

Radiações

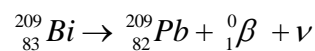
Quando se fala em radiação, as pessoas geralmente associam esta palavra com algo perigoso. O que elas não sabem é que estamos expostos diariamente à radiação. Radiação nada mais é do que a emissão e propagação de energia de um ponto a outro, seja no vácuo ou num meio material. Isto pode ocorrer através de fenômenos ondulatórios ou por partículas com energia cinética.

Radiação corpuscular

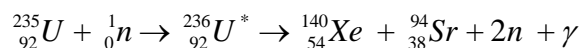
A energia se propaga através de partículas subatômicas. Quanto à origem destas partículas devemos lembrar que algumas têm origem em processos de desintegração nuclear (elétrons, pósitrons, partículas alfa, neutrinos) e outras são obtidas através de processos de fissão nuclear (nêutrons, múons, mésons).

Consideremos dois exemplos:

Desintegração de um núcleo de ^{209}Bi (emissor beta positivo): em um núcleo instável de bismuto, um próton se transforma em um nêutron, resultando num núcleo de menor número atômico e na emissão de uma partícula β e um neutrino (partícula sem carga elétrica).



Fissão de um núcleo de ^{235}U : um núcleo de urânio absorve um nêutron, formando um núcleo de urânio num estado excitado. Este se divide em dois novos núcleos de massas intermediárias, emitindo dois nêutrons e energia (radiação gama).



No ano de 1963 surgiram a Tomografia Computadorizada de Emissão de Fóton Único (SPECT) e Tomografia por Emissão de Pósitron (PET). Estas técnicas utilizam traçadores radioativos que são injetados no paciente e fazem a monitoração das partículas radioativas emitidas por eles.

Radiação eletromagnética

A propagação da energia ocorre através de ondas eletromagnéticas (campos elétricos e magnéticos perpendiculares um ao outro), que no vácuo se propagam com a velocidade da luz ($c = 3 \times 10^8$ m/s). Como exemplos de radiações podemos citar as microondas, os raios X, raios gama,

sinais de rádio, radiação ultravioleta, luz do Sol, entre outras. Estas radiações têm inúmeras aplicações e o que as difere é sua frequência.

Conforme se estudam os conteúdos de ondulatória, no Ensino Médio, as ondas envolvem o transporte de energia e não de matéria. O conteúdo energético transportado por uma onda é quantizado, ou seja, assume valores discretos. Assim, podemos pensar esta energia como dividida em pacotes de energia, chamados quanta ou fótons. A energia de cada fóton de uma onda eletromagnética de frequência f é $E = hf$, onde $h = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$ é a constante de Planck. Como h é uma constante, a energia da radiação aumenta com a frequência. A radiação ultravioleta, por exemplo, tem maior frequência que a luz visível e, portanto, é mais energética.

Consideremos dois exemplos na área radiodiagnóstico: “Qual a energia dos fótons de raios X, cuja frequência é de 10^{19} Hz ?”

$$E = hf$$

$$E = 4,14 \cdot 10^{-15} \cdot 10^{19}$$

$$E \cong 4,2 \cdot 10^4 \text{ eV} = 42 \text{ keV}$$

Este resultado significa que cada fóton dessa onda tem energia de 42 keV. Um outro exemplo bastante interessante é comparar dois valores de frequência e mostrar por que uma é mais energética do que outra. Considerando radiação gama de frequência $3 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$, verificamos que sua energia é:

$$E = 4,14 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^{20}$$

$$E = 1,24 \cdot 10^6 \text{ eV} = 1,24 \text{ MeV}$$

Devido a essa diferença no conteúdo energético destas radiações, elas são empregadas com diferentes fins.

Características e origem das radiações

As radiações têm origem nos ajustes que ocorrem no núcleo atômico ou nas camadas eletrônicas do átomo, ou através da interação de outras radiações ou partículas com o núcleo ou átomo. As radiações alfa, beta e gama são originadas a partir de “ajustes” que ocorrem no núcleo. Os raios X de freamento são originados pela interação de partículas carregadas com o núcleo e os

raios X característicos a partir da interação de partículas carregadas com elétrons das camadas eletrônicas.

Radiação alfa (α)

É uma radiação constituída por partículas subatômicas formadas por dois prótons e dois nêutrons, com carga $2+$ e com bastante energia cinética, a qual varia de 3 MeV a 7 MeV. As partículas alfa (núcleos de *He*) são emitidas por núcleos instáveis de elevada massa atômica, como por exemplo, urânio, tório e radônio. Estas partículas têm velocidades da ordem de um décimo da velocidade da luz. As intensidades e as energias das radiações alfa emitidas por um nuclídeo servem para identificá-lo numa amostra.

As radiações alfa são as que têm o menor poder de penetração e uma alta taxa de ionização. Para exposições externas, são inofensivas, pois não conseguem atravessar as primeiras camadas epiteliais. Porém, quando os radionuclídeos são ingeridos ou inalados, por mecanismos de contaminação natural ou acidental, as radiações alfa, quando em grande quantidade, podem causar danos significativos na mucosa que protege os sistemas respiratório e gastrointestinal e nas células dos tecidos adjacentes. Nesse caso, o corpo da pessoa contaminada passa a ser uma fonte radioativa.

Radiação beta (β)

Consiste de um elétron (β^-) ou pósitron (β^+) emitido pelo núcleo na busca de sua estabilidade, quando um nêutron se transforma em próton ou um próton se transforma em nêutron, respectivamente, acompanhado de uma partícula neutra de massa desprezível, denominada de neutrino.

A figura 1 representa o espectro contínuo de energia do decaimento beta para N elétrons detectados. Este espectro apresenta valores de energia variáveis desde zero até um valor máximo, pois ela é compartilhada aleatoriamente entre o elétron ou pósitron emitido e o neutrino. O valor máximo de energia está relacionado ao núcleo radioativo onde ocorreu a transição.

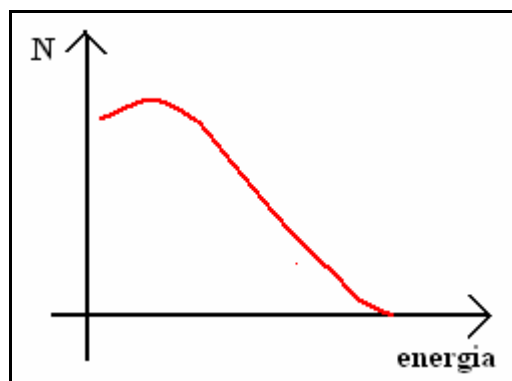


Figura 1 - Espectro de energia do decaimento beta

O poder de penetração destas partículas é pequeno e depende de sua energia. Para o tecido humano, consegue atravessar espessuras de alguns milímetros, podendo ser usada em procedimentos médicos na superfície da pele, mas pode ser detida com uma folha de alumínio com 1 mm de espessura. A velocidade dessas partículas é cerca de $\frac{9}{10}$ da velocidade da luz.

Radiação gama (γ)

É uma radiação emitida pelo núcleo atômico com excesso de energia (em um estado excitado) após transição de próton ou nêutron para nível de energia com valor menor, gerando uma estrutura mais estável. Por depender da estrutura nuclear, a intensidade e a energia com que é emitida permite caracterizar o radioisótopo. É uma radiação bastante penetrante e, conforme sua energia, capaz de atravessar grandes espessuras. Assim, a radiação gama é bastante utilizada em aplicações médicas de radioterapia e aplicações industriais, como medidores de nível e gamagrafia.

A energia emitida na radiação gama tem valores bem definidos e está relacionada aos valores de energia inicial (estado excitado) e do nível final a ser alcançado na transição (estado fundamental).

Ex.: $E_{\gamma 1} = 2,50571 - 1,3325 = 1,17321 \text{ MeV}$

$$E_{\gamma 2} = 1,3325 - 0 = 1,3325 \text{ MeV}$$

Raios X

Os raios X utilizados nas aplicações técnicas são produzidos nos tubos de raios X, os quais consistem, basicamente, em um filamento que produz elétrons por emissão termiônica (catodo), que são acelerados fortemente por uma diferença de potencial elétrica (kilovoltagem) até um alvo metálico (anodo), onde colidem. A maioria dos elétrons acelerados são absorvidos ou espalhados, produzindo aquecimento no alvo. Cerca de 5% dos elétrons sofrem reduções bruscas de velocidade, e a energia dissipada se converte em ondas eletromagnéticas, denominadas de raios X.

Ao se desligar um aparelho de raios X, ele não produz mais radiação e, portanto, não constitui um equipamento radioativo, mas um gerador de radiação. Qualquer material irradiado por raios X, para as aplicações mais conhecidas, não fica e nem pode ficar radioativo, muito menos os locais onde são implementadas as técnicas de raios X, como consultórios dentários, salas de radiodiagnóstico ou radioterapia.

A figura 2 representa a incidência de elétrons de alta energia sobre um átomo, onde a interação com elétrons orbitais dos átomos do alvo causa ionização, através da remoção dos elétrons

orbitais. O modelo de átomo aqui representado é o modelo de Bohr, que é um modelo ainda semiclássico, mas que descreve bem as transições eletrônicas entre níveis de energia.

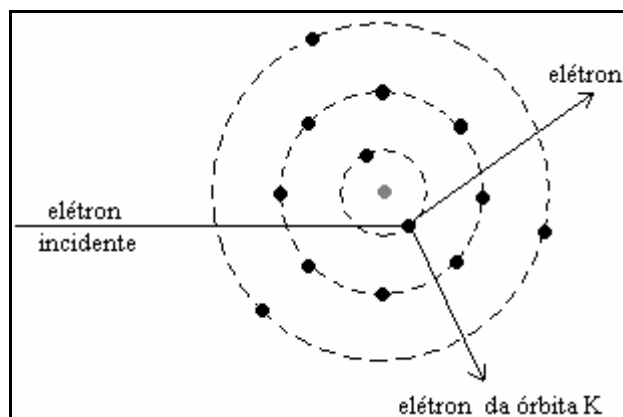


Figura 2- Representação artística da estrutura atômica e a interação com elétrons de alta energia (Figura inspirada a partir de Manual de radiologia para técnicos – 5ª edição, de Stewart C. Bushong)

Conforme podemos ver na figura 3, os elétrons das camadas mais externas “descem” para estas órbitas mais internas, ocupando o espaço vazio das camadas inferiores e emitindo fótons de energia característica (radiação característica).

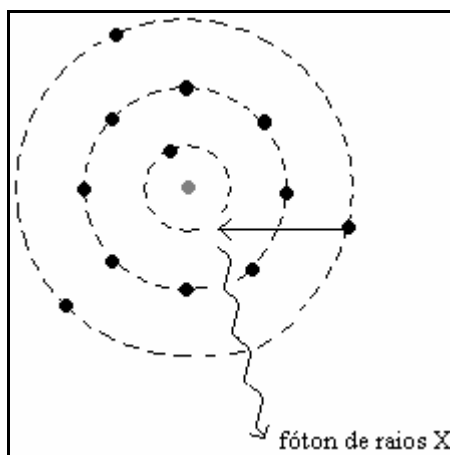


Figura 3- Representação artística da estrutura atômica e a emissão de fótons de raios X característicos

Referências Bibliográficas

BUSHONG, S. C. **Manual de radiología para técnicos – Física, biología y protección radiológica**. Tradução de Diorki Servicios Integrales de Edición. 1. ed. Madri: Mosby/Doyma Libros, 1993. 710p. Título original: Radiologic Science for Technologists, 5th edition.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version.

ROBILOTTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 20, n. 2/3, p. 134-142, 2006. Disponível em: <<http://journal.paho.org/uploads/1162234592.pdf>> Acesso em: 6 abr. 2007.

Para se aprofundar um pouco mais consulte:

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. 928 p. Título original: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles.