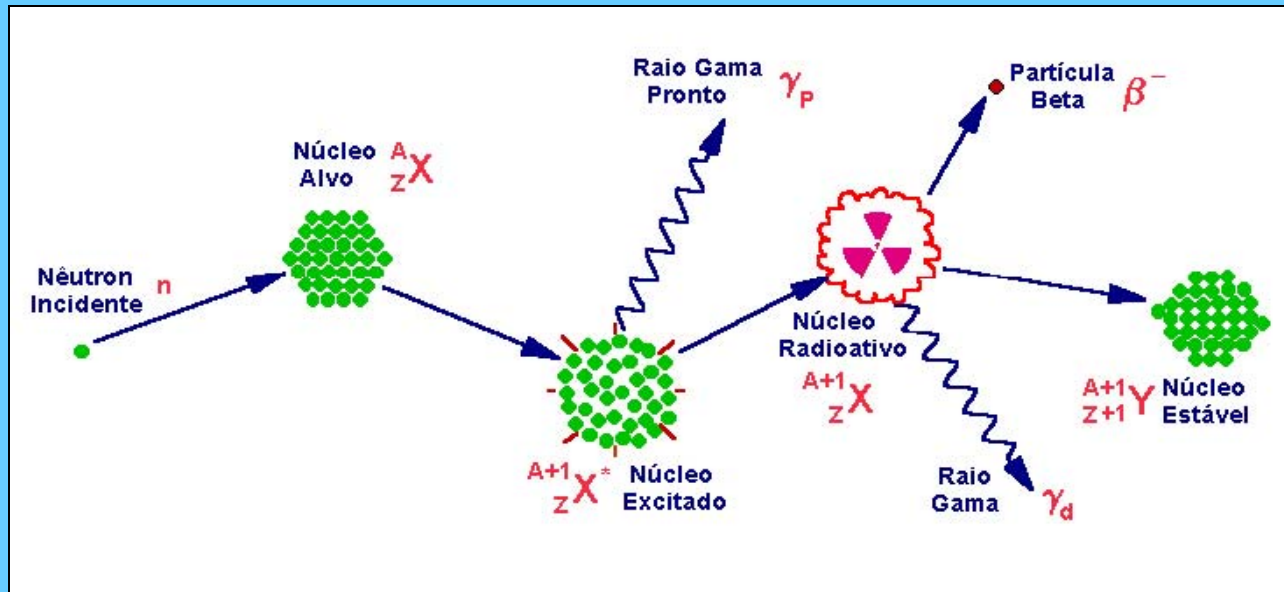
PRINCÍPIO:

**MEDIDA DA RADIAÇÃO GAMA INDUZIDA PELA
IRRADIAÇÃO COM NÊUTRONS**

REAÇÃO MAIS IMPORTANTE: (n, γ)



PRINCÍPIO DO MÉTODO



Representação esquemática da interação do nêutron com um núcleo alvo

Equação Fundamental

$$A = N \sigma \phi \varepsilon (1 - e^{-0,693t/T})$$

$$N = 6,02 \cdot 10^{23} f m/M$$

ε = eficiência do detector

m = massa do elemento em g

M = peso atômico

f = abundância relativa do isótopo alvo

T = meia-vida do radionuclídeo formado

ϕ = fluxo de nêutrons

σ = secção de choque

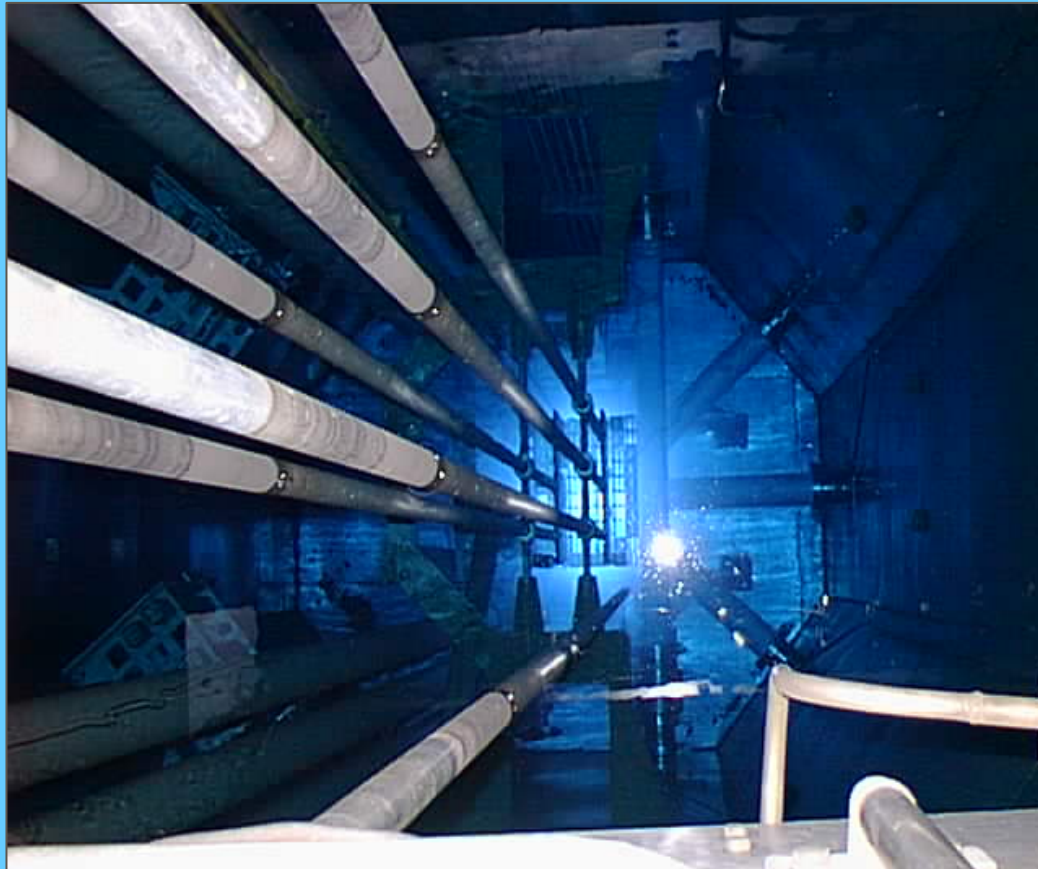
t = tempo de irradiação

INAA



- ⌘ 100-500 mg das amostras pesadas em envelopes de polietileno
- ⌘ Padrões: materiais de referência, soluções padrão
- ⌘ Irradiação no reator IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP ou na Estação Pneumática (depende da meia-vida do radioisótopo)

Reator Nuclear



INAA



- ⌘ **Espectrometria gama: detector de Ge hiperpuro**
- ⌘ **Contagens escalonadas no tempo**
- ⌘ **Espectros de raios gama- analisados pelo programa VISPECT**

Espectrômetro de raios gama



INAA - VANTAGENS



- ⌘ alta exatidão, precisão e sensibilidade
- ⌘ pequena quantidade de amostra
- ⌘ método não destrutivo
- ⌘ multielementar
- ⌘ ausência do “branco” analítico
- ⌘ método nuclear

INAA - DESVANTAGENS

- ⌘ não identifica a forma química do elemento
- ⌘ não determina elementos como oxigênio, carbono, enxofre, nitrogênio
- ⌘ análise demorada para alguns elementos
- ⌘ necessidade de um reator nuclear

Linhas de Pesquisa



⌘ Aplicações da AAN ao estudo de amostras ambientais, biológicas, geológicas, alimentos, agropecuárias, arqueológicas

Amostras de Interesse Ambiental

- ⌘ Determinação de mercúrio e metil-mercúrio em cabelos humanos: avaliação da exposição de populações brasileiras ao mercúrio – índios do Parque do Xingu e crianças da região Amazônica – cerca de 30 ppm de metil-Hg - **INPA e Escola Paulista de Medicina**
- ⌘ Determinação de metais pesados em sedimentos de baías, rios, lagos, represas - avaliação de contaminação: represa Billings, baía de Sepetiba **UFF, IG-USP.**

Amostras de Interesse Ambiental

⌘ Análise de ouro e de elementos do grupo da platina (Pt, Pd, Rh, Ir, Os, Ru) - determinação em solos próximos a rodovias - catalisadores de automóveis - **IG-UNICAMP**

⌘- Análise de solos urbanos (região metropolitana de São Paulo) para avaliação da concentração de metais - **IG-USP, IG-UNICAMP**

Amostras de Interesse Ambiental



- ⌘ Determinação de elementos-traço em biomonitores
- ⌘ **líquens, bromélias** – avaliação da poluição atmosférica por metais na RMSP
- ⌘ **mexilhões** – transplantados de local “limpo” para pontos do litoral de São Paulo – biomonitores de elementos tóxicos (Cd, Pb, Hg, As)

Análise de elementos tóxicos em embalagens plásticas


São Paulo gera cerca de 700 toneladas de embalagens plásticas por dia (10% do lixo total)

Incineração: libera muitos elementos tóxicos para a atmosfera

Análise de : sacos de lixo, produtos de limpeza, embalagens de alimentos, bebidas, etc.

Ex: Cd em embalagens de margarina

Sb em embalagens de refrigerantes



Estudo da migração do elemento do plástico para o alimento (verificação da concentração no alimento (limites máximos permitidos))

Método simples: irradia o plástico e coloca em contacto com o alimento

Sb, Co (elementos presentes no plástico)

Amostras Biológicas

- ⌘ **Análise de tecidos biológicos: cabelos, unhas, ossos - estudo da correlação com doenças humanas (deficiências nutricionais, osteoporose) - FM-USP**

Análise de Cabelo:

- **avaliação do estado nutricional do indivíduo**
- **detecta contaminação de metais (ex: As, Hg)**

Vantagens: Facilidade de coleta

Estabilidade

Concentra elementos traço

Associação a doenças, violência (baixas concs de Na, Ca, Mg e K)

Amostras Biológicas

⌘ **Análise de metais em cérebro humano: estudo da correlação com mal de Alzheimer - FM-USP**

- Autópsias - IML

Certos elementos formam radicais livres (Ex: Al)

Há controvérsias – depende da região do cérebro

Programa visando melhoria da qualidade de vida da população

Amostras Biológicas

Análise de:

- Cálculos renais e biliares

- Pulmões: minas de carvão – na chapa não aparecem diferenças – análise de pedaços de pulmões de pessoas que faleceram e comparou com pessoas controle– tinha mais U, TR.

- Osso (osteoporose)

- Unhas (fibrose cística)

- Dentes permanentes e decíduos (1a. dentição)

Avaliação estado nutricional (dentes cariados e sadios)

Cáries: falta de Zn

Amostras Biológicas

⌘ **Análise de venenos de serpentes brasileiras:**
estudar a função dos metais em venenos –

**Ex: Zn desempenha papel fundamental na atividade hemorrágica
do veneno de algumas espécies**

Parceria: Instituto Butantan

Análise do Ovo da Serpente

**-Anta virus – vem do rato - necessidade de serpentes para
manter o equilíbrio ecológico
– a criação de serpentes é difícil – ver se o ovo se
desenvolve mesmo sem estar dentro da serpente – análise
do ovo para estudo da concentração dos elementos**

⌘ Análise de plantas medicinais: identificação de constituintes ativos

Uso como anti-inflamatório, sedativo, bactericida, diurético, etc.

Altas concentrações de K → ação diurética

Altas concentrações de Ca, Mg → problemas estomacais –

Caseárea sylvestris – análise de solos

Testes com ratos – ingere solução de ácido acético em situações de stress

O rato fica com úlcera – aí ministra o extrato da planta – depende de onde foi cultivada

Amostras Geológicas



- ⌘ Terras raras, (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb Yb, Lu), Sc, U, Th, e outros traços: aplicações em Geociências
 - **IG-USP, IG-UNICAMP, IG-UFRGS, IG-UnB**

Alimentos e Dietas - Avaliação Nutricional

- ⌘ **Avaliação de elementos tóxicos e essenciais na dieta (dieta total) em São Paulo a partir de dados de consumo de alimento (IBGE).**
- ⌘ **Avaliação de elementos tóxicos e essenciais em cogumelos comestíveis e dietas de crianças da região Amazônica (parceria com o INPA).**
- ⌘ **Avaliação nutricional do leite materno (Fe, Zn e Ca)**

Amostras Agropecuárias



- ⌘ Determinação de elementos-traço em micro-elementos em solo - caracterização de solo tratado com insumos agrícolas (fertilizantes, agroquímicos)
- ⌘ Determinação de elementos-traço em espécies forrageiras, gramíneas
- ⌘ Determinação da composição de subprodutos agroindustriais (nutrição animal) - **EMBRAPA**

Amostras Arqueológicas

Caracterizar a origem de cerâmica pré-histórica brasileira - indicador da cultura indígena - reconstituição temporal e cultural de populações
- MAE-USP

Análise de moedas – época de fabricação de acordo com a composição em metais

Análise de tintas – verificação da autenticidade de quadros

Ex: Ti (tintas atuais)

Criminalística



- Comparação de balas de chumbo para verificação da procedência
- Análise de resíduo de pólvora depositado na pele de suspeitos (Sb)
- Identificação de envenenamento (unhas, cabelos)
Ex: As (Napoleão)

Exemplo do uso da INAA em criminalística

Carolina do Norte, 1989 – Blanche K. Taylor Moore

Considerada culpada por envenenamento por As de um antigo namorado

Durante 1989-1990 tomaram-se para análise amostras de outras 5 pessoas que poderiam também ter sido suas vítimas

Outubro de 1990 – no julgamento apresentaram-se as análises de cabelo – foi considerada culpada e condenada à morte (assassinato em 1º grau)

2 não apresentaram sinais de envenenamento – [As] = 1-2 ppm

4 outras sim: seu marido atual (hospital) – 50 ppm de As

Seu antigo namorado (morto em 1986) – 70 ppm de As

Outro antigo namorado (morto em 1973) – 42 ppm de As

Seu pai (morto em 1966) 32-38 ppm de As

Análise de ligas metálicas

- ⌘ **Análise de impurezas (As, V, Cr, Fe, Mo, Ni) em aço e ferro**
- ⌘ **Análise de Ta em Nb**
- ⌘ **Análise de Ti usado para implantes**

SERVIÇOS



- ⌘ **Análise por ativação neutrônica de elementos químicos diversos**
- ⌘ **Departamentos do IPEN e da CNEN**
- ⌘ **Universidades e Institutos de Pesquisa**
- ⌘ **Indústrias**
- ⌘ **Empresas de Mineração**

Considerações Finais



- ⌘ **INAA: método sensível e exato para vários tipos de matrizes**
- ⌘ **Fornece informações úteis para diferentes áreas do conhecimento**
- ⌘ **LAN: parcerias com vários setores da sociedade**

APLICAÇÕES DE TÉCNICAS NUCLEARES

TRAÇADORES RADIOATIVOS

Produção de radioisótopos:

Depende da aplicação: medicina, indústria, agricultura

Produção em Reatores

Vantagens: facilidade de irradiação e preparo do alvo

**Desvantagens: produtos ricos em nêutrons (emissores β^-)
secções de choque baixas – alvos enriquecidos**

FONTES DE RADIAÇÃO

Reatores nucleares

Aceleradores de partículas

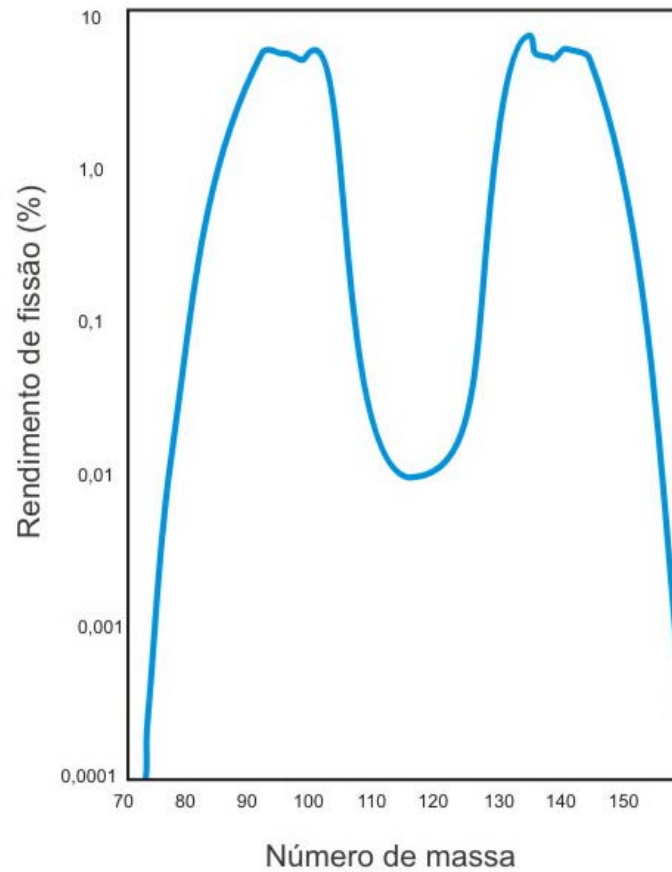


Fig 24. Curva de rendimento de fissão para o caso da fissão de ^{235}U , provocado por nêutrons térmicos.

Produção de radioisótopos em reatores



Separação química complexa

- Gerenciamento de rejeitos
- Blindagem
- Produtos: ^{99}Mo , ^{131}I

APLICAÇÕES DE TÉCNICAS NUCLEARES

Aceleradores de partículas: para a produção de alguns isótopos radioativos é necessário dispor de feixes de partículas carregadas de grande energia



O alvo deve ser fino porque as partículas carregadas têm pouco poder de penetração e uma grande quantidade de energia é gerada durante a reação provocando o aquecimento da amostra (deve ser resfriada durante a irradiação)

Vantagens: produtos deficientes em nêutrons → decaimento por captura eletrônica (C.E.) ou β^+

ACELERADORES



-Fontes de partículas carregadas

-Prótons (p)

-Deuterons (d)

-Hélio-3 (${}^3\text{He}$)

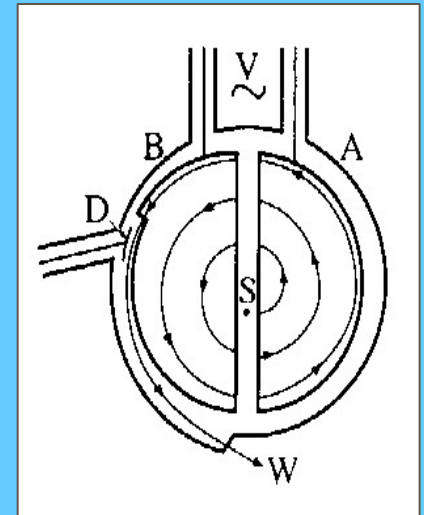
-Alfa (α)

-Mais utilizados: **Cíclotrons e Aceleradores Lineares**

Ciclotron: fonte de partículas carregadas (prótons)

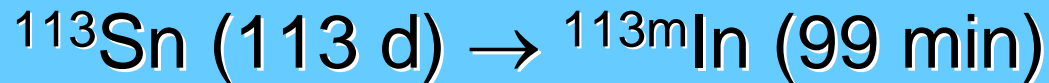
- produtos pobres em nêutrons

- decaem geralmente por C.E. ou β^+ - diagnóstico



GERADORES

Pai pode ser produzido em reator ou em ciclotron



MEDICINA NUCLEAR

DIAGNÓSTICO

Visualização de órgãos, localização de tumores

TERAPIA

Fontes radioativas para terapia

Radioisótopos são usados na preparação de **radiofármacos** para diagnose clínica

O radioisótopo deve ter:

- **Meia-vida curta**
- **Raios γ entre 50 e 500 keV sem causar excessiva irradiação do tecido por outras emissões (partícula de alta energia)**
- **Alta atividade específica para ser administrado pequeno volume**
- **Forma química adequada de modo a ter a distribuição fisiológica desejada \rightarrow constante de decaimento (λ) no corpo = soma $\lambda_{\text{física}} + \lambda_{\text{biológica}}$**

MEDICINA NUCLEAR

Princípio: projeções bidimensionais da distribuição do radioisótopo são produzidas em uma câmara de cintilação (cristal de NaI) – mostra as imagens de forma e tamanho e posição do órgão estudado

Exemplos: ^{131}I - $t_{1/2} = 8$ dias (Figura)

^{123}I - produzido no IPEN



**$t_{1/2} = 13,2\text{h}$ $E_{\gamma} = 159 \text{ keV}$ – Baixa dose ao paciente
ausência de radiação β
recomendado a crianças**

Tireóide: Bócio, Câncer

MEDICINA NUCLEAR



Injetado na forma de cloreto de tálio –comporta-se como o K

Coração: -detecção de doença arterial coronariana

- avaliação da extensão da área comprometida

- avaliação da terapêutica

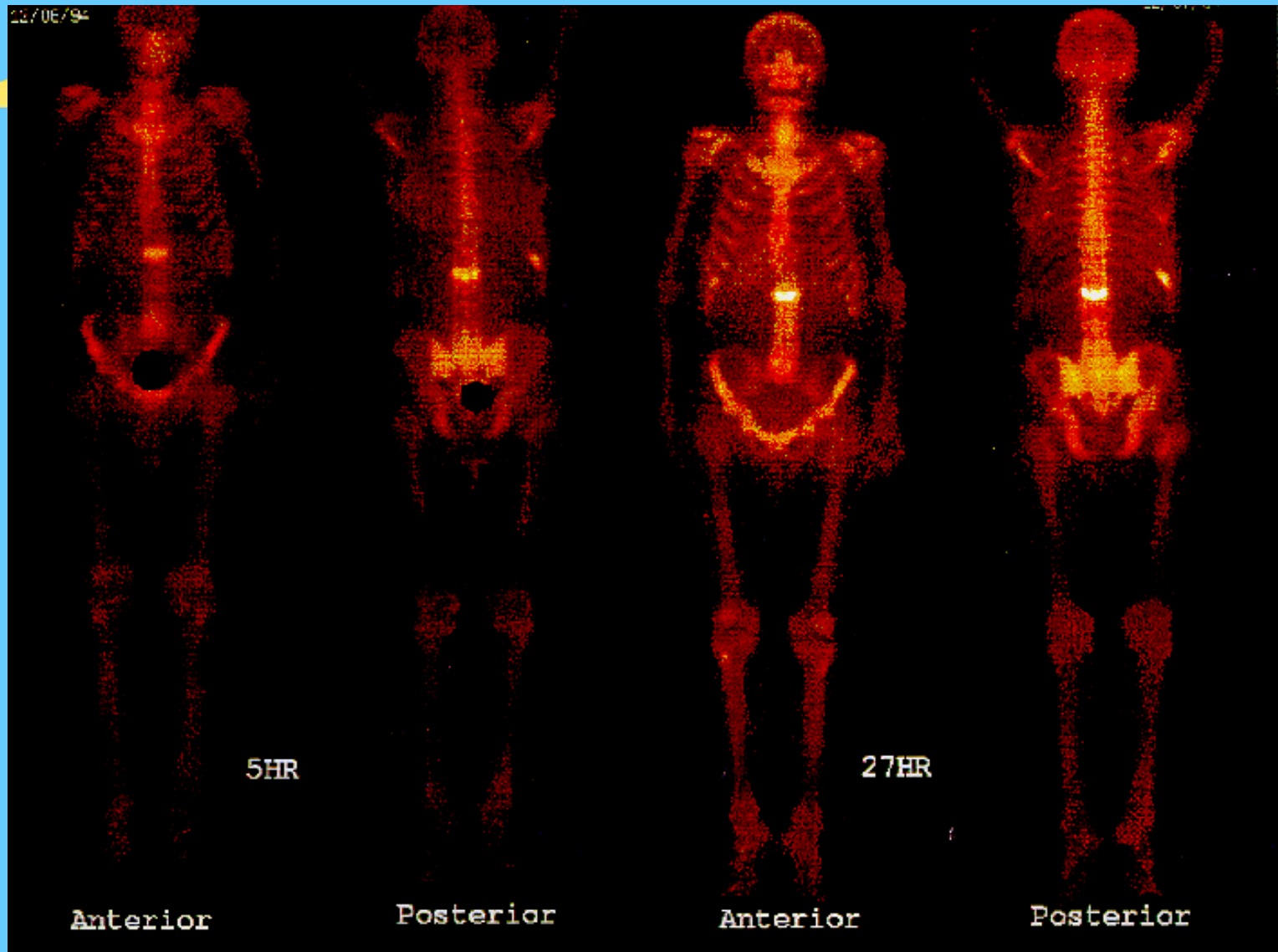
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - cérebro, fígado, ossos, pulmão

Gerador: ^{99}Mo - $^{98}\text{Mo} (n,\gamma)^{99\text{m}}\text{Tc}$

$t_{1/2} = 6,0\text{h}$, $E \gamma = 141 \text{ keV}$, C.E.

Baixa dose ao paciente, baixo custo

Metástases ósseas com ^{153}Sm -EDTMP



MEDICINA NUCLEAR

PET – Tomografia por emissão de pósitrons

Produção em ciclotron – $^{18}\text{O} (p,n)^{18}\text{F}$

Água natural como alvo: baixo custo

$t_{1/2} = 110 \text{ min}$

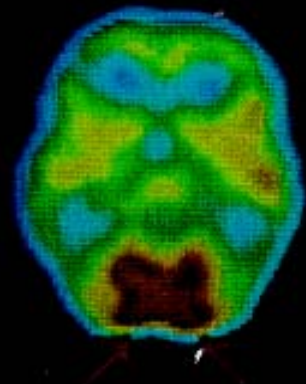
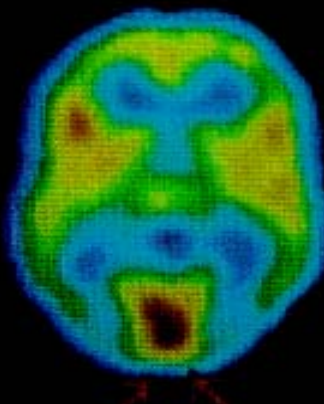
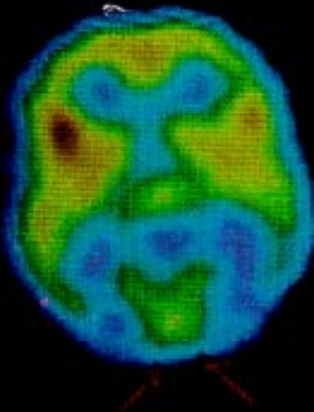
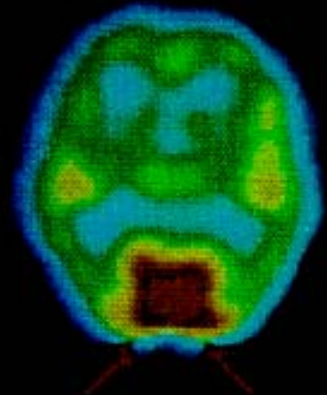
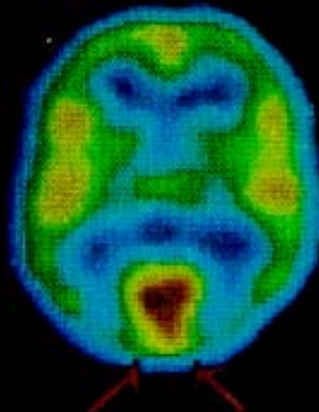
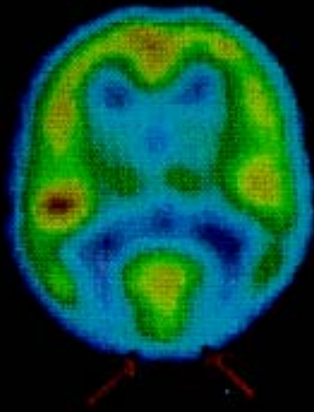
Decai por emissão de pósitrons (β^+)

$\beta^+ + e^- \nearrow \gamma (511 \text{ keV})$

$\searrow \gamma (511 \text{ keV})$

Facilmente detectáveis

Marcação de glicose “in vivo” com ^{18}F – tomografia de cérebro

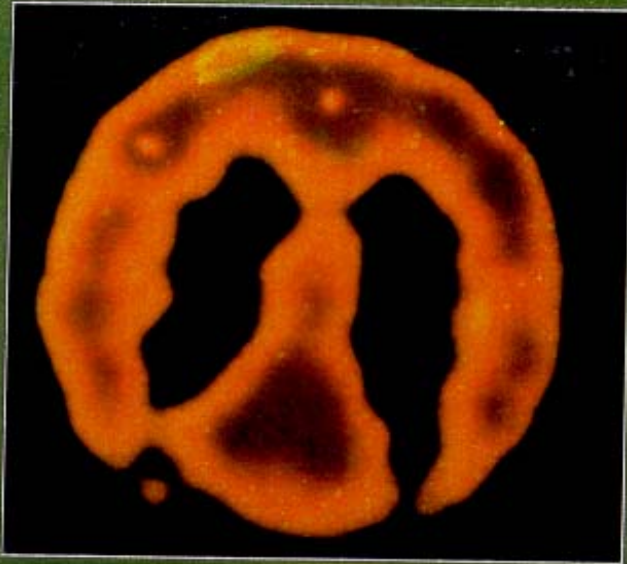


EYES CLOSED

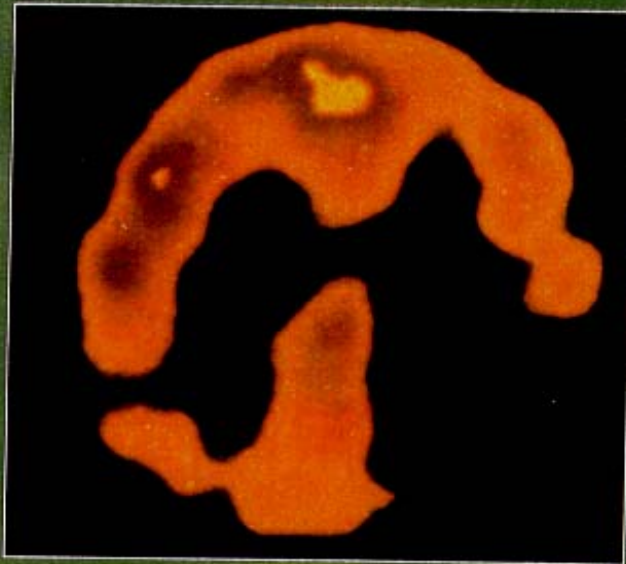
EYES OPEN

COMPLEX SCENE

Normal
Brain



Alzheimer's
Disease
Brain



The brains of Alzheimer's disease patients show distinctive patterns when imaged by PET. The scan of a normal brain is pictured at the top. Below, the scan of a 65-year-old woman with Alzheimer's, who could no longer set a table or make a bed, reveals loss of activity in the right hemisphere, where spatial relationships are controlled.

EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO

Seres vivos são constantemente bombardeados por vários tipos de radiação:

Luz Visível

Luz Infravermelha

Radiação Ultravioleta

Ondas de Rádio

Raios X

Raios Cósmicos

TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA → EFEITO BIOLÓGICO

EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO

Úteis: Fotossíntese nas plantas

Deletérios: resultantes da exposição a quantidades excessivas de formas de radiação

Radiações ionizantes:

Raios X e γ , partículas α , β , n, p, etc. → efeitos genéticos e somáticos

Descoberta dos raios X (Roentgen, 1895) – emprego na prática médica se difundiu sem preocupação com os eventuais perigos – Mme. Curie

Emprego de material radioativo na indústria, medicina, agricultura → aumento do risco de acidentes e de danos biológicos → radiobiologia

Ganhou importância após a 2ª guerra – Hiroshima e Nagasaki

Chernobyl – Goiânia – informações a respeito dos danos causados por radiações ionizantes.

RADIOTERAPIA

Aproveita-se o caráter letal de doses elevadas de radiação para destruir tecidos cancerosos – fontes de ^{60}Co e ^{137}Cs

BRAQUITERAPIA: tratamento de áreas reduzidas em tempos curtos ^{192}Ir , ^{197}Au , ^{137}Cs , ^{125}I

Fontes radioativas são implantadas na região de interesse geralmente após extirpação do tumor, com a finalidade de esterilizar o tecido remanescente

Radiações externas (RX , ^{60}Co) – o feixe deve atravessar tecidos normais – doses \geq ao tumor

Braquiterapia: contacto direto

área afetada: grandes doses

tecido periférico: protegido

RADIOTERAPIA

^{125}I – SEMENTES RADIOATIVAS UTILIZADAS NO TRATAMENTO CONTRA O CÂNCER DE PRÓSTATA

Menor que um grão de arroz (0,8 mm de diâmetro por 4,5 mm de comprimento) são instaladas e permanecem na próstata do paciente permanentemente.

Cada paciente recebe uma média de 100 sementes durante o tratamento.

O iodo-125 emite radiação de baixa energia, suficiente apenas para tratar o tumor, não afetando outras partes do organismo

Entre 10 meses e um ano deixa de ser radioativo, portanto não há perigo em deixá-lo no paciente.

Evita a extração parcial ou total da próstata, que pode provocar efeitos colaterais como impotência ou incontinência urinária.

O paciente não precisa ficar internado.

Eficácia de 85%, significando a cura do paciente.

TERAPIA POR CAPTURA DE NÊUTRONS EM BORO (BNCT)

Permite a utilização da radiação emitida em um reator nuclear para terapia de câncer. Coloca-se junto ao tumor um composto que sofre reação quando irradiado com nêutrons (boro).

Câncer de cérebro: compostos específicos de boro injetados na corrente sanguínea se depositam preferencialmente na região do tumor. Os nêutrons bombardeariam o tumor liberando partículas de alta energia e de curto alcance causando a destruição das células tumorais marcadas com boro.

Irradiação de sangue para transfusão em pacientes com sistema imunológico debilitado

Transfusões de sangue e transplantes de medula óssea: pacientes que sofrem de leucemia e outros tipos de câncer - CDTN (BH)

Diminui as chances de rejeição do sangue por parte do receptor

Irradiação de bolsas de plaquetas e hemácias – destrói os linfócitos do doador – suas células de defesa – diminui a rejeição

São também usuários: prematuros e fetos (transfusão intra-uterina)

Vantagem: o procedimento é feito com material já embalado – diminui as chances de recontaminação

Banco de tecidos irradiados

Enxertos de pele para tratamento de pacientes queimados – HC

Elimina bactérias, fungos vírus

– evita infecções, doenças contagiosas

- diminui a rejeição do tecido pelo paciente

Esterilização por produtos químicos: resíduos, aquecimento, alteração das propriedades químicas

Radioesterilização: é feita na embalagem → menor risco de contaminação

APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES NA INDÚSTRIA

FONTES SELADAS: isótopo radioativo está hermeticamente fechado em uma cápsula metálica e não tem contacto direto com nenhum material externo

Radiação gama: medidas de espessura de lâminas metálicas, plásticos, borrachas - fontes de ^{60}Co , ^{241}Am

- Controle de qualidade do produto
- Regulagem automática do processo

A radiação transmitida está diretamente relacionada com a espessura da amostra

APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES NA INDÚSTRIA

Uso da radiação ionizante para obtenção de materiais com maior resistência mecânica, elétrica, térmica.

Ex: fios e cabos elétricos – indústria automobilística, aeronáutica, naval, de computação, etc.

Vantagens: dispensa a a adição de reagentes – produto puro

Irradiação de diferentes tipos de polímeros (polietileno, PVC) – feixe de elétrons de um acelerador

Cura de resinas para revestimento de madeira, aglomerados, metais, mármore

Irradiação de polietileno para fabricação de espumas – a reticulação faz com que os poros fiquem mais fechados e homogêneos e o material adquira maior resistência térmica e mecânica

APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES NA INDÚSTRIA

Traçadores Radioativos

- . alta sensibilidade de detecção
- . medidas “in situ”
- . meia-vida compatível
- . medida seletiva
- . observação de reações químicas e processos físicos mesmo em sistemas fechados, altas temperaturas e altas pressões, em tempo real por técnicas de medidas não invasivas

Traçadores Radioativos

A thick, horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the slide below the title.

- **Medidas de fluxo**
- **Localização de vazamentos e entupimentos em tubulações**

APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES NA INDÚSTRIA

Exemplos de uso de traçadores radioativos

Ex: estudo do tempo de residência em estação de tratamento de efluentes – Barueri e Suzano – trajetórias preferenciais e zonas de estagnação do fluxo na lagoa

Bromo-82 ($t_{1/2}=36h$) ou Iodo-131 ($t_{1/2}= 8$ dias) - aplicados em digestores - tanques fechados onde os lodos são transformados em matéria orgânica mineralizada – encaminhado a aterros sanitários

Um espectrômetro portátil e uma sonda cintiladora são posicionados na seção de saída dos efluentes da lagoa e detectam a radiação emitida.

Controle de eficiência dos processos de tratamento

APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES NA INDÚSTRIA

Fontes seladas

- **medidores nucleares: espessura, densidade, massa e nível**

- $I = I_0 e^{-\mu \rho x}$

- μ = coeficiente de absorção

- x = espessura

- **Fontes: ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr (β)**

ESTERILIZAÇÃO BACTERIOLÓGICA DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS E DE USO MÉDICO

Inativação de microorganismos pela radiação

Direta: ioniza uma parte da molécula de DNA, enzima ou qualquer outro componente vital da célula → destruição ou inibição de sua reprodução

Indireta: radicais livres ($\text{OH}\cdot$, $\text{H}\cdot$, H_2O_2) – podem interagir com componentes vitais dos microorganismos e causar danos letais

Substitui métodos convencionais

Altas temperaturas e pressões em autoclaves: o material precisa ser resistente

Óxido de etileno (EtO): os produtos são submetidos ao gás
- impactos ambientais – produto tóxico e cancerígeno

ESTERILIZAÇÃO BACTERIOLÓGICA DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS E DE USO MÉDICO



Vantagens:

- Primeiro e único processo contínuo de esterilização
- Todo o material é irradiado de maneira uniforme
- Não há manuseio do material em qualquer fase do processo
 - Como a radiação tem boa penetração, produtos embalados podem ser esterilizados – não há manuseio posterior
- Os produtos podem ser utilizados imediatamente após o processamento por irradiação

Desvantagens:

- Custo: US\$60 a US\$80 por metro cúbico

TÉCNICAS NUCLEARES NA AGRICULTURA

Controle a pragas: alternativa econômica e segura ao uso de defensivos agrícolas

Ex: Piracicaba (CENA) - mosca da fruta e vespas – os insetos machos são esterilizados por irradiação para que, ao acasalar com fêmeas férteis, não gerem descendentes → redução da população de moscas até erradicação da praga.

Já é uma realidade em países como México e Estados Unidos – o primeiro a utilizar com sucesso a irradiação no controle de pragas, para erradicar a mosca varejeira

Mais barato que o emprego de agrotóxicos – é possível erradicar a praga na região – com inseticida isso não acontece

TÉCNICAS NUCLEARES NA AGRICULTURA

Fertilização e nutrição de plantas

Os “traçadores” ajudam a pesquisar os mecanismos de absorção de nutrientes do solo pelas plantas e a eficiência de adubação.

Problemas ambientais

Pesquisa do efeito da poluição no solo, nas águas e atmosfera, decorrentes do uso de agrotóxicos.

Conhecimento de ecossistemas naturais, como ciclo das águas, nutrientes.

IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

Processo físico de tratamento comparável à pasteurização térmica
Envolve a exposição do alimento, embalado ou não, a um dos três tipos de radiação ionizante: gama, raios X ou feixe de elétrons.

Energia gama: radiação eletromagnética de comprimento de onda muito curto (penetrante). A fonte mais comum de raios gama para irradiação de alimentos é o ^{60}Co .

A organização Mundial de Saúde concluiu que a irradiação de alimentos é segura e benéfica.

O valor nutricional de alimentos irradiados foi comparado a alimentos tratados por outros métodos com resultados favoráveis

IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

Os alimentos possuem componentes básicos que regulam sabor, aspecto e valor nutritivo

Doses altas → necessárias para esterilizar completamente o alimento → desvantagens: alteração das propriedades, toxicidade

Doses baixas → não alteram as propriedades e estendem a vida de alimentos estocáveis.

Alimentos irradiados abaixo de 10kGy não apresentam risco toxicológico nem geram problemas nutricionais ou microbiológicos.

IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO

Aparecimento de brotos em tubérculos após um determinado período de armazenamento ⇒ deterioração ⇒ prejuízos

Irradiação com doses de 50-100 Gy – inibe definitivamente a germinação – prolonga o período de armazenamento de batata, alho, cebola, etc.

IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

DESINFESTAÇÃO

Controle de insetos e parasitas :

- morte ou inibição da reprodução de insetos adultos
- evita que larvas e ovos terminem o ciclo

Frutas, grãos, farinhas, legumes

PASTEURIZAÇÃO

Alimentos frescos não podem ser submetidos à pasteurização térmica

~4000 Gy – prolonga o período de consumo de carnes, pescados, mariscos, aves, etc.

OUTRAS APLICAÇÕES RELEVANTES

Utilização da radiação para modificar proteínas presentes no veneno das serpentes, como por exemplo, a crotoxina, principal componente do veneno da cascavel

Possibilita reduzir a toxicidade do veneno ⇒ contribui para redução da porcentagem de mortes de animais cujo sangue é usado na produção de soro antiofídico.

O alto grau de toxicidade é responsável pela morte de 10% dos animais – na sua maioria cavalos.

A radiação permite uma diminuição de 50% da toxicidade do veneno sem alterar as suas propriedades imunológicas

OUTRAS APLICAÇÕES RELEVANTES

Tratamento de águas e esgotos por aceleradores de elétrons

Esgotos lançados em rios causam danos à vida aquática e ao homem: contêm parasitas, compostos orgânicos, rejeitos industriais tóxicos, microorganismos, etc.

Utilização de feixes de elétrons de alta energia para a degradação química de compostos orgânicos de origem industrial e para desinfecção de esgotos e lodos de origem doméstica

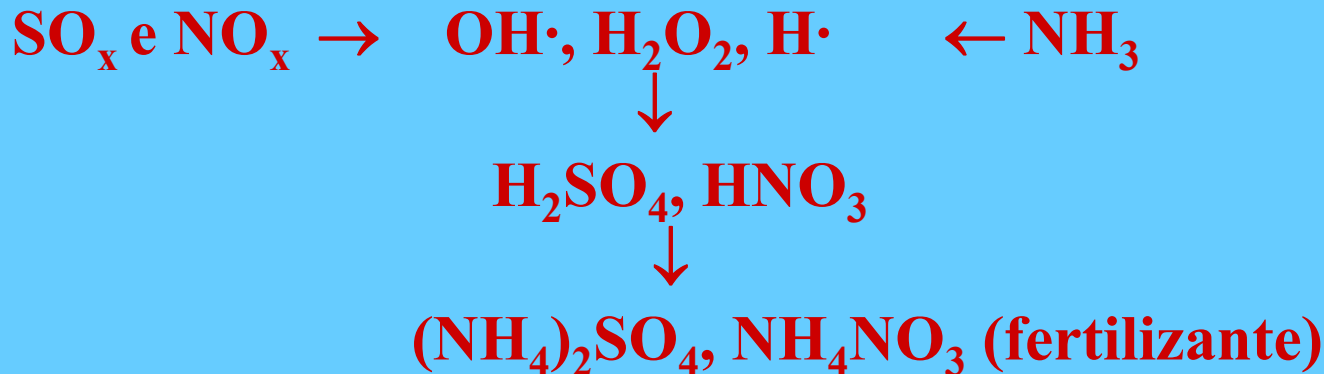
Interação da radiação com a água e poluentes → degradação de moléculas e inativação de microorganismos

Dispensa a adição de produtos químicos e ocorre à temperatura ambiente

Tratamento de gases tóxicos SO_2 e NO_x por aceleradores de elétrons

Emissões de SO_2 e NO_x para a atmosfera → principais fontes de poluição ambiental → chuva ácida → doenças respiratórias, devastação de florestas, acidificação de lagos

Interação dos elétrons com componentes do gás:



- Processo seco: não tem sub-produto
- Não gera radioatividade
- 95% de eficiência de remoção para SO_2

NEUTRONGRAFIA

Similar a uma radiografia convencional, porém utiliza um feixe de nêutrons no lugar do raio-X para formar a imagem

Mostra a imagem em tempo real → permite a visualização de objetos suspeitos → detectar a presença de explosivos plásticos e cocaína em embalagens de pequeno porte como malas e pacotes.

Como: os nêutrons reagem com o N, O, H e C presentes no material e provocam emissões de raios gama → energia e intensidade características do elemento absorvedor

Explosivos: alta concentração de N e O e baixa concentração de H e C

Narcóticos: alta concentração de H e C e baixa concentração de N e O