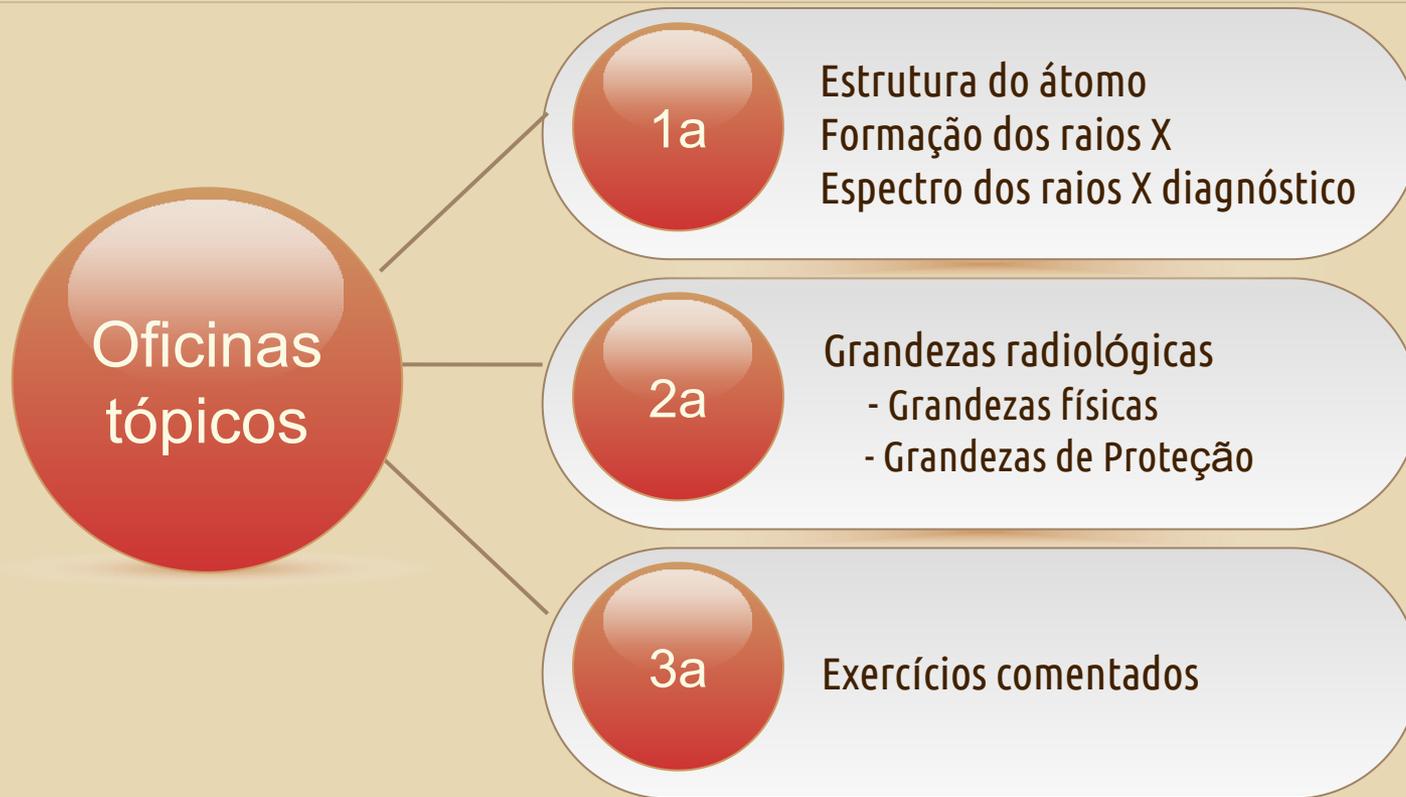


Oficinas sobre Física das Radiações e Radiologia Industrial

Prof. Luciano Santa Rita

www.lucianosantarita.pro.br
tecnologo@lucianosantarita.pro.br

Sumário - Física das Radiações



Oficina (1a) - Estrutura do átomo

■ Evolução do modelo do átomo

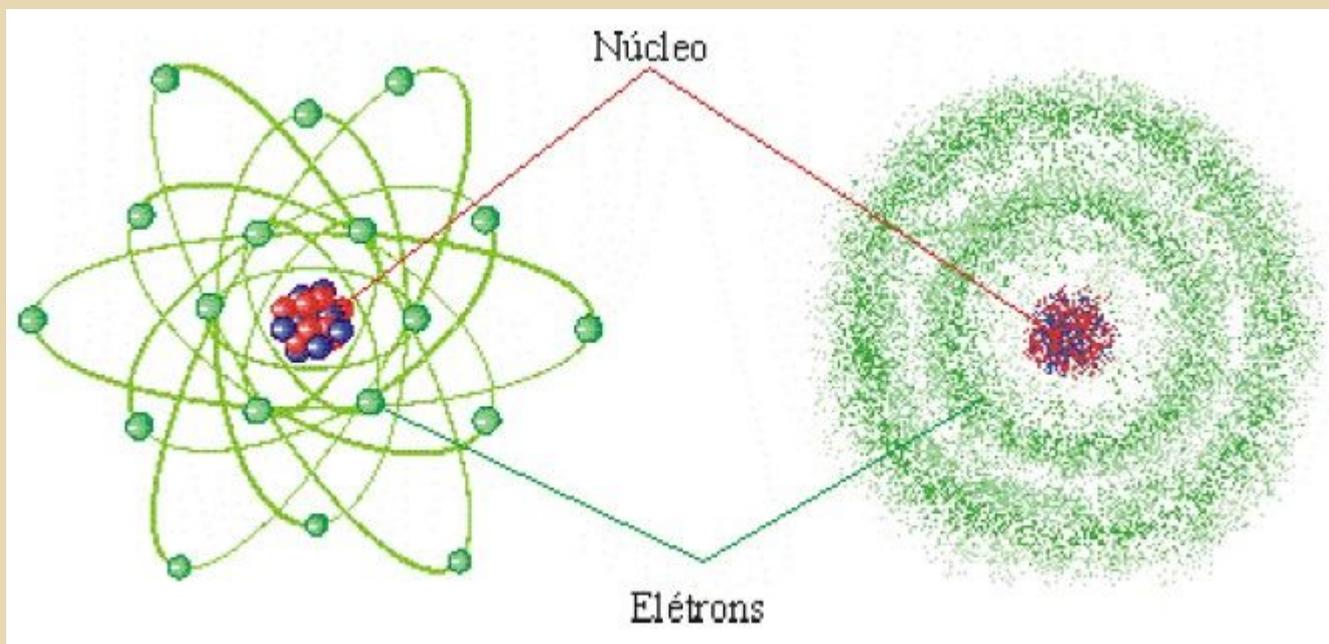
- Átomo na grécia antiga (indivisível)
- Átomo de Dalton - 1808 (ainda indivisível, mas cada material teria um átomo específico)
- Átomo de Thomson - 1890 (introdução do conceito de carga elétrica)
- Átomo de Rutherford - 1911 (comprovação do conceito de carga elétrica e da presença de espaços vazios; propôs a presença de um núcleo positivo, da presença de uma eletrósfera)
- Átomo de Bohr - 1913 (modelo até hoje usado pela física clássica)

Oficina (1a) - Estrutura do átomo

■ Modelo do átomo de Bohr

- Na eletrosfera, os elétrons descrevem sempre órbitas circulares ao redor do núcleo;
- Cada camada ocupada por um elétron possui um valor determinado de energia;
- Os elétrons só podem ocupar os níveis que tenham uma determinada quantidade de energia, não sendo possível ocupar estados intermediários;
- Cada órbita é denominada de estado estacionário e pode ser designada por letras K, L, M, N, O, P, Q. O n° de elétrons nestas camadas (orbitais) é denominado de n° mágico . Os n° mágicos são: 2, 8, 18, 32, 32, 18 até 8;;
- O elétron, o próton e o nêutron representam as partículas fundamentais deste modelo;
- Os elétrons são partículas com carga elétrica negativa (posicionados na eletrosfera), com massa igual a $9,1 \times 10^{-31}$ kg.
- Os prótons são partículas com carga elétrica positiva (posicionados no núcleo), com massa igual a $1,673 \times 10^{-27}$ kg.
- Os neutrões são partículas com carga elétrica neutra (posicionados no núcleo), com massa igual a $1,675 \times 10^{-27}$ kg.

Oficina (1a) - Estrutura do átomo



Modelo clássico

Modelo quântico

Oficina (1a) - Estrutura do átomo

■ Nomenclatura

- No átomo neutro o nº de elétrons é igual ao nº de prótons. O nº de prótons é chamado de *nº atômico* e simbolizado por Z.
- O nº de prótons adicionado ao nº de nêutrons é chamado de nº de *massa atômica*, simbolizado por A.



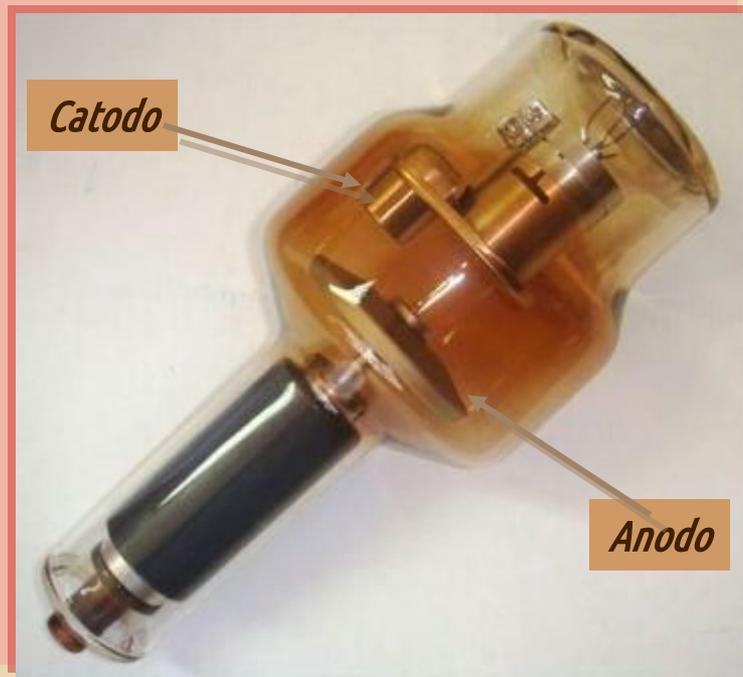
■ Conceitos

- A magnitude do vínculo de um elétron ao núcleo é chamada de *energia de ligação*. Quanto maior é o nº total de elétrons em um átomo, mais firmemente cada um é ligado. O urânio (U) tem energia de ligação dos elétrons da camada K em 116 keV.
- *Isótopos* – Átomos que possuem o mesmo nº atômico, mas diferentes nº massa atômica. Ou mesmo nº de prótons e diferentes nº de nêutrons. Ex.: ^{235}U , ^{238}U e ^{234}U .
- *Radioisótopo* – É um isótopo radioativo.

Oficina (1a) - Energia de ligação dos elétrons

Material	Símbolo	Nº atômico (Z)	Nº de massa atômica	Nº de isótopos de ocorrência natural	Energia de ligação eletrônica da camada K (keV)
Hidrogênio	H	1	1	2	0,02
Carbono	C	6	12	3	0,28
Alumínio	Al	13	27	1	1,56
Cálcio	Ca	20	40	6	4,1
Molibdênio	Mo	42	98	7	20
Ródio	Rh	45	103	5	23,2
Iodo	I	53	127	1	33
Bário	Ba	56	137	7	37
Tungstênio	W	74	184	5	69,5
Chumbo	Pb	82	208	4	88
Urânio	U	92	238	3	116

Oficina (1a) - Formação dos Raios X

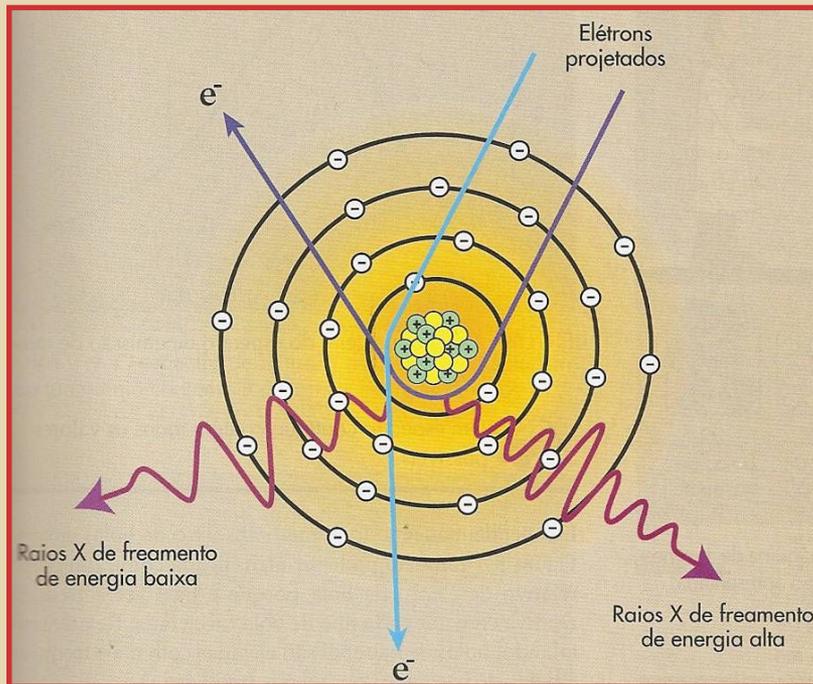


Anodo giratório

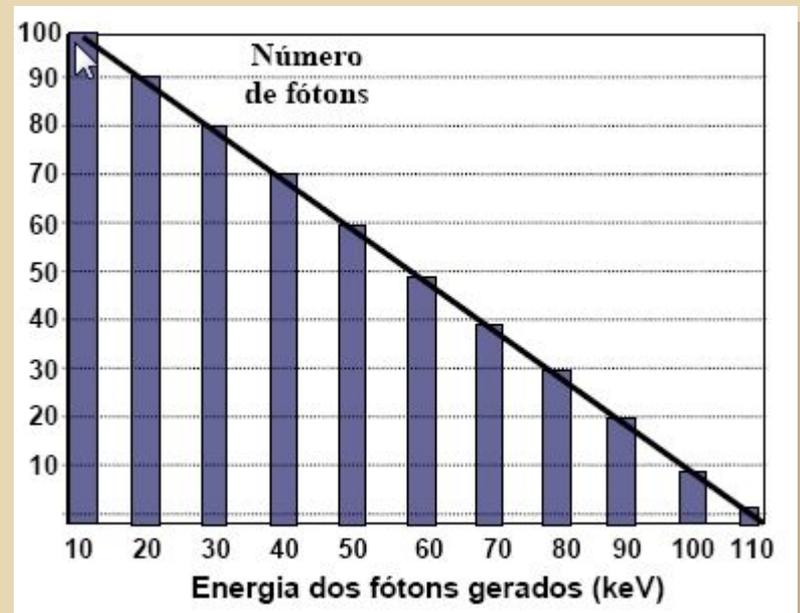


Anodo fixo

Oficina (1a) - Formação dos Raios X



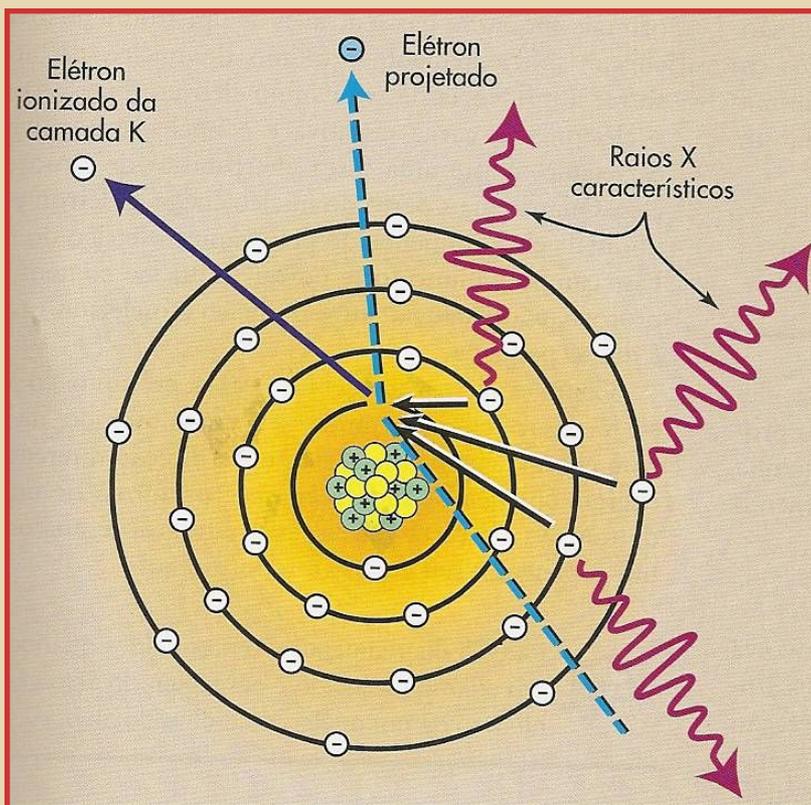
Bushong, 2010



Soares e Lopes, 2001

Raios X por frenagem ou Bremsstrahlung

Oficina (1a) - Formação dos Raios X



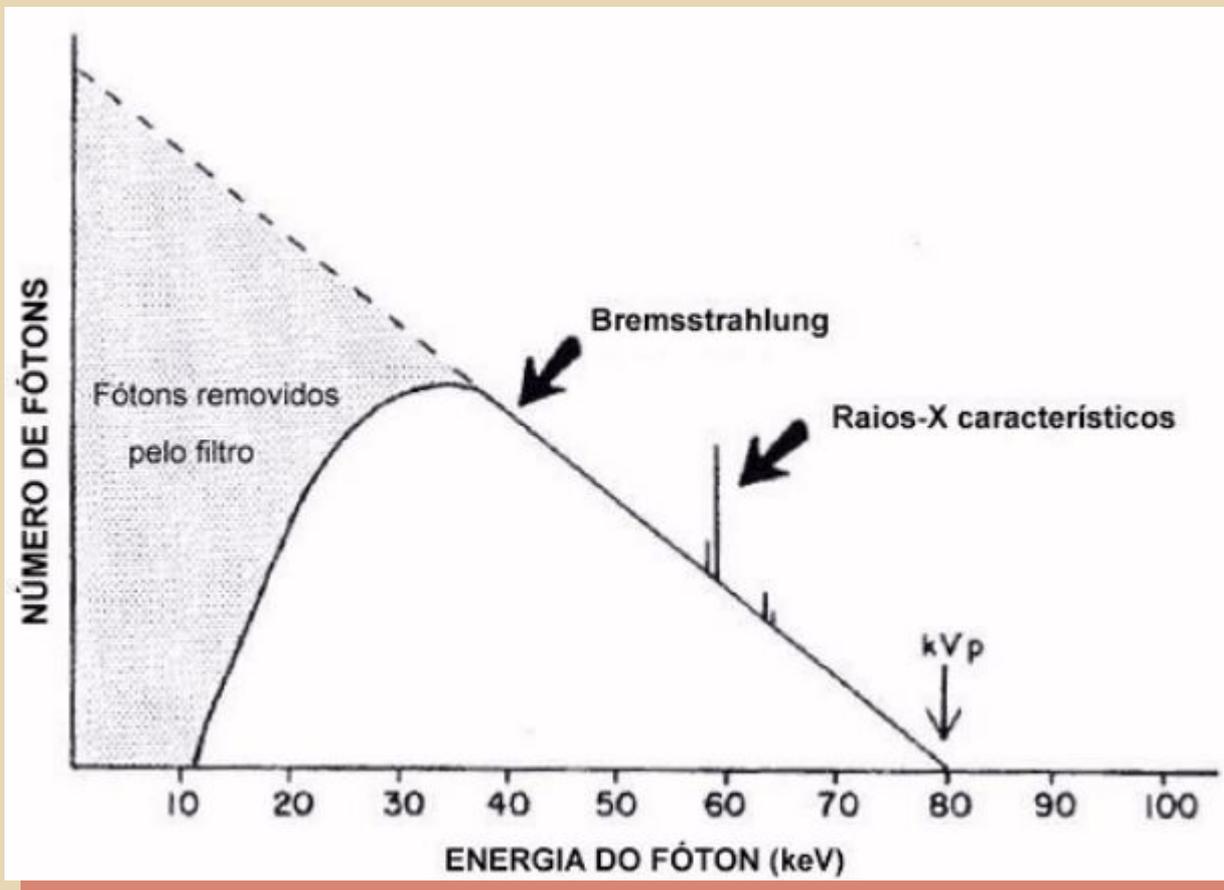
Transição (camada)	Símbolo	Energia (keV)
L → K	K_{α}	57,4
M → K	K_{β}	66,7
N → K	K_{δ}	68,9

Para o átomo de tungstênio (W), considera-se a energia efetiva dos raios X das transições eletrônicas para a camada K com valor de 69 keV

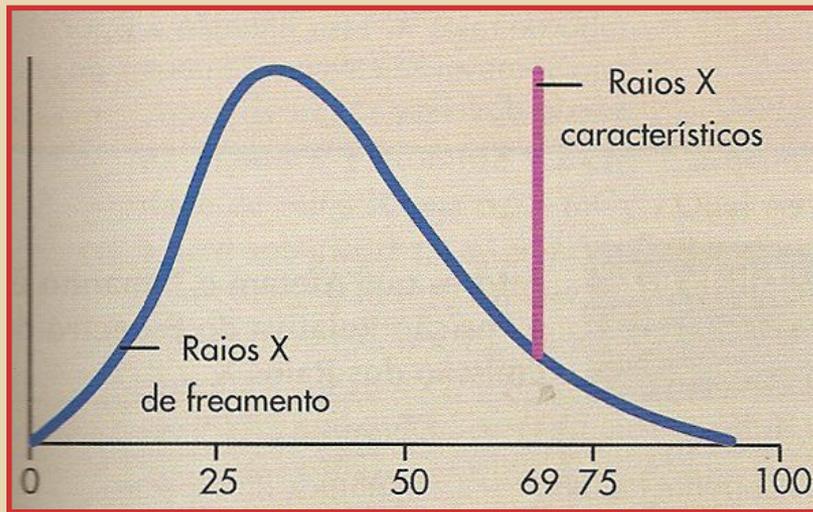
Bushong, 2010

Raios X característico

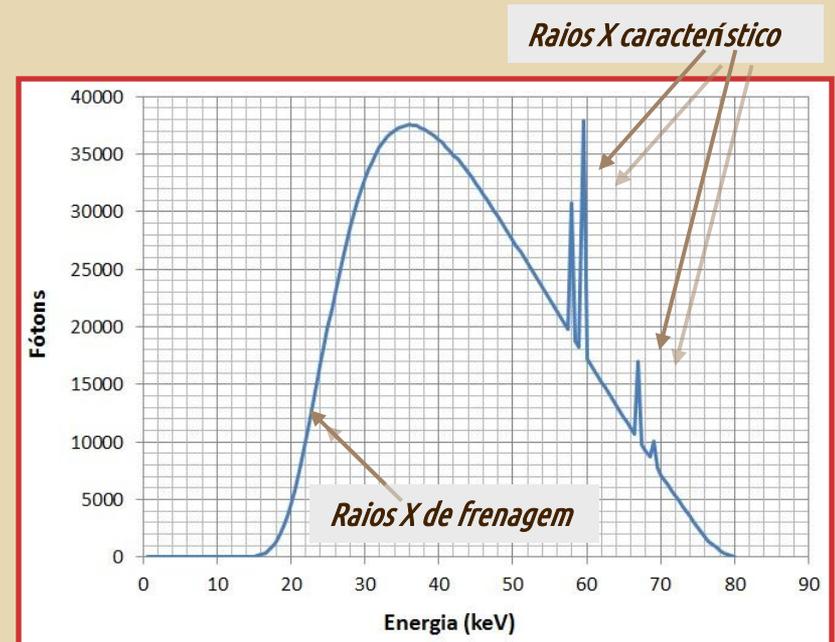
Oficina (1a) - Formação dos Raios X



Oficina (1a) - Formação dos Raios X

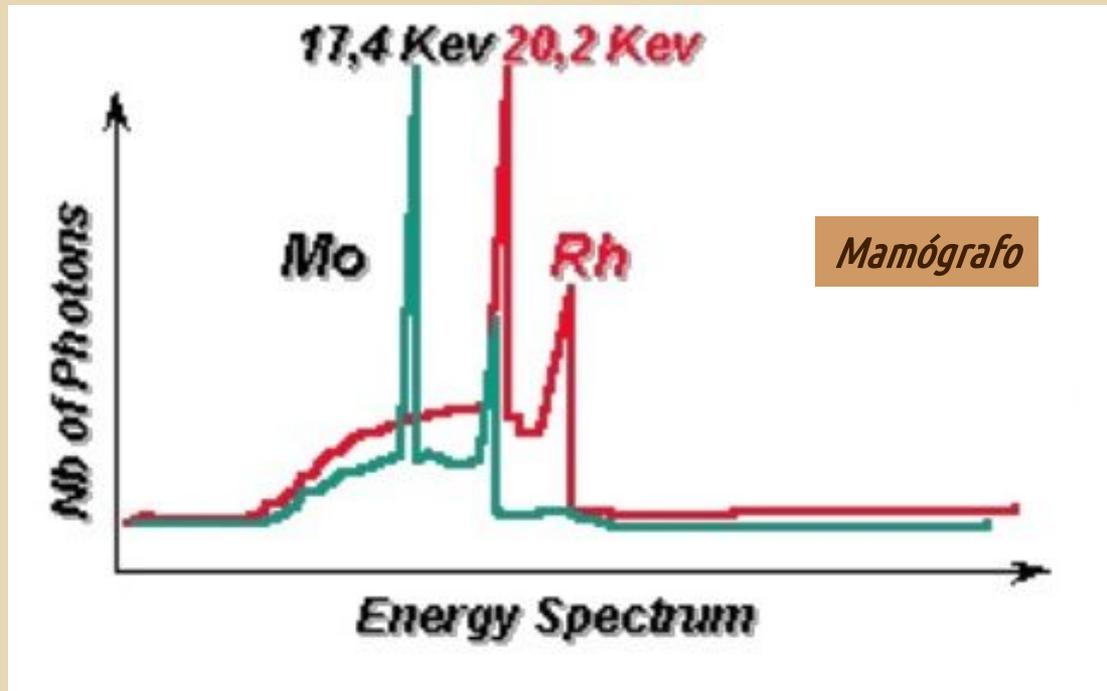


Bushong, 2010



Oliveira, 2011

Oficina (1a) - Formação dos Raios X



Oficina (1a) - Formação dos Raios X

Alterações no espectro de raios X produzidas por seus fatores influenciadores

Aumento:

Resulta em:

Corrente (mA)*

aumento na quantidade de fótons e nenhuma alteração na qualidade do feixe;

Tensão (kV_p)

aumento na quantidade de fótons e na qualidade do feixe;

Filtração adicional

diminuição na quantidade de fótons e aumento na qualidade do feixe;

Nº atômico (Z) do alvo

diminuição na quantidade de fótons e aumento na qualidade do feixe;

Ripple

diminuição na quantidade de fótons e na qualidade do feixe.

* o aumento do tempo (s) mantendo a corrente (mA) constante, também produz aumento na quantidade de fótons e nenhuma alteração na qualidade do feixe.

Oficina (1a) - Espectro dos raios X diagnósticos

■ Exemplo 1

- Um tecnólogo em radiologia realizou duas incidências radiológicas, um Lateral de crânio e uma AP de joelho. Na primeira o ajuste de kV foi de 84kV e na segunda o ajuste de kV foi de 50kV. Esboce (desenhe) o espectro de emissão dos raios X do equipamento de radiodiagnóstico médico utilizado para as duas incidências realizadas, indicando a presença dos raios X de frenagem e característico nos mesmos. Dado: anodo de tungstênio

Oficina (2a) - Grandezas radiológicas

- Dose absorvida (D)
- Dose equivalente (H_T)
- Dose Efetiva (E)
- Kerma (K)

Oficina (2a) - Dose absorvida (D)

- É a energia média (dE) depositada pela radiação ionizante na matéria de massa dm , num ponto de interesse.

$$D = \frac{dE}{dm} \left[\frac{J}{kg} \text{ ou } Gy \right]$$

- Essa grandeza vale para qualquer meio, para qualquer tipo de radiação e qualquer geometria de irradiação.
- A unidade especial da grandeza dose absorvida é o rad (*radiation absorbed dose*) que é relacionado com a unidade do SI por: $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$

Oficina (2a) - Dose absorvida (D)

- Sob condições de equilíbrio eletrônico (CPE), a Exposição X, medida no ar, se relaciona com a Dose Absorvida no ar, pela expressão:

$$D_{ar} = X \cdot \left(\frac{W}{e} \right)_{ar}$$

- Onde $(w/e)_{ar}$ é a energia média para formação de um par de íons no ar dividida pela carga do elétron:
 - No SI = 33,97 J/C
 - Quando exposição dada em Röentgen (R) = 0,876 rad/R

Oficina (2a) - Dose equivalente (H_T)

- É o valor médio da dose absorvida $D_{T,R}$ num tecido ou órgão T, obtido sobre todo o tecido ou órgão T, devido à radiação R:

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \left[Sv \text{ ou } J \cdot kg^{-1} \right]$$

- onde w_R é o fator de peso de cada radiação R que permite converter a dose absorvida $D_{T,R}$ no tecido T, em dose equivalente no tecido T, devido à radiação do tipo R.
- A unidade especial da grandeza dose equivalente é o rem (*röntgen equivalent man*) que é relacionado com a unidade do SI por: $1 Sv = 100 rem$

Oficina (2a) - Dose equivalente (H_T)

- A ICRP escolheu os valores de w_R para cada tipo de partícula e energia como representativos dos valores de efetividade biológica (RBE - relative biological effectiveness) da radiação em induzir efeitos estocásticos da radiação (indução de câncer e de efeitos hereditários).

Tipos de radiação e intervalos de energia	w_R (ICRP-60)	w_R (ICRP-103)
Fótons de todas as energias	1	1
Elétrons e múons de todas as energias	1	1
Nêutrons com energias:		
< 10keV	5	Função contínua da energia do neutron
10 – 100 keV	10	
>100keV a 2 MeV	20	
>2 MeV a 20 MeV	10	
>20MeV	5	
Prótons	5	2 (prótons e pions)
Partículas alfa, elementos de fissão, núcleos pesados	20	20

Oficina (2a) - Dose efetiva (E)

- É a soma ponderada das doses equivalentes em todos os tecidos ou órgãos do corpo. Onde w_T é o fator de peso para o tecido T e H_T é a dose equivalente a ele atribuída.

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \left[Sv \text{ ou } J \cdot kg^{-1} \right]$$

- Os fatores de ponderação de tecido ou órgão w_T são relacionados com a sensibilidade de um dado tecido ou órgão à radiação, no que concerne à indução de câncer e a efeitos hereditários.

Oficina (2a) - Dose efetiva (E)

Tecido ou órgão	w_T (ICRP-26)	w_T (ICRP-60)	w_T (ICRP-103)
Gônadas	0,25	0,20	0,08
Medula óssea	0,12	0,12	0,12
Cólon	-	0,12	0,12
Pulmão	0,12	0,12	0,12
Estômago	-	0,12	0,12
Mama	0,15	0,05	0,12
Bexiga	-	0,05	0,04
Esôfago	-	0,05	0,04
Fígado	-	0,05	0,04
Tireoide	0,03	0,05	0,04
Superfície do osso	0,03	0,01	0,01
Cérebro	-	-	0,01
Glândulas salivares	-	-	0,01
Pele	-	0,01	0,01
Restante	0,30	0,05	0,12
Soma total	1,00	1,00	1,00

Os valores da norma CNEN NN-3.01 correspondem aos do ICRP-60.

(Fonte: Okuno e Yoshinura, 2010)

Oficina (2a) - Kerma

- É o quociente dE_{tr} por dm , onde dE_{tr} é a soma de todas as energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas liberadas por partículas neutras ou fótons, incidentes em um material de massa dm .

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm} \left[\frac{J}{kg} \text{ ou } Gy \right]$$

- A grandeza kerma ocorre no ponto de interação do fóton e a dose absorvida ocorre ao longo da trajetória do elétron.
- A grandeza kerma está relacionada a fluência de energia por meio do coeficiente transferência de energia em massa (μ_{tr}/ρ).

$$K_m = \left(\frac{\mu_{tr}}{\rho} \right)_m \cdot \Psi$$

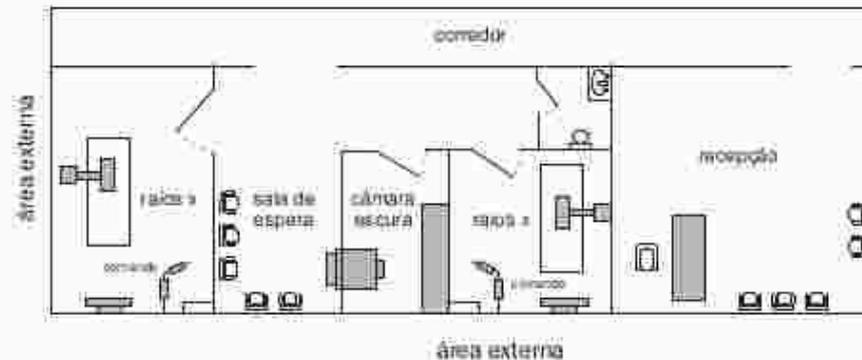
ENADE 2007 - Física das Radiações

■ Questões



QUESTÃO 16

Considere o croqui de uma pequena clínica radiológica e avalie as afirmativas abaixo.



I - Para a realização de monitoração ambiental (levantamento radiométrico), deve-se considerar que esta sala de espera apresenta nível de equivalente de dose ambiente de até 5 mSv/semana.

PORQUE

II - uma área livre pode ser ocupada por pacientes, acompanhantes e trabalhadores que não são monitorados individualmente.

- (A) As duas afirmações são verdadeiras e a segunda justifica a primeira.
- (B) As duas afirmações são verdadeiras, mas a segunda não justifica a primeira.
- (C) A primeira afirmação é verdadeira e a segunda é falsa.
- (D) A primeira afirmação é falsa e a segunda é verdadeira.
- (E) As duas afirmações são falsas.

QUESTÃO 36

Em uma amostra de qualquer material radioativo, a fração de átomos que desaparecem por unidade de tempo depende do número, N , de átomos do material existente na amostra. Este conceito pode ser descrito pela equação

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

Esta equação pode ser resolvida utilizando-se técnicas de cálculo diferencial e seu resultado é:

- (A) $N = N_0 e^{-\lambda t}$, onde N_0 é o número de átomos presentes quando $t = 0$ e λ é a constante de decaimento radioativo do elemento químico que compõe a amostra.
- (B) $N = N_0 e^{\lambda t}$, onde N_0 é o número de átomos presentes quando $t = 0$ e λ é a constante de decaimento radioativo do elemento químico que compõe a amostra.
- (C) $N = N_0 e^{-\lambda t}$, onde N_0 é o número de átomos presentes quando $t = 0$ e λ é a meia-vida do elemento químico que compõe a amostra.
- (D) $N = N_0 e^{-t/\lambda}$, onde N_0 é o número de átomos presentes quando $t =$ meia-vida e λ é a constante de decaimento radioativo do elemento químico que compõe a amostra.
- (E) $N = N_0 e^{-\lambda t}$, onde N_0 é o número de átomos presentes quando $t = 0$ e λ é a constante de decaimento radioativo do elemento químico que compõe a amostra.

ENADE 2010 - Física das Radiações

■ Questões

The logo for ENADE 2010 is displayed within a light blue rectangular box. The text "ENADE 2010" is written in a large, bold, black sans-serif font. Below it, the full name "EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES" is written in a smaller, black, all-caps sans-serif font.

ENADE 2010
EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

QUESTÃO 12

Entre os anos de 1895 e 1896, o professor Wilhelm Conrad Röntgen, da Universidade de Würzburg, na Alemanha, revolucionou a física e a medicina ao perceber os efeitos produzidos pelos seus recém-descobertos raios X. Apesar de seu empenho, o professor não obteve sucesso em suas tentativas de descobrir a natureza dos raios X, descoberta que acabou por ocorrer somente em 1912. Avalie as afirmativas seguintes quanto à produção dos raios X.

- I. Quando produzidos, os raios X de freamento apresentam um espectro contínuo de energia.
- II. A produção dos raios X corresponde a um processo espontâneo realizado por núcleos de certos elementos na natureza.
- III. Quando produzidos, os raios X característicos apresentam um espectro discreto de energia.
- IV. Raios X de qualquer energia podem ser produzidos artificialmente.

Está correto o que se afirma apenas em

- A I e II.
- B I e III.
- C I e IV.
- D II e III.
- E II e IV.

ANULADA

QUESTÃO 27

Aradiologia intervencionista (RI) refere-se a procedimentos que compreendem intervenções diagnósticas e terapêuticas guiadas por acesso percutâneo ou outros, normalmente realizadas sob anestesia local e(ou) sedação com uso da imagem fluoroscópica para localizar a lesão ou o local de tratamento, monitorar o procedimento, e controlar e documentar a terapia. Meios de contraste são utilizados para a visualização de órgãos ou tecidos radiotransparentes na tela de um monitor.

Na tabela a seguir são apresentados os limiares de dose para a ocorrência de alguns efeitos determinísticos na pele de pacientes submetidos a procedimentos guiados por fluoroscopia.

Limiares para ocorrência de efeitos determinísticos

Efeito	Limiar aproximado de dose [Gy]	Tempo de aparição do efeito	Minutos de fluoroscopia para uma taxa de alta dose de 200 mGy/min
Eritema imediato transitente	2	2-24 horas	10
Depilação temporária	3	Aproximadamente 3 semanas	15
Depilação permanente	7	Aproximadamente 3 semanas	35
Escamação seca	14	Aproximadamente 4 semanas	70
Escamação úmida	18	Aproximadamente 4 semanas	90
Ulceração secundária	24	> 6 semanas	120
Necrose dérmica isquêmica	18	> 10 semanas	90
Necrose dérmica	> 12	> 52 semanas	75

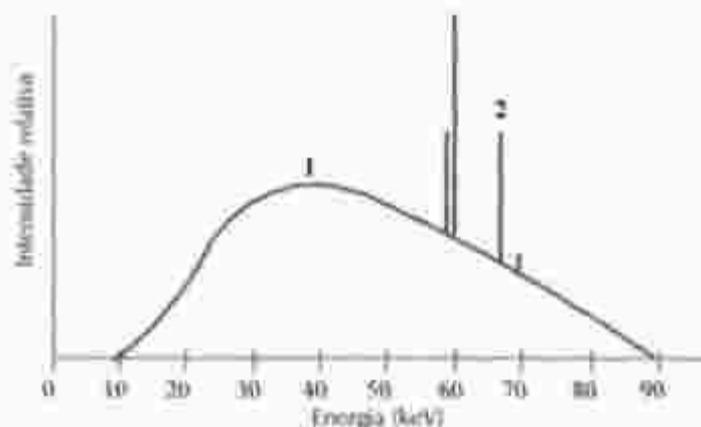
CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. *Revista Brasileira de Física Médica*, 2009, 3(1), p. 101-115.

Diante dessas informações, os efeitos determinísticos ocorrem com mais frequência nos procedimentos de radiologia intervencionista, porque, nesses procedimentos, os tempos de exposição são

- A) curtos e as frequências altas.
- B) longos e as frequências baixas.
- C) curtos e as frequências variadas.
- D) curtos e as taxas de dose altas.
- E) longos e as taxas de dose altas.

QUESTÃO 38

Na figura seguinte, tem-se um exemplo típico de um espectro de fótons de raios X. Esse espectro apresenta a possível distribuição de energia dos fótons de raios X.



BITELLI, T. Física e dosimetria das radiações, 2ª ed. São Paulo: Editora Atheneu; Centro Universitário São Camilo: 2006, p. 134 (adaptado).

Com base nos dados da figura e considerando o fenômeno de produção de raios X, responda às perguntas que se seguem.

- Qual o tipo de radiação indicada pelo número 1? Justifique sua resposta. (valor: 5,0 pontos)
- Qual o tipo de radiação indicada pelo número 2? Justifique sua resposta. (valor: 5,0 pontos)

ENADE 2013 - Física das Radiações

■ Questões



QUESTÃO 18

Os dosímetros termoluminescentes (TLDs) são utilizados para a monitoração da dose de radiação recebida pelos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE). As leituras dos dosímetros individuais são relacionadas com a leitura do dosímetro padrão do serviço, o qual deve ser armazenado em local onde não há exposição à radiação, somente à radiação natural do local (radiação de fundo).

Em relação às características e à aplicação dos TLDs, é correto afirmar que

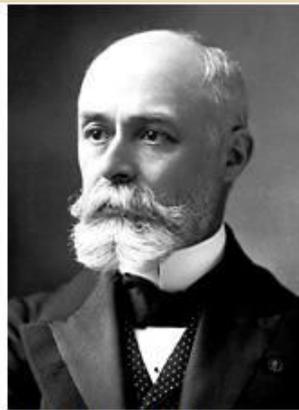
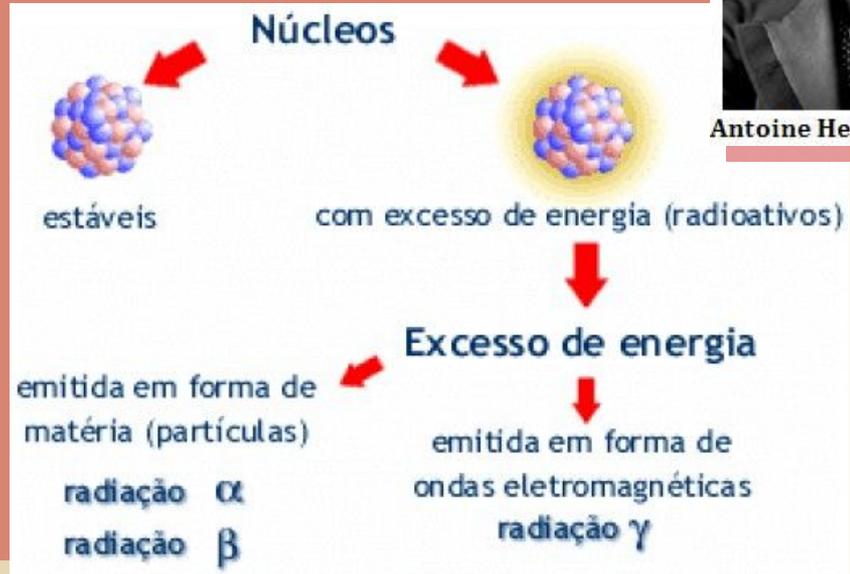
- A os TLDs são considerados equipamentos de proteção individual (EPI) e o seu uso se faz necessário para atenuação da dose de radiação espalhada no profissional monitorado.
- B do ponto de vista de proteção radiológica, o IOE que tiver dois empregos nos quais desenvolva atividades que usem radiações ionizantes, deverá ter distintos TLDs: um para cada instituição de trabalho.

- C do ponto de vista de proteção radiológica, o profissional não deve ficar exposto ao feixe primário de radiação, e, caso isso seja necessário, o TLD deve ficar fora da região do campo de radiação.
- D quando a leitura do TLD do profissional acusar abaixo do nível de referência (ANR), isso indica que o dosímetro padrão do serviço de radiologia foi exposto a uma dose de radiação inferior ao nível de radiação natural do local.
- E os TLDs devem ser fixados na região torácica do profissional monitorado e sua leitura deve ser feita mensalmente em laboratório de dosimetria com o densitômetro óptico; o seu uso é individualizado e obrigatório durante toda a jornada de trabalho, não podendo um mesmo TLD ser usado por diferentes profissionais.

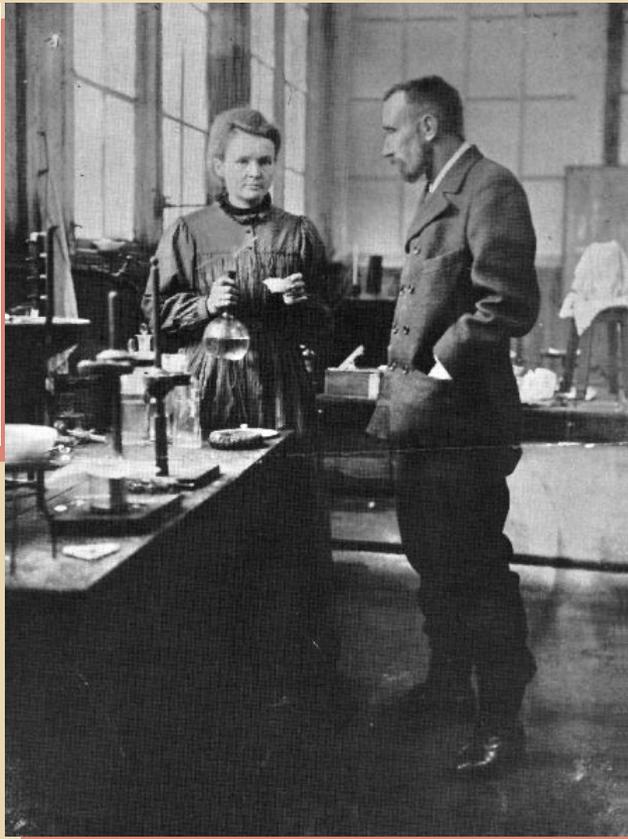
Sumário - Radiologia Industrial



Oficina (1a) - Radioatividade

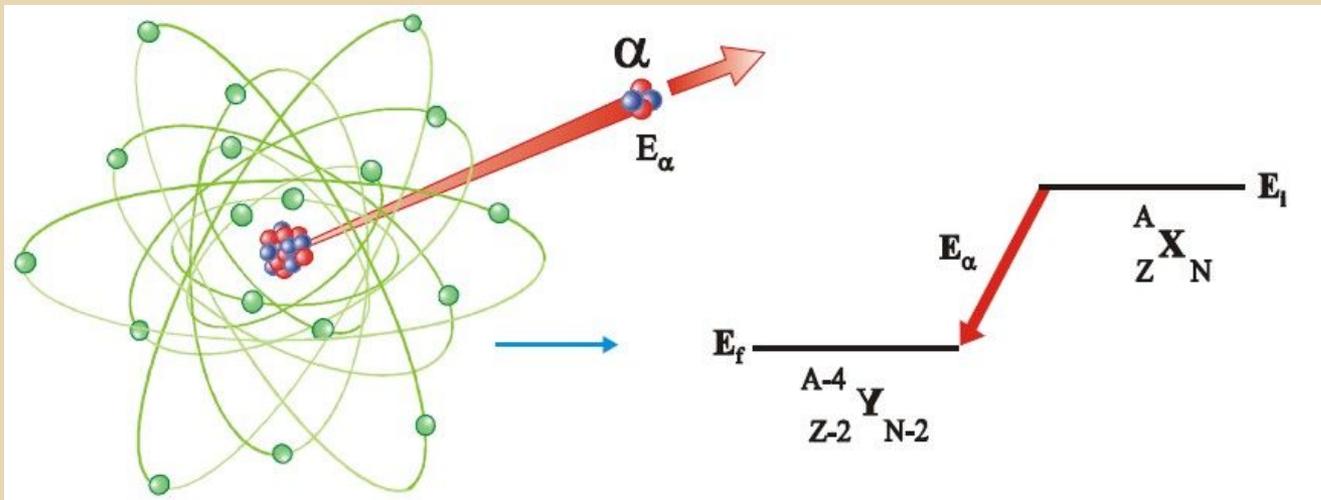


Antoine Henri Becquerel

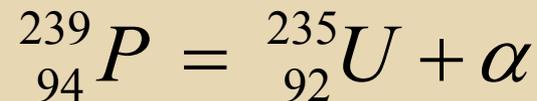
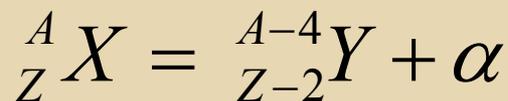


Oficina (1a) - Radioatividade (alfa - α)

- Átomos pesados com número de prótons e nêutrons elevados podem emitir a partícula alfa (2 prótons e 2 nêutrons – 4 núcleons) e grande quantidade de energia a fim de alcançar uma posição de maior estabilidade nuclear.

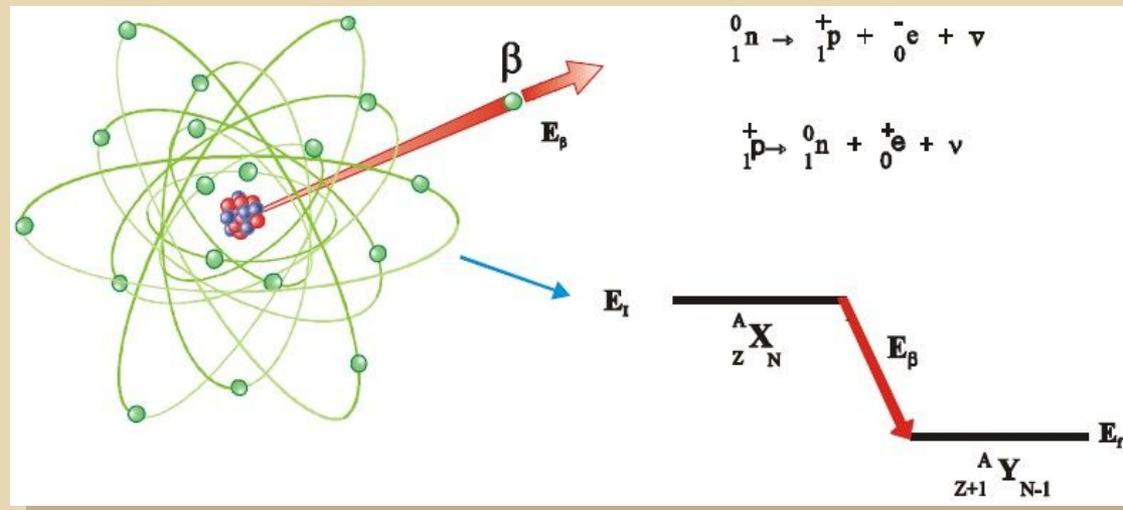


Tauhata, 2003



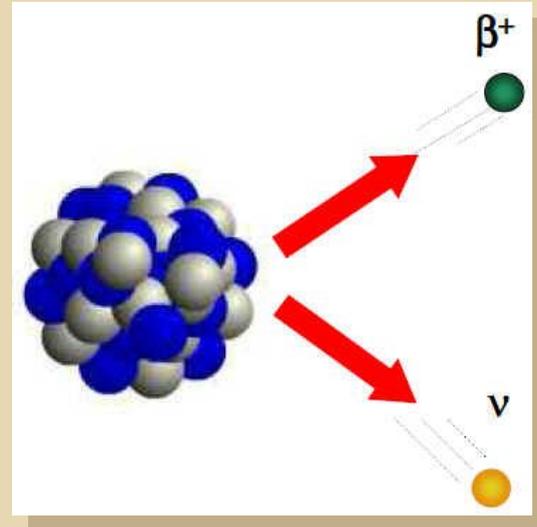
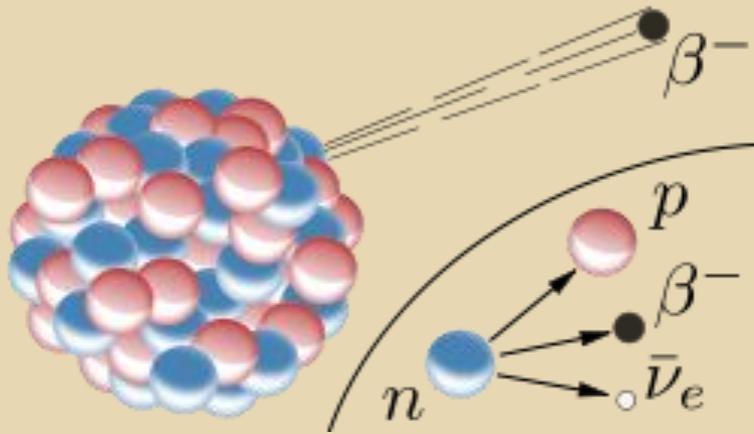
Oficina (1a) - Radioatividade (beta - β)

- Radiação beta (β) é o termo usado para descrever elétrons (pósitrons e negatrons) de origem nuclear, carregados positiva (β^+) ou negativamente (β^-). Sua emissão constitui um processo comum em núcleos de massa pequena ou intermediária, que possuem excesso de nêutrons ou de prótons em relação à estrutura estável correspondente.



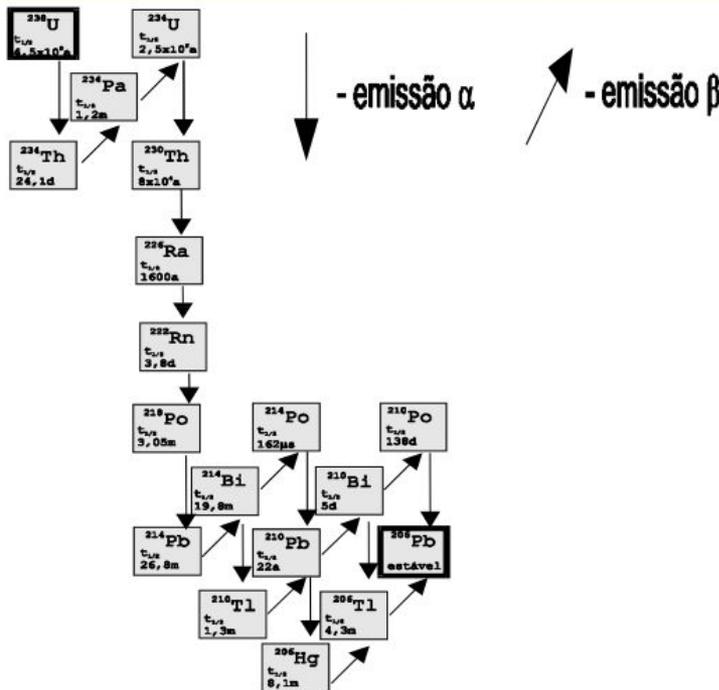
Tauhata, 2003

Oficina (1a) - Radioatividade (beta - β)

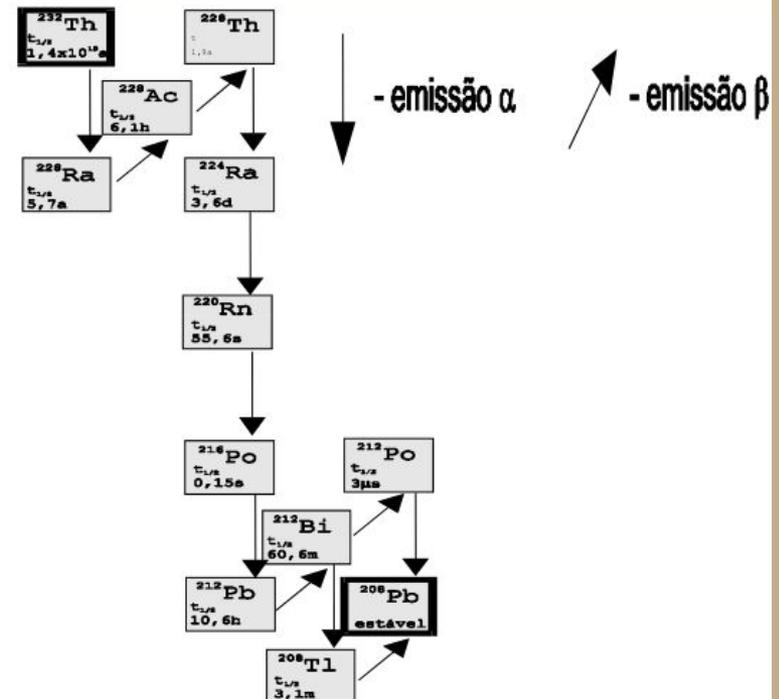


Oficina (1a) - Radioatividade

Série do Urânio-238

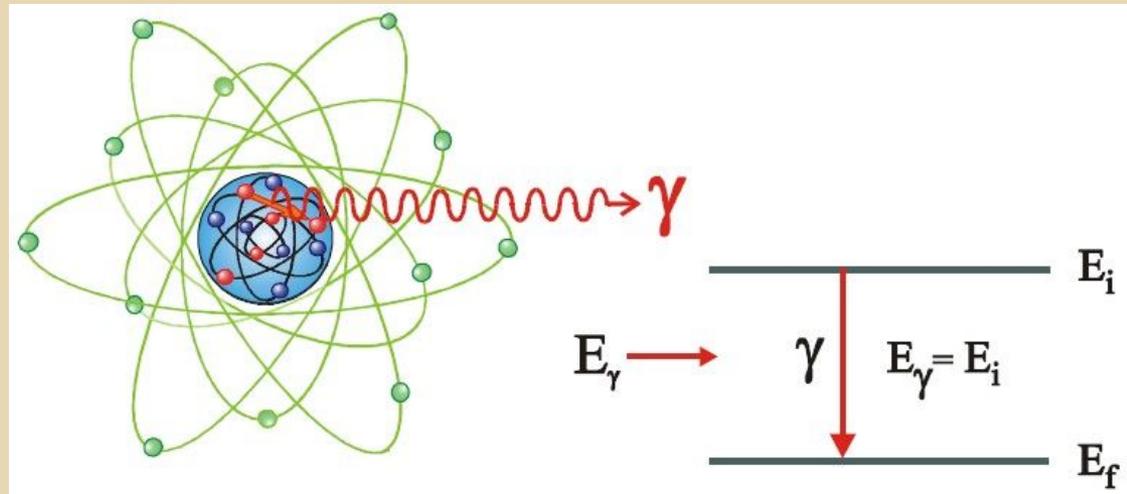


Série do Tório-232



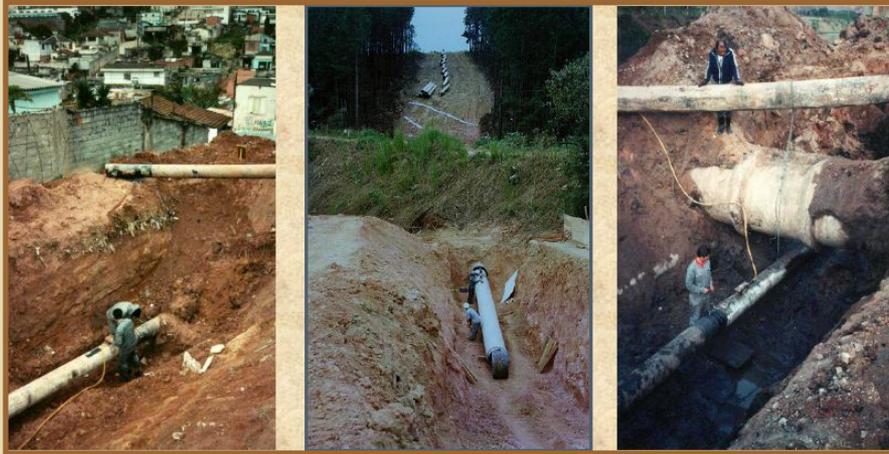
Oficina (1a) - Radioatividade (gama - γ)

- Tem por objetivo trazer o núcleo para um estado de menor energia, sem a perda de massa nuclear (próton ou nêutron) como ocorrem com outros processos radioativos.



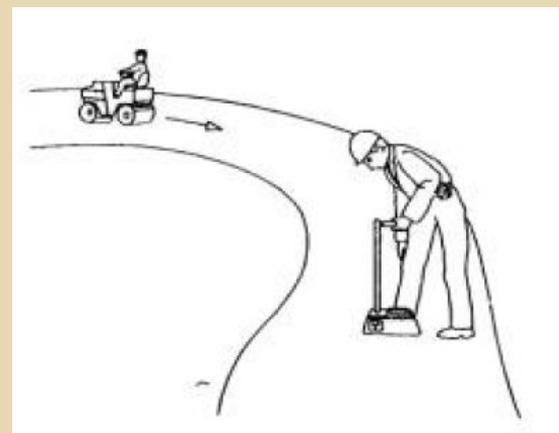
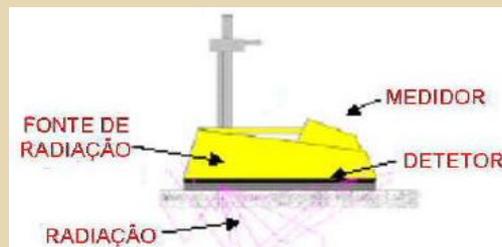
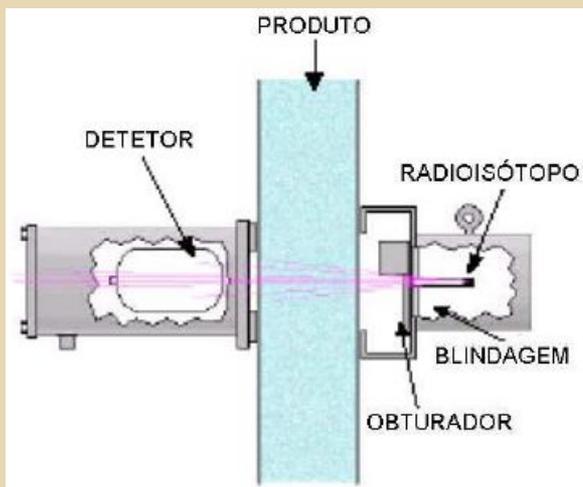
Oficina (1a) - Exemplos de empregabilidade

- Gamagrafia Industrial



Oficina (1a) - Exemplos de empregabilidade

■ Medidores Nucleares



Oficina (1a) - Cálculo de atividade por Meia vida - $T_{1/2}$

■ Conceito

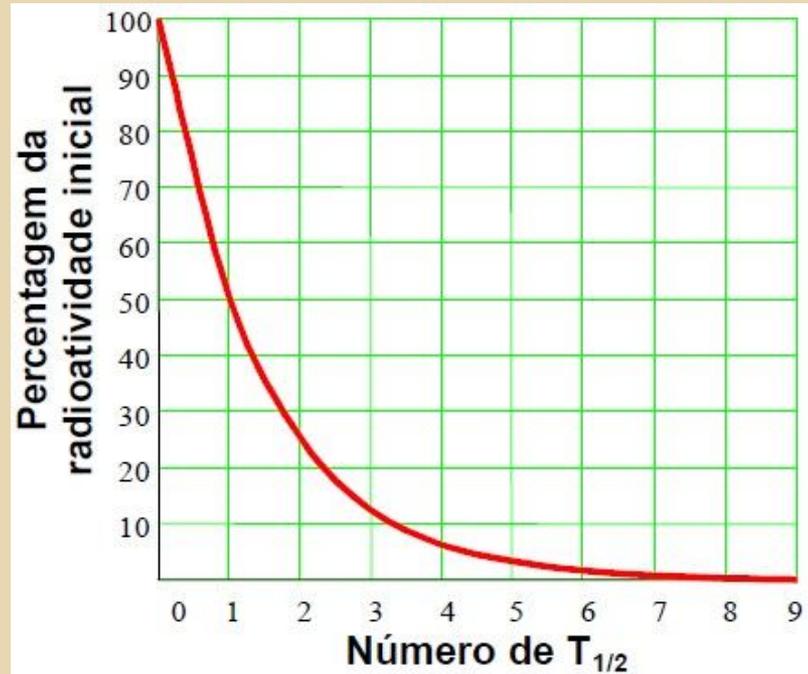
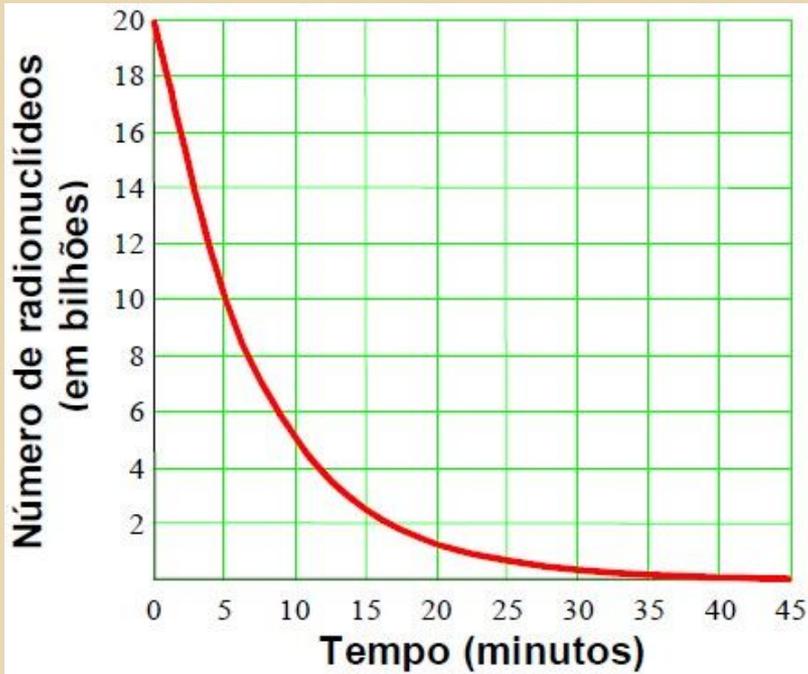
- A atividade de um material radioativo é o número de transformações nucleares por unidade de tempo.
- onde N é o número de núcleos radioativos contidos na amostra ou material.
- A unidade, Becquerel (Bq), corresponde a uma transformação por segundo, ou s⁻¹.
- A unidade antiga, Curie (Ci) = 3,7x10¹⁰ Bq, ou ainda 1 Ci = 37GBq.
- Meia vida ($T_{1/2}$) é o tempo necessário para termos no material radioativo exatamente a metade do número inicial de átomos excitados.

$$A = \frac{dN}{dt} \quad [s^{-1}]$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad [Bq]$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Oficina (1a) - Cálculo de atividade por Meia vida - $T_{1/2}$



Oficina (1a) - Cálculo de atividade por Meia vida - $T_{1/2}$

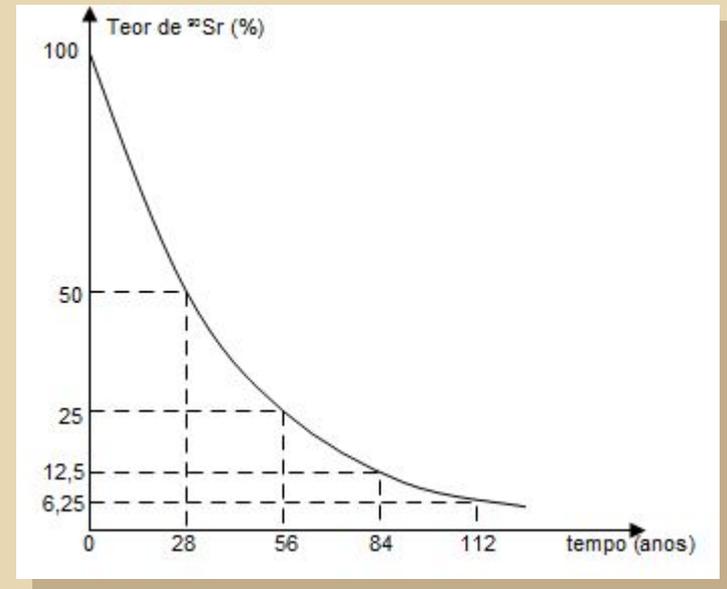
■ Exemplo 2

- Uma fonte de ^{67}Ga utilizada em uma instalação radioativa foi adquirida com atividade 400 mCi e precisa chegar a esta instalação com pelo menos 50 mCi, sabendo que ela levará 9,0 dias para chegar até a mesma e que a meia vida ($T_{1/2}$) do material radioativo é de 3,621 dias, pergunta-se: a instalação ainda poderá utilizar esta fonte de ^{67}Ga ?

Oficina (1a) - Cálculo de atividade por Meia vida - $T_{1/2}$

■ Exemplo 1

- O gráfico abaixo ilustra a variação do teor de ^{90}Sr , presente na amostra dessa substância. Pelo exame do gráfico, qual a meia-vida do ^{90}Sr ?



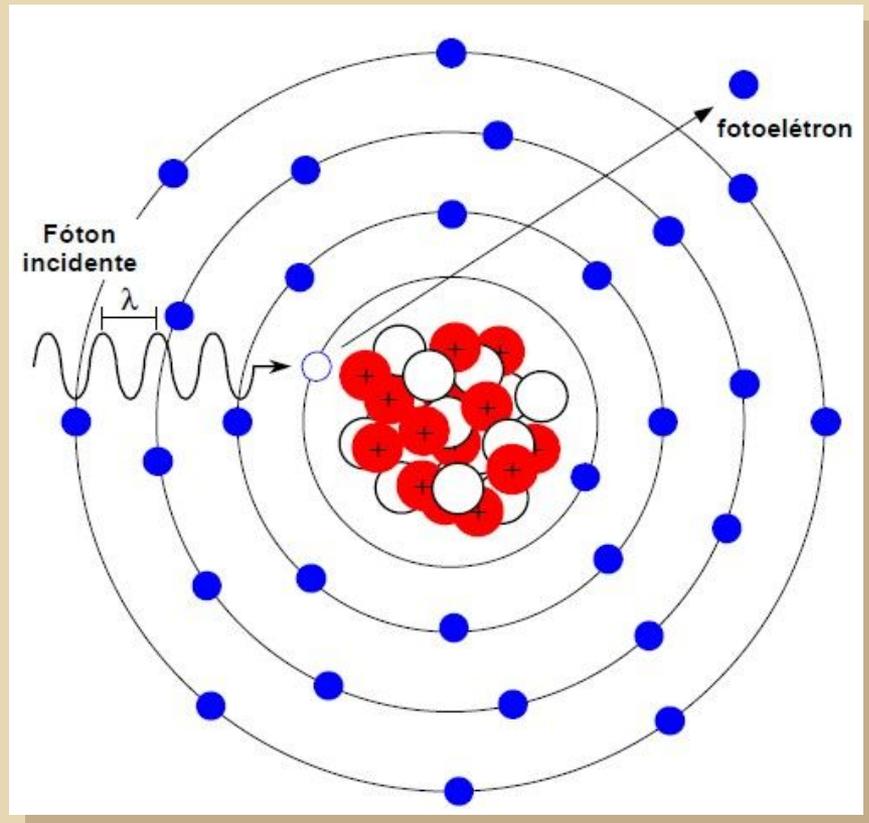
Oficina (2a) - Radiologia Industrial

- Interação de fótons com a matéria
- Detectores á gás e cintiladores
- Atenuação em blindagens (CSR)

Oficina (2a) - Interação de fótons com a matéria

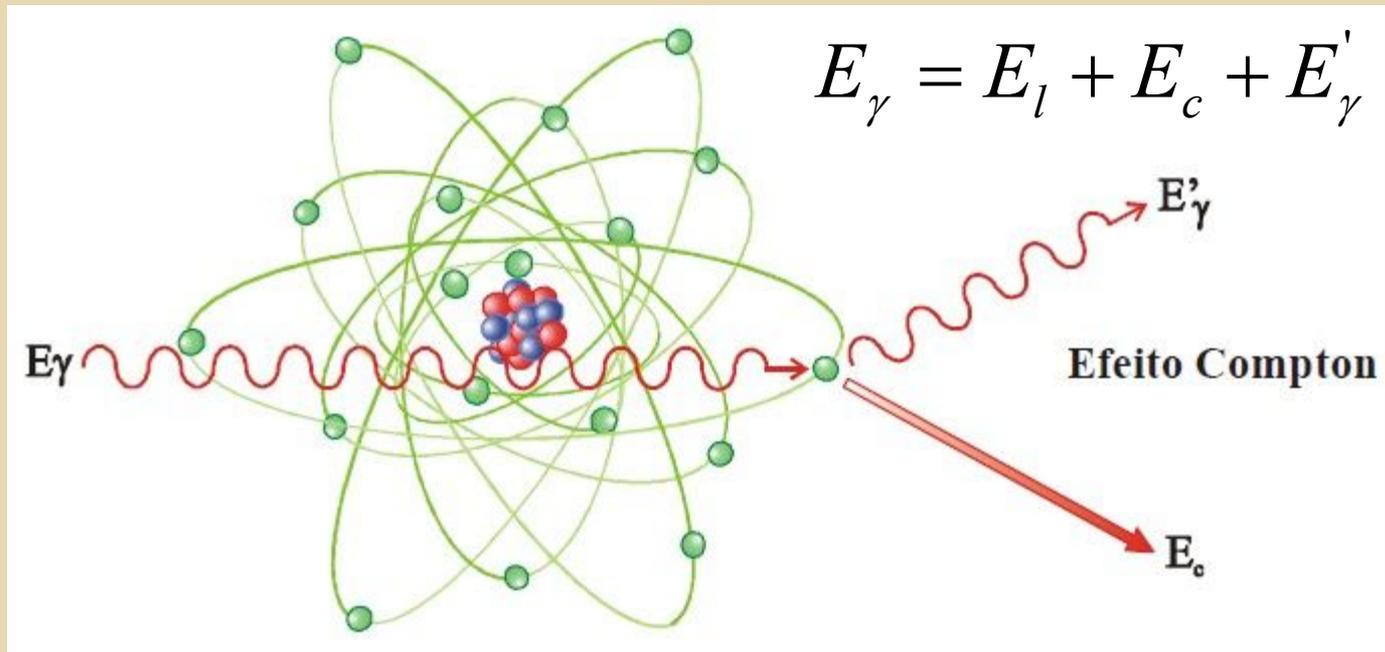
■ Efeito fotoelétrico

$$E_{\gamma} = E_l + E_c$$



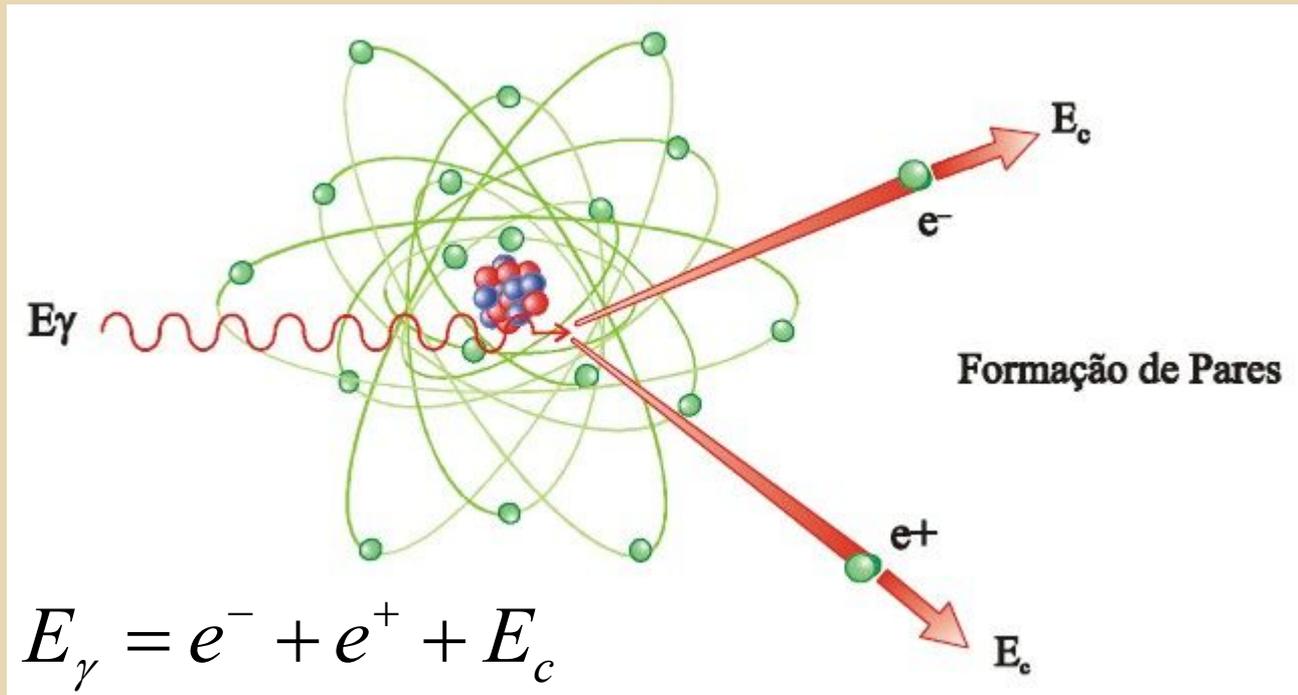
Oficina (2a) - Interação de fótons com a matéria

- Espalhamento incoerente ou (Compton)



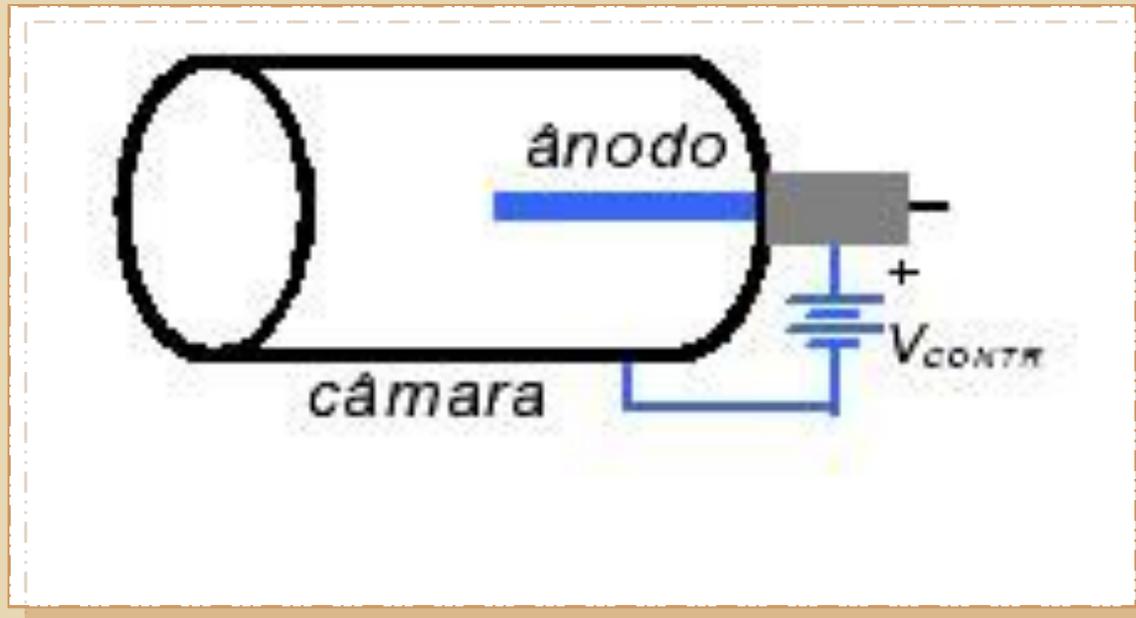
Oficina (2a) - Interação de fótons com a matéria

- Produção de par (pósitron - elétron)



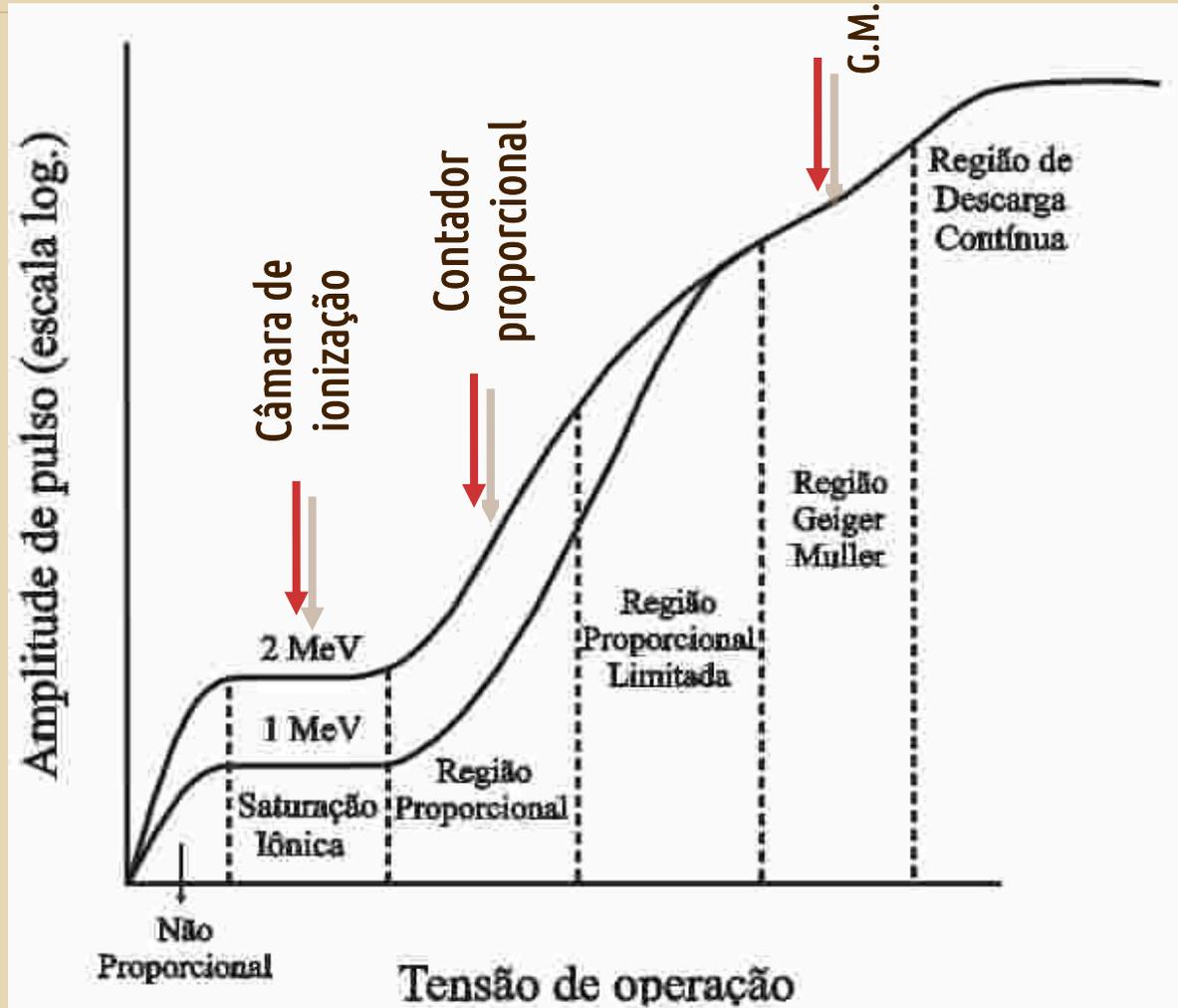
Oficina (2a) - Detectores à gás

- Detectores à gás



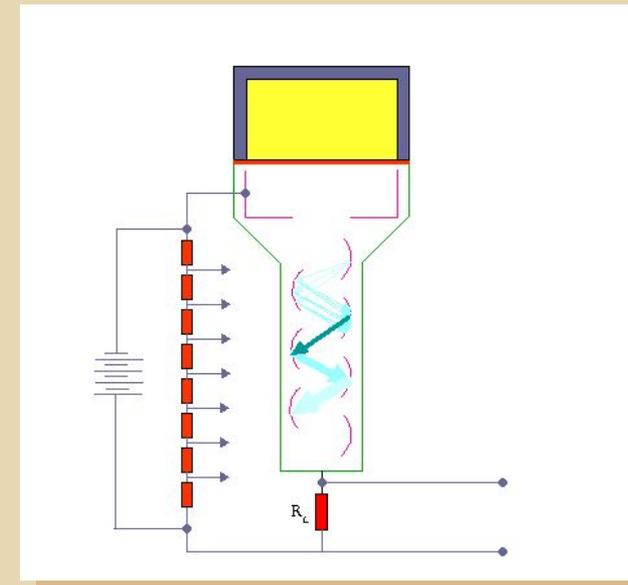
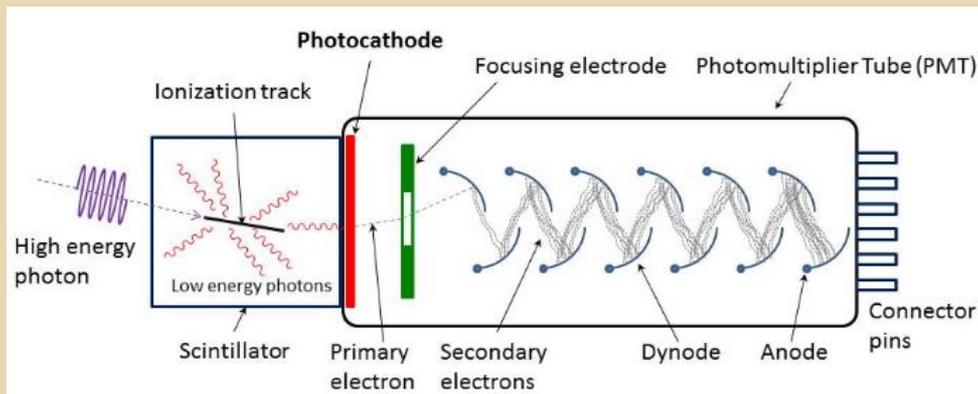
Oficina (2a) - Detectores à gás

■ Detectores à gás



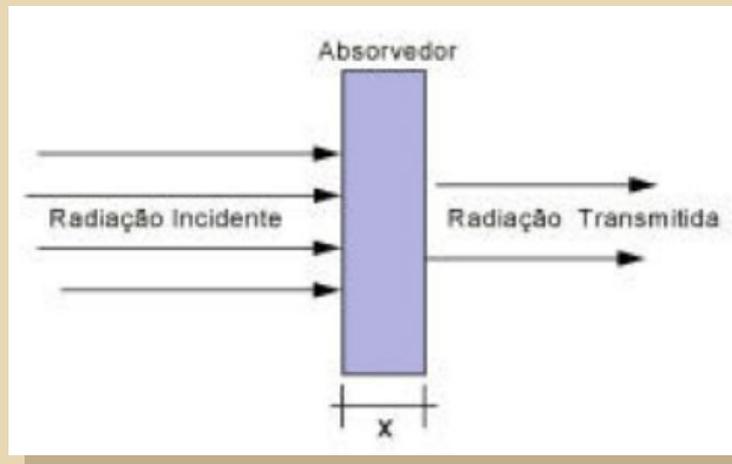
Oficina (2a) - Detectores cintiladores

- Utilizam materiais que podem absorver a energia cedida pelas radiações ionizantes e convertê-las em luz (NaI, CsI, LaBr₃, etc). Esses monitores utilizam materiais cintiladores acoplados opticamente a uma fotomultiplicadora e circuitos eletrônicos.



Oficina (2a) - Camada semirredutora

- É a espessura necessária para reduzir a intensidade do feixe de radiação à metade do valor inicial, CSR (Half Value Layer, HVL) pode ser expressa por:



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

$$I_0/2 = I_0 \cdot e^{(-\mu x)} \longrightarrow 1/2 = e^{(-\mu x)} \longrightarrow \ln(1/2) = \ln[e^{(-\mu x)}]$$

$$-\ln(2) = -(\mu \cdot x) \longrightarrow x = \ln(2) / \mu \longrightarrow \text{CSR} = \ln(2) / \mu$$

ENADE 2007 - Radiologia Industrial

■ Questões



QUESTÃO 13

É característica dos detectores Geiger-Muller:

- (A) precisão que auxilia na identificação do tipo de achado em imagens para diagnóstico.
- (B) alta sensibilidade para contar as interações da radiação no volume sensível.
- (C) alta capacidade de absorver a energia da radiação e fornecer o fluxo de fótons incidentes.
- (D) precisão na discriminação do tipo de radiação incidente no volume sensível.
- (E) capacidade de produzir informações sobre a distribuição da energia da radiação incidente.

ENADE 2010 - Radiologia Industrial

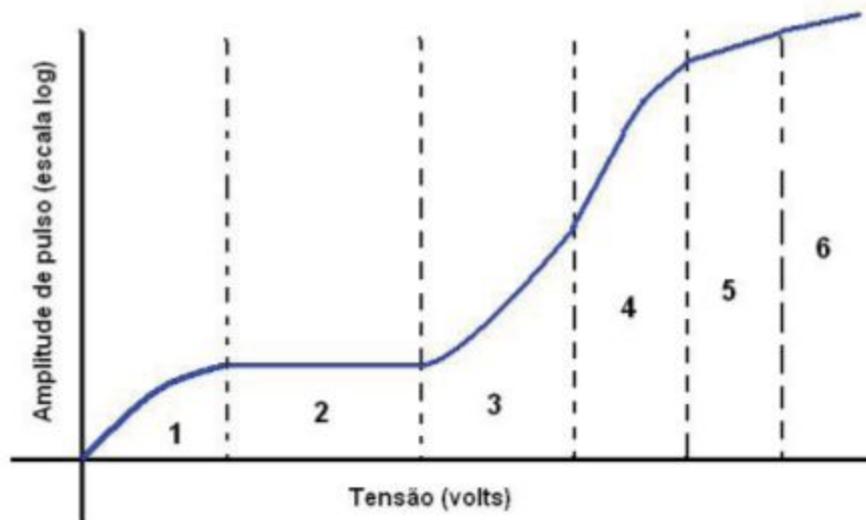
■ Questões

The logo for ENADE 2010 is displayed within a light blue rectangular box. The text "ENADE 2010" is written in a large, bold, black sans-serif font. Below it, the full name "EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES" is written in a smaller, black, all-caps sans-serif font.

ENADE 2010
EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

QUESTÃO 11

As experiências em física nuclear dependem praticamente da detecção das radiações nucleares. Nos detectores tipo pulso, quando uma partícula alfa, por exemplo, interage com o gás no interior do detector, ocorre ionização no interior e, conseqüentemente, a formação de pares de íons. Uma tensão aplicada no sistema pode produzir um pulso elétrico e, por consequência, a corrente será medida. O gráfico abaixo apresenta as regiões de operação para detectores a gás usados em controle de qualidade e em física das radiações em geral.



Considerando as características dos detectores de radiação e as informações do gráfico, avalie as afirmações que se seguem.

- I. O contador proporcional funciona na região 3.
- II. O detector Geiger-Müller funciona na região 1.
- III. A câmara de ionização utiliza faixa de tensão na região 2.
- IV. Ocorre descarga contínua na região 4.
- V. A região 2 é a de recombinação.

É correto apenas o que se afirma em

- A I e III.
 B I e IV.
 C II e III.
 D II e V.
 E IV e V.

QUESTÃO 16

No item de licenciamento de instalações de radiodiagnóstico, a Portaria n.º 453/1998 da ANVISA, estabelece que o memorial descritivo de proteção radiológica deve conter relatório de levantamento radiométrico, que comprove a conformidade com os níveis de restrição de dose estipulados na própria portaria. No caso de uma sala de raios X comum, o instrumento de medida das radiações a ser utilizado para que os valores de dose de radiação sejam corretos é

- A o contador cintilador.
- B a câmara de cintilação.
- C a câmara de ionização.
- D o contador proporcional.
- E o contador Geiger-Müller.

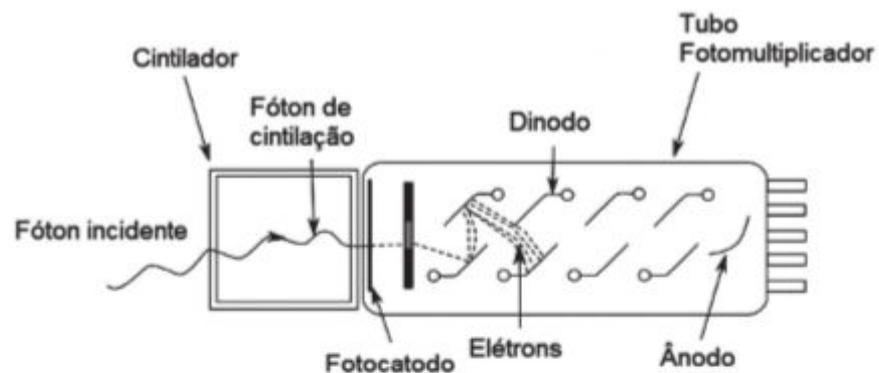
ENADE 2013 - Radiologia Industrial

■ Questões

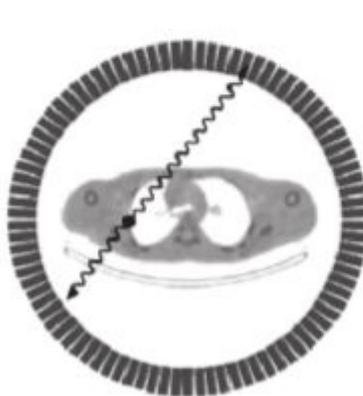


QUESTÃO 25

Observe os esquemas abaixo:



Esquema de detecção da radiação por detector de estado sólido acoplado ao tubo fotomultiplicador



Esquema de gantry de PET



Esquema de gantry de CT

BONIFÁCIO, D. A. B. Modelagem de sistema de detecção para mamografia por emissão de pósitrons utilizando detectores cintiladores monolíticos. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011 (adaptado).

A respeito da detecção da radiação em equipamentos de PET-CT, avalie as afirmações a seguir.

- I. Detectores com cristal de cintilação convertem a radiação incidente em fótons de luz, os quais interagem no fotocátodo liberando elétrons, sendo que a quantidade de elétrons gerados é multiplicada no tubo fotomultiplicador, o que amplifica o sinal a ser medido.
- II. Os fótons que incidem nos detectores em CT são resultado da atenuação do feixe de raios-X pelos tecidos, e permitem a obtenção de imagens anatômicas que posteriormente são fundidas às imagens funcionais produzidas pelo PET.
- III. Os processos de aniquilação de pares pósitron-elétron dão origem aos fótons incidentes nos detectores utilizados no PET, e os eventos de coincidência na detecção desses fótons são empregados na formação da imagem.

É correto o que se afirma em

- A I, apenas.
- B II, apenas.
- C I e III, apenas.
- D II e III, apenas.
- E I, II e III.

Oficinas sobre Física das Radiações e Radiologia Industrial

Prof. Luciano Santa Rita

www.lucianosantarita.pro.br
tecnologo@lucianosantarita.pro.br