

AT#05: Feixes de radiação

Bartolomeu Joaquim Ubisse

Instituto Superior de Ciências de Saúde (ISCISA)

(Aulas preparadas para estudantes de Radiologia)

30 de Março de 2022

- 1 Interacção da radiação com a matéria
 - Interacção da radiação com a matéria
 - Detecção e medição da radiação

Interacção da radiação com a matéria

Quando a radiação interagem com a matéria, transfere parte ou toda a sua energia para as moléculas ou átomos dessa matéria. Na sequência, pode ocorrer os seguintes fenómenos:

- 1 Excitação atômico-molecular e
- 2 Ionização

Excitação atômico-molecular

Neste fenómeno corre a transferência da energia (total ou parcial) da radiação para um electrão do corpo alvo. Porém, essa energia não é suficiente para lançar o electrão fora do átomo e ionização.



O fóton emitido pode ser na faixa do visível (cintilação), ou na faixa de raios X (R_X característicos).

Interacção da radiação com a matéria

Ionização

Neste fenómeno, os electrões são removidos dos seus orbitais, e torna-se em electrões livres de alta energia (Fig.2)

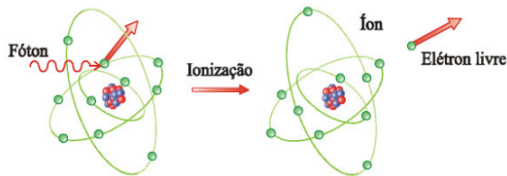


Figura 2: Ionização

A ionização é muito mais nociva aos seres vivos do que a excitação

- Partículas α , β podem ionizar átomos directamente e as não carregadas (R_X , γ e neutrões) ionizam indirectamente

Interacção da radiação com a matéria

Radiação - α

As partículas α emitidas por núcleos radioactivos tem energia na ordem de 5 a 6 MeV e, sabendo que ao colidir com electrão perde 33 eV , sofrem $5\text{MeV}/33\text{eV} = 151000$ colisões antes de parar.

Uma vez que cada colisão pode resultar em ionização, partículas α ionizam mais. O seu alcance varia em função da energia e da densidade do material com que interage, conforme a Tabela:1.

Radiação - β

As partículas α são electrões muito velozes e, por serem leves, facilmente são desviados depois das colisões. As partículas β quando travadas, emitem uma radiação electromagnética (R_X^1).

Os electrões, por serem menores, transferem menor energia por unidade de comprimento percorrido, daí que, o seu alcance é relativamente maior.

¹bremsstrahlung

Interacção da radiação com a matéria

Tabela 1: Alcance de partículas α e β de várias energias em diferentes materiais [Cromer, 2007]

| Energia (MeV) | Alcance (cm) | | |
|---|--------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ar | Tecido corporal | Alumínio |
| Partículas - α | | | |
| 2.0 | 1.04 | 0.63×10^{-2} | 0.61×10^{-3} |
| 3.0 | 1.67 | 1.00×10^{-2} | 0.98×10^{-3} |
| 4.0 | 2.58 | 1.55×10^{-2} | 1.50×10^{-3} |
| 5.0 | 3.50 | 2.10×10^{-2} | 2.06×10^{-3} |
| Partículas - β | | | |
| 0.10 | 12.0 | 0.0151 | 0.0043 |
| 0.50 | 150.0 | 0.18 | 0.0590 |
| 1.00 | 420.0 | 0.50 | 0.1500 |
| 2.00 | 840.0 | 1.00 | 0.3400 |
| 3.00 | 1260.0 | 1.50 | 0.5600 |

Interacção da radiação com a matéria

Quanto à **radiação β^+ (positron)**, esta tem tempo de vida curto, pois, logo que interage com um electrão, surge uma aniquilação resultando na emissão de uma radiação electromagnética de dois fótons.

O processo de aniquilação é muito usado na Tomografia de emissão de positrons (PET²)

↪ A blindagem das partículas β pode ser feita com folhas plásticas (lucite, acrílico ou PVC) de **1 – 2 cm**. Porém, se as partículas β tiverem energia próxima ou maior que **2 MeV**, deve-se ter em consideração a radiação de frenagem (ou *bremsstrahlung*) para prover a blindagem adequada.

²É um exame médico em que se utiliza radionuclídeos que emitem um positrão no momento da sua desintegração, o qual é detectado para formar imagens. Para tal, injecta-se no paciente uma mistura de glucose e um elemento radioactivo (normalmente o ¹⁸F) (mistura denominada **Desoxiglicose marcada com flúor-18**) e avalia-se as regiões do paciente (vendo as imagens) onde o metabolismo é excessivo [Wikipédia. Acesso em 30/03/2022. [Clique aqui!](#)]

Nêutrons (n)

Os nêutrons são partículas sem carga, pelo que, ionizam indirectamente a matéria. Os nêutrons tem maior poder de penetração e, por isso, conseguem atingir núcleos de átomos alvos, modificando assim a sua natureza (criar transmutações). Assim, os nêutrons constituem uma radiação mais nociva à saúde e o seu uso médico ainda é muito restrito.

A blindagem dos nêutrons é geralmente feita com materiais ricos em hidrogénio (ex. água ou parafina).

Radiação - γ e R_X

Os R_X são fótons que tem origem na electrosfera do átomo enquanto que R_γ tem origem no núcleo. Todas estas radiações são muito penetrante.

Quando um feixe de R_X ou R_γ atravessa um objecto vários tipos de interações podem ter lugar, a saber:

- Penetrar na matéria sem interagir com a mesma;
- Interagir com a matéria e ser completamente absorvido, transferindo toda sua energia para o meio;
- Interagir com a matéria e ser espalhado ou defletido de sua direcção original, perdendo parte de sua energia.

Interacção da radiação com a matéria

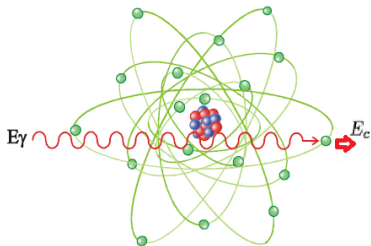
Assim, no caso de a radiação (R_X e R_γ) interagir com a matéria, vários fenómenos podem ocorrer, porém, os mais importantes são:

- 1 Efeito fotoeléctrico;
- 2 Efeito Compton
- 3 Produção de pares (eléctron-positrão)

Efeito fotoeléctrico

O efeito fotoeléctrico ocorre quando toda a energia da radiação (R_X e R_γ) é transferida para o electrão e, este por sua vez é lançado para fora do átomo com energia cinética suficiente.

A lacuna deixada pelo electrão é preenchida por electrões de camadas mais energéticas, e o excesso de energia é liberado na forma de R_X característico.

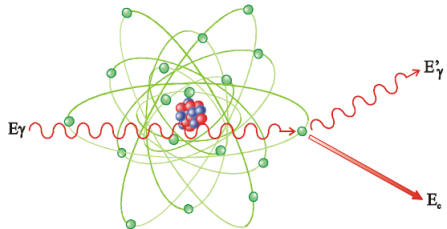


Interacção da radiação com a matéria

Efeito Compton

Ocorre quando o fóton (R_X ou R_γ) cede parte de sua energia para o electrão do alvo. Este efeito contribui significativamente para o aumento da radiação que é espalhada pelo corpo do paciente e que atinge o filme radiográfico, deteriorando a qualidade da imagem.

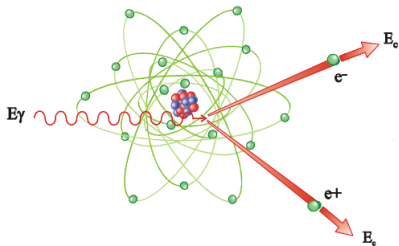
A sua ocorrência é directamente ligada à densidade electrónica do material, e é inversamente relacionada à energia do fóton incidente



Interacção da radiação com a matéria

Produção de pares (electrão-positrão)

Ocorre quando fótons de energia superior a **1.022 MeV** passam perto de núcleos de número atômico elevado, interagindo com o forte campo eléctrico nuclear



Um fóton (R_X ou R_γ), pode perder toda ou parte de sua energia numa única interação, porém, é muito difícil prever o seu alcance. O que é previsível é a distância em que existe 50% de chance de interagir. Esta distância denomina-se **camada semi-redutora**.

Tabela 2: Camada semi-redutora[Okuno, 1986]

| Energia (MeV) | Camada semi-redutora (cm) | |
|---------------------|---------------------------|----------------------|
| | Tecido corporal | Alumínio |
| Raios X ou γ | | |
| 0.01 | 0.13 | 4.5×10^{-4} |
| 0.05 | 3.24 | 0.8×10^{-2} |
| 0.10 | 4.15 | 1.1×10^{-2} |
| 0.50 | 7.23 | 0.38 |
| 1.00 | 9.91 | 0.86 |
| 5.00 | 23.10 | 1.44 |

Detecção e medição da radiação

A radiação nuclear é detectada pela ionização que produz.

TPC

Formem grupos de 4 estudantes e cada grupo deve descrever o princípio físico de funcionamento dos seguintes detectores.

O trabalho deve ser entregue (depositado no link a ser fornecido pelo docente no repositório) no dia 08/04/2022.

- 1 Detectores gasosos (Geiger-Muller), de cintilação e de estado sólido.
- 2 Detectores termoluminescentes e opticamente activos. Badge detector.
- 3 Fotomultiplicadores e APDs.

O trabalho deve ocupar no máximo dez (10) páginas. Não é permitido o plágio, pelo que, é crucial que informação de outrem seja bem referenciada.