CURSO DE RADIOPROTEÇÃO

COM ÊNFASE NO USO, PREPARO E MANUSEIO DE FONTES RADIOATIVAS NÃO SELADAS

COORDENADORIA DE ADMINISTRAÇÃO GERAL

DIVISÃO DE SAÚDE OCUPACIONAL

SEÇÃO TÉCNICA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

PROGRAMAÇÃO

- Radiação: características e modos de interação
- Efeitos biológicos das radiações ionizantes
- Grandezas e unidades utilizadas em radioproteção
- Tipos de fontes e modos de exposição
- Princípios básicos de radioproteção
- Fatores de proteção radiológica

PROGRAMAÇÃO

- Situações de emergência
- Detectores de radiação
- Gerenciamento de rejeitos radioativos
- Procedimentos de radioproteção e monitoração
- Noções básicas das Normas e Regulamentos CNEN
- Aplicações da radiação em outras áreas

RADIAÇÃO

Forma de Energia

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

DOIS GRANDES GRUPOS:

RADIAÇÃO IONIZANTE

X

RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE

DIFERENÇA:

ENERGIA

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

RADIAÇÃO IONIZANTE

- **Energia suficiente para arrancar elétrons de um átomo - produção de pares de íons**
- **Partículas carregadas: Alfa, Beta, Prótons, Elétrons**
- **Partículas não carregadas: Nêutrons**
- **Ondas eletromagnéticas: Gama, Raios X**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE

- Não possui energia suficiente para arrancar elétrons de um átomo
- Pode quebrar moléculas e ligações químicas
- Ultravioleta, Infravermelho, Radiofreqüência, Laser, Microondas, Luz visível

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

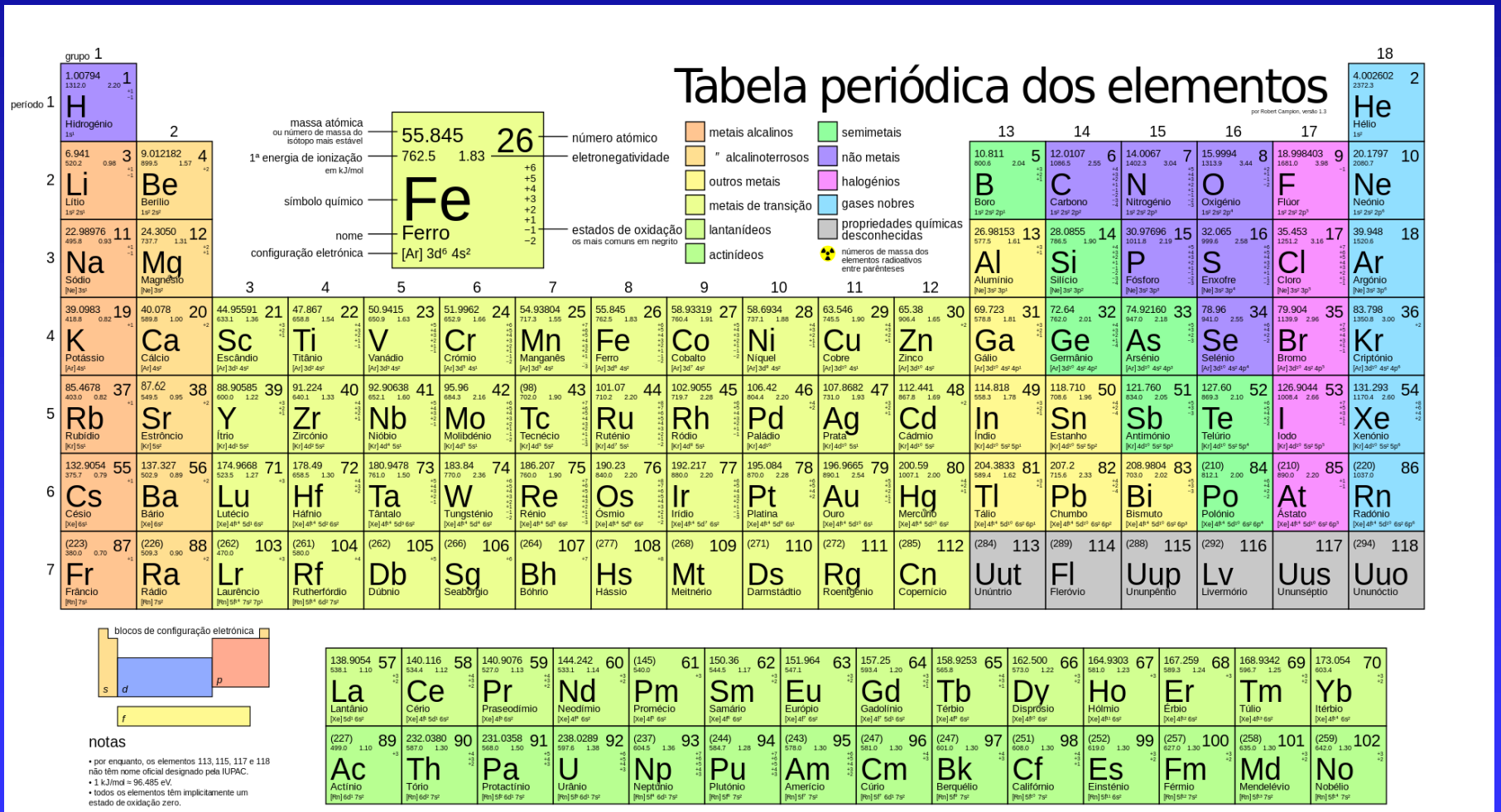
Estrutura Atômica e Nuclear da Matéria

Modelo Simplificado do Átomo

- **Núcleo**
  - ↙ **prótons: 1,007 u.m.a. 1 carga positiva**
    número atômico - elemento químico
  - ↙ **Nêutrons: 1,008 u.m.a.**
    Carga neutra
    Isótopos
  - ↙ **Nêutrons + Prótons = N.º de massa**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Estrutura Atômica e Nuclear da Matéria



RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Estrutura Atômica e Nuclear da Matéria

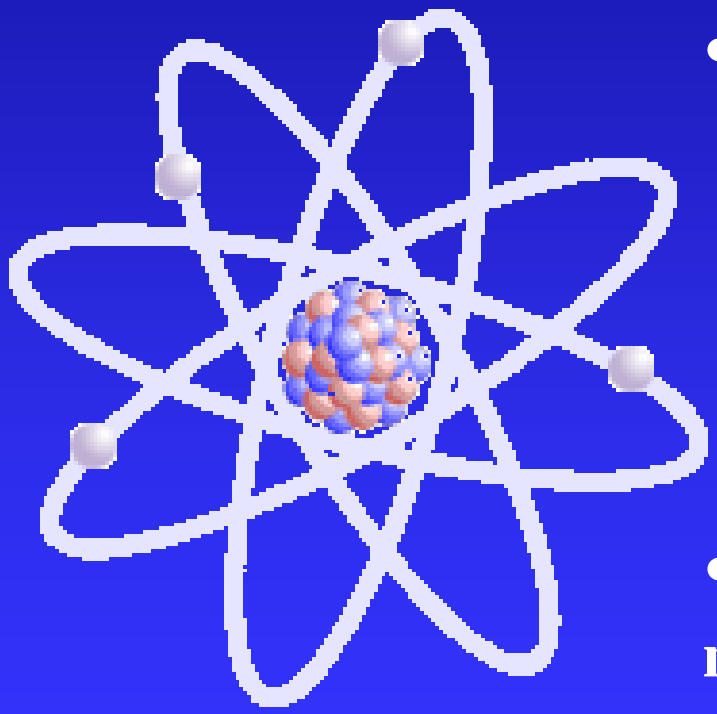
TABELA DE RADIONUCLÍDEOS

16											S 26 0.012s	S 27 0.021s	S 28 0.125s	S 29 0.187s	S 30 1.178s
15											P 25 0.0368s	P 26 0.0437s	P 27 0.26s	P 28 0.2703s	P 29 4.142s
14									Si 22 0.029s	Si 23 0.0423s	Si 24 0.14s	Si 25 0.22s	Si 26 2.234s	Si 27 4.16s	Si 28 92.2297
13									Al 21 0.0428s	Al 22 0.0911s	Al 23 0.446s	Al 24 2.053s	Al 25 7.183s	Al 26 7.17e+05y	Al 27 100
12								Mg 19 4e-12s	Mg 20 0.0908s	Mg 21 0.122s	Mg 22 3.875s	Mg 23 11.32s	Mg 24 78.99	Mg 25 10	Mg 26 11.01
11								Na 18 0.0347s	Na 19 0.435s	Na 20 0.4479s	Na 21 22.49s	Na 22 2.603y	Na 23 100	Na 24 15h	Na 25 59.1s
10							Ne 16	Ne 17 0.1092s	Ne 18 1.666s	Ne 19 17.22s	Ne 20 90.48	Ne 21 0.27	Ne 22 9.25	Ne 23 37.24s	Ne 24 3.38m
9							F 15 0.14s	F 16 1e-19s	F 17 1.075m	F 18 1.83h	F 19 100	F 20 11.16s	F 21 4.158s	F 22 4.23s	F 23 2.23s
8					O 12	O 13 0.00858s	O 14 1.177m	O 15 2.037m	O 16 99.757	O 17 0.038	O 18 0.205	O 19 26.88s	O 20 13.51s	O 21 3.42s	O 22 2.25s
7					N 11 0.09s	N 12 0.011s	N 13 9.965m	N 14 99.632	N 15 0.368	N 16 7.13s	N 17 4.173s	N 18 0.619s	N 19 0.271s	N 20 0.13s	N 21 0.095s
6			C 8	C 9 0.1265s	C 10 19.31s	C 11 20.39m	C 12 98.93	C 13 1.07	C 14 5700y	C 15 2.449s	C 16 0.747s	C 17 0.193s	C 18 0.092s	C 19 0.049s	C 20 0.014s
5				B 8 0.77s	B 9 8.5e-19s	B 10 19.9	B 11 80.1	B 12 0.0202s	B 13 0.01736s	B 14 0.0125s	B 15 0.0105s		B 17 0.00508s		B 19 0.00292s
4				Be 7 53.22d	Be 8 6.7e-17s	Be 9 100	Be 10 1.51e+06y	Be 11 13.81s	Be 12 0.0213s		Be 14 0.00484s				
3				Li 6 7.59	Li 7 92.41	Li 8 0.8399s	Li 9 0.1783s		Li 11 0.0087s						
2		He 3 0.000137	He 4 99.9999		He 6 0.8067s		He 8 0.1191s								
1	H 1 99.9885	H 2 0.0115	H 3 12.32y												
0															

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Estrutura Atômica e Nuclear da Matéria

Modelo Simplificado do Átomo



- **Eletrosfera**
  - ↙ **Elétrons orbitais: 5,48 x 10^{-4} u.m.a.**
    1 carga negativa
  - ↙ **Quanto mais externa a órbita, menor a energia de ligação**

- **Átomo não ionizado possui mesmo número de prótons e elétrons - carga total igual a zero**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Estrutura Atômica e Nuclear da Matéria

Instabilidade Nuclear

- Número “inadequado” de nêutrons
- “Desbalanço” de energia interna do núcleo
- Busca do estado de menor energia
- Emissão de energia - radiação
- Partículas e/ou ondas eletromagnéticas.

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Introdução à Radioatividade

- Emissão de radiação - desintegração radioativa
- Transformação em um novo elemento químico

Atividade

Número de desintegrações radioativas por unidade de tempo

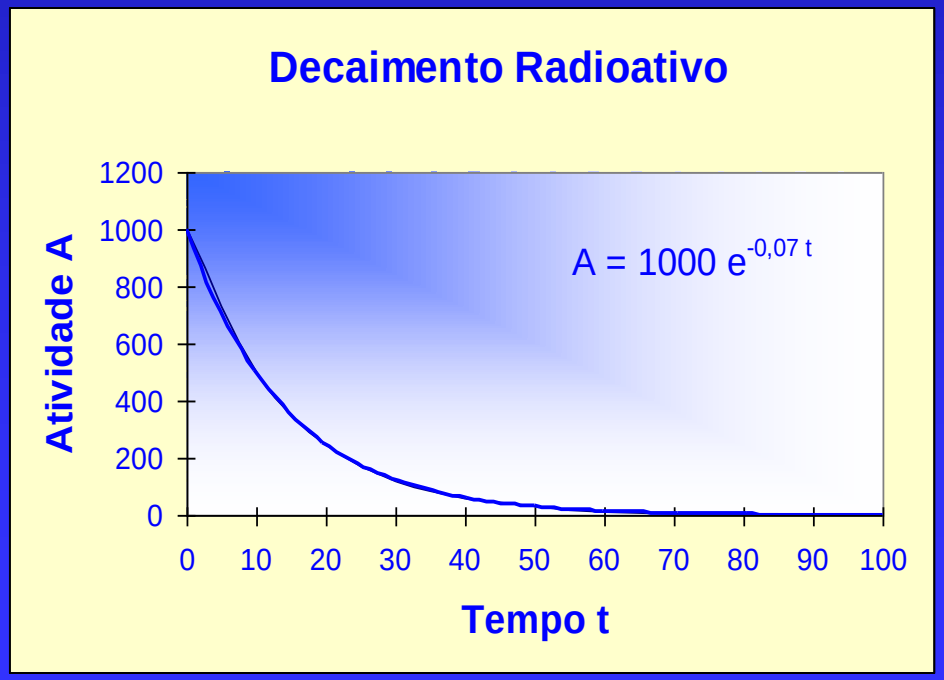
Quanto maior a atividade mais radiação emitida

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Introdução à Radioatividade

Decaimento Radioativo

A atividade diminui exponencialmente com o passar do tempo:



$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

A = Atividade no instante t

A_0 = Atividade inicial

λ = cte decaimento radioativo

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Introdução à Radioatividade

Meia Vida Física - $T_{1/2}$

- **Tempo necessário para que a atividade inicial seja reduzida à metade**

- **Característica física de cada isótopo radioativo**

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Introdução à Radioatividade

Meia vida física dos principais radioisótopos utilizados em pesquisa:

P-32 → 14,8 dias

S-35 → 87,0 dias

C-14 → 5730 anos

H-3 → 12 anos

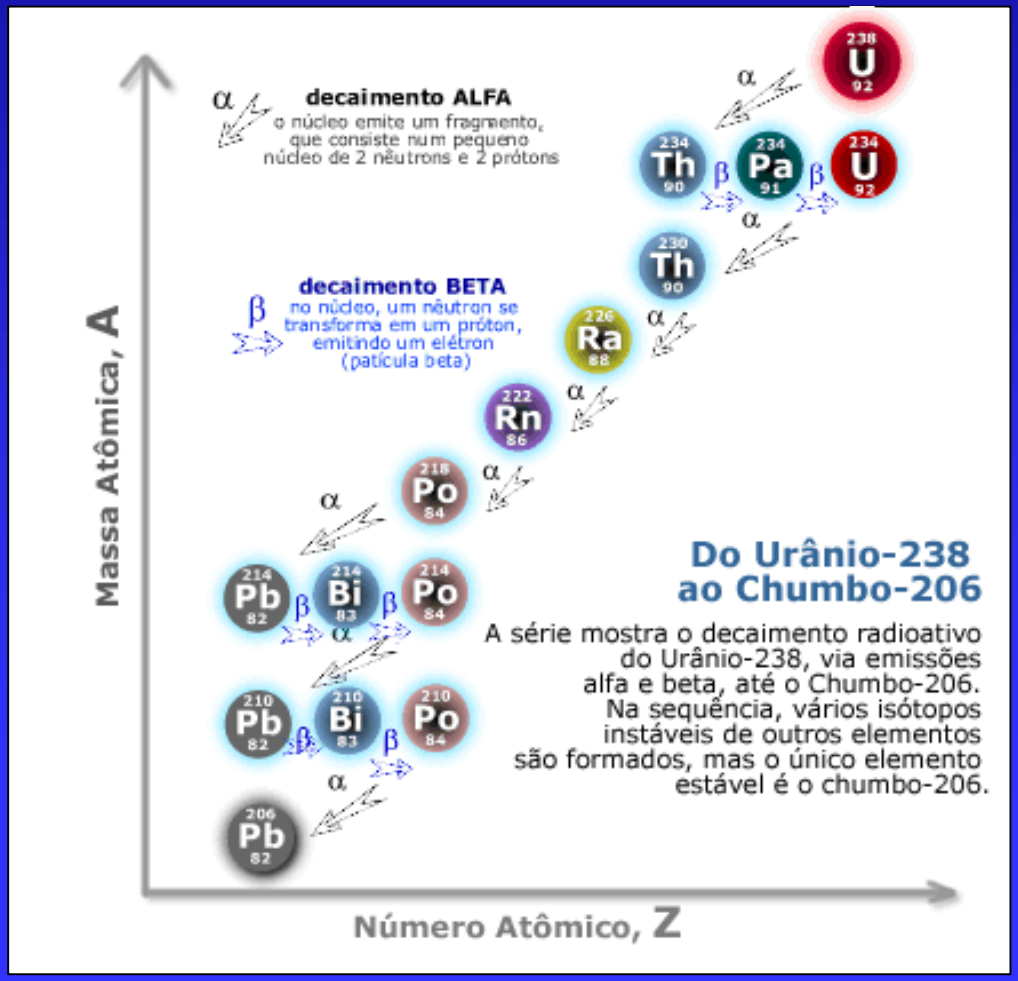
I-125 → 60 dias

Ca-45 → 165 dias

Cr-51 → 27,8 dias

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

Série de decaimento do Urânio



RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

RADIAÇÃO BETA

- Denominação dada ao elétron emitido pelo núcleo do átomo - partícula leve
- Possui uma carga negativa
- Perde energia para o meio rapidamente - alcance médio (até alguns metros no ar)
- Pequeno poder de ionização - produção de pequena densidade de ionizações

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

RADIAÇÃO ALFA

- **Partículas com dois prótons e dois nêutrons - partícula pesada**
- **Possui duas cargas positivas**
- **Perde energia para o meio muito rapidamente - alcance pequeno (alguns centímetros no ar)**
- **Alto poder de ionização - produção de grande densidade de ionizações**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

PÓSITRON

- **Denominação dada ao elétron com carga positiva emitido pelo núcleo do átomo - partícula leve**
- **Possui uma carga positiva**
- **Perde energia para o meio rapidamente – elétrons livres do meio - processo de aniquilação de pares**
- **Pequeno poder de ionização - produção de pequena densidade de ionizações**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

RADIAÇÃO GAMA

- **Ondas Eletromagnéticas emitidas do núcleo de átomos em estado excitado de energia**
- **Não possui carga**
- **Perde energia para o meio de forma muito lenta - grande alcance (centímetros de concreto)**
- **Pequeno poder de ionização - produção de muito poucas ionizações**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

RADIAÇÃO X

- **Ondas Eletromagnéticas:**
  - ↙ **Produzidas pela desaceleração de partículas carregadas (especialmente elétrons) - radiação de freamento ou Brehmstrahlung**
  - ↙ **Ou pela transição de elétrons orbitais para órbitas mais internas do átomo - raios X característicos**
- **Todas as demais características são idênticas à radiação gama**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

Relação entre Energia e Alcance

- **Todo tipo de radiação ionizante, seja partícula ou onda eletromagnética, perde energia nas interações com a matéria**

- **Para um mesmo tipo de radiação, <u>quanto maior a energia da radiação</u>, mais interações é capaz de produzir, portanto maior o percurso até ser totalmente freada, ou seja, <u>maior o alcance</u>**

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

Relação entre Energia e Alcance

Radiação Alfa

Energia	Alcance (no ar)
1,0 MeV	0,55 cm
3,0 MeV	1,67 cm
5,0 MeV	3,50 cm

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

Relação entre Energia e Alcance

Radiação Beta

Energia máx	Alcance máx (no ar)
18 keV (H-3)	< 10 cm
167 keV (S-35)	50 cm
1,71 MeV (P-32)	700 cm

RADIAÇÃO - CARACTERÍSTICAS

TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

Relação entre Energia e Alcance

Radiação Gama ou X

Energia	I/2 (na água)
35 keV (I-125)	2,50 cm
125 keV (RX)	4,50 cm
1,3 MeV (Co-60)	12,0 cm

RADIAÇÃO - MODOS DE INTERAÇÃO

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Modos de interação das Ondas Eletromagnéticas

RADIAÇÃO GAMA OU X

- **Três fenômenos de interação com a matéria:**
  - **Efeito Fotoelétrico**
  - **Efeito Compton**
  - **Produção de Pares**

RADIAÇÃO - MODOS DE INTERAÇÃO

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Radiação Gama ou X - Efeito Fotoelétrico

- Onda eletromagnética (fóton) transfere toda energia para um elétron orbital do átomo do meio
- Elétron (partícula secundária) pode produzir novas ionizações
- Não há fóton após a interação

RADIAÇÃO - MODOS DE INTERAÇÃO

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Radiação Gama ou X - Efeito Compton - Espalhamento

- Onda eletromagnética (fóton) transfere parcialmente sua energia ao interagir com um elétron orbital do átomo do meio
- Elétron (partícula secundária) pode produzir novas ionizações
- Há fóton resultante (secundário ou espalhado)
  - Menor energia
  - Pode produzir novas ionizações

RADIAÇÃO - MODOS DE INTERAÇÃO

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Radiação Gama ou X - Produção de Pares

- Onda eletromagnética (fóton) interage com o núcleo do átomo do meio

- Se a energia do fóton incidente for maior que 1022 keV (a energia de repouso do elétron é igual a 511 keV), pode haver a produção de um elétron e de um pósitron emitidos simultaneamente em diferentes direções

RADIAÇÃO - MODOS DE INTERAÇÃO

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Radiação Gama ou X - Produção de Pares

- Elétron - pode continuar ionizando o meio
- Pósitron - recombina com um elétron livre e emite dois fótons simultaneamente, em sentidos opostos - aniquilação de pares
- Os fótons resultantes da aniquilação de pares podem continuar ionizando o meio

EXERCÍCIOS

Um determinado laboratório utiliza S-35, P-32 e Cr-51 nas suas atividades de pesquisa. Você detectou com o contador Geiger uma contaminação na bancada de manipulação mas não sabe de qual radioisótopo.

Como você faria para descobrir?

EXERCÍCIOS

Foi constatada em um certo laboratório uma contaminação em um micropipetador com 10 microcuries de S-35. Supondo que a contaminação máxima aceitável para a reutilização do micropipetador seja de 2 microcuries, quanto tempo deve-se esperar para o decaimento radioativo?

↙ Dado: meia vida do S-35 = 87 dias.

EXERCÍCIOS

$A = A_0 e^{-\lambda t}$

$A = 2$

$A_0 = 10$

$\lambda = \ln 2/T_{1/2}$

$T_{1/2} = 87$ dias

$2 = 10 e^{-(\ln 2/T_{1/2}) t}$

$2/10 = e^{-(\ln 2/T_{1/2}) t}$

$\ln (2/10) = \ln (e^{-(\ln 2/T_{1/2}) t})$

$\ln (2/10) = -(\ln 2/T_{1/2}) t$

$$t = - \frac{\ln (2/10)\, T_{1/2}}{\ln 2}$$

$t = 202$ dias