

Resumen Conceptos Básicos de Física Nuclear

Hemos podido observar que las radiaciones ionizantes tiene la capacidad de generar ruptura química de la materia, lo que se logra solo producto de transferencias de cantidades elevadas de energía desde ellas hacia la estructura de la materia.

La pregunta es ¿Dónde podemos disponer de altas cantidades de energía como para que sea ionizante?.

Para responder a esta pregunta debemos explicar la estructura atómica de la materia.

Toda materia es el resultado de la presencia de compuestos químicos o mezcla de ellos. A su vez los compuestos químicos están formados por interacciones de elementos químicos lo que corresponden a una estructura formada por tres partículas básicas que denominamos átomo:

- Protones (masa alta, carga eléctrica positiva)
- Electrones (masa baja, carga eléctrica negativa)
- Neutrones (masa alta, sin carga eléctrica)

Luego podemos afirmar que toda la materia está forma por átomos

Físicamente podemos caracterizar a un átomo como un núcleo central muy pequeño con gran masa en el cual se encuentran presentes protones y neutrones, rodeado de una gran nube electrónica en donde se encuentran ubicados los electrones y que gira en torno al núcleo.

Un átomo en lo principal queda caracterizado por:

- Número atómico, Z. Corresponde a la cantidad de protones en el núcleo del átomo y es quien le confiere las características particulares a cada elemento químico
- Número Másico, A. Corresponde a la cantidad de protones y neutrones presentes en el núcleo del átomo, dado que a cada uno de ellos se la ha conferido una masa de 1 UMA (una unidad de masa atómica). Para los efectos de calcular la masa de un átomo solo se considera la masa del núcleo, dado que la masa de la nube electrónica es despreciable frente a la del núcleo.
- Isótopos. Corresponde a la familia que acompaña a cada elemento químico. Se caracteriza por disponer del mismo número atómico (Z), pero distinto numero másico (A). esto se debe entender como que los isótopos de un elemento cualquiera tiene el mismo número de protones pero distinto número de neutrones en sus núcleos.

Dada la característica expuesta de los átomos podemos concluir que:

- El núcleo es muy pequeño, cien mil veces más pequeño que el átomo que forma, y dispone de prácticamente toda la masa de él, por lo que su densidad (masa/volumen) es extremadamente alta. Esto implica que las partículas que lo forman, protones y neutrones están muy juntos, debiendo haber una fuerza que permite esto.
- La nube electrónica dispone de un gran volumen, cien mil veces más grande que el núcleo, y una masa pequeña (despreciable frente a la del núcleo), por lo que su densidad es muy baja, lo que implica la existencia de un gran espacio vacío en su interior

Estos antecedentes nos llevan a concluir que debe existir una fuerza al interior de todo núcleo atómico que permite el generar densidades muy altas, para que ello ocurra es necesario reducir el volumen que ocupan protones y neutrones al mínimo, lo que implica disponer de una fuerza al interior del núcleo atómico que cumpla con comprimir ambas partículas hasta volúmenes mínimos, la conocemos como fuerza nuclear, se caracteriza por ser de alto nivel de energía, actuar solos al interior del núcleo del átomo, no ser de característica gravitatoria ni eléctrica y ser saturada, siendo una de las cinco fuerzas naturales junto a la gravitacional, eléctrica, magnética y elástica.

La fuerza nuclear pudo ser medida en la interacción de un protón y un neutrón en el núcleo de un átomo de deuterio, isótopo del hidrógeno que se caracteriza por tener masa dos UMA. El valor de energía medido fue de 2,2 Mega Electrón Volts (2,2 MeV), dicho de otra manera 2,2 millones de eV. Al comparar esta energía con energías de uso tradicional entre nosotros se concluye que la fuerza nuclear es miles o millones de veces más grandes que aquellas.

De esta manera podemos pensar que la energía almacenada en los núcleos atómicos si es liberada puede disponer de la energía suficiente para ser considerada radiación ionizante.

Para poder comprender la forma en que ella puede ser liberada debemos recurrir a explicar lo que ocurre con los sistemas estables o inestables en la naturaleza.

La diferencia en la condición de estabilidad de un sistema está dada por la cantidad de energía que posee, mientras más energía posee el sistema, más inestable es, adicionalmente la estabilidad está asociada con el tiempo de vida del sistema, mientras más estable es, su vida será más prolongada. Por regla natural, todo sistema en la naturaleza pretenderá disponer de la vida más prolongada posible, lo que solo logra en la medida que es **estable**. Luego en la naturaleza los sistemas inestables liberan energía buscando estabilidad, que significa vida.

Pensemos ahora en lo que ocurre si naturalmente existen sistemas nucleares inestables, siguiendo la ley natural deben tender a la estabilidad y ello lo hacen liberando energía, en este caso particular liberan aquella energía que posee el núcleo inestable, energía nuclear.

Esta forma de estabilización de sistemas nucleares inestables se conoce con el nombre de **Mecanismos de Estabilización** y depende de:

- 1.- Si el núcleo está sobrecargado de partículas se romperá y eliminará una partícula compuesta por dos protones y dos neutrones denominada **radiación alfa**. Sus características principales son disponer de una masa alta y carga eléctrica positiva.
- 2.- Si se ha perdido la relación de armonía entre protones y neutrones en la familia (isótopos) de un elemento químico particular. Esto puede mirarse desde dos puntos de vista, la existencia de un exceso relativo de protones respecto de neutrones o viceversa, un exceso relativo de neutrones respecto de protones. En ambos casos el núcleo se rompe y da origen a la **radiación beta**. Sus características principales son disponer de baja masa y carga eléctrica preferentemente negativa.
- 3.- Luego de una ruptura nuclear originada por **radiación alfa o beta** las partículas que permanecen en el núcleo se reacomodan a su nueva condición, por supuesto respetando la ley natural de menor nivel de energía posible, por lo que si sobra energía la emite como **radiación gamma**. Su característica es que es un impulso electromagnético de alta energía.
- 4.- Los electrones desplazados en este proceso desde los orbitales de los átomos que forman la materia que participa de este proceso son frenados por las nubes electrónicas adyacentes, la energía disipada en el frenado se transforma en calor y **Rayos X**. Su característica es que es un impulso electromagnético de alta energía (normalmente menor a la de la radiación gamma).

De esta forma núcleos atómicos inestables son responsables directos de las radiaciones alfa, beta y gamma, mientras que el frenados de electrones generados por estos sistemas nucleares inestables son responsables de la generación de rayos x.

Podemos concluir entonces que dos radiaciones ionizantes son de partículas (alfa y beta), mientras dos son ondas electromagnéticas (gamma y X), las cuatro son radiaciones ionizantes.

Dado que la mayor proporción de dosis de radiación ionizante que afecta a los seres humanos es por exposición externa, es decir, enfrentar una fuente generadora de radiaciones ionizantes, analizaremos la capacidad de penetración de ellas respecto de la materia.

- 1.- Alfa, tiene baja capacidad de penetración, circula aproximadamente 0,5 mt. en el aire y es detenida por una lámina de papel
- 2.- Beta, posee una capacidad de penetración algo mayor a alfa, circula aproximadamente 1 mt. en el aire y es detenida por láminas de madera
- 3.- Gamma y X, por su condición de onda electromagnética circula cientos de metros en el aire y normalmente se utiliza concreto y plomo para detenerlas.

Considerando lo anterior y bajo la premisa de exposición externa, las radiaciones ionizantes de mayor peligro para los seres humanos son las ondas electromagnéticas, dado que basta estar en presencia de ellas para que atraviesen la estructura humana generando ionización en dicho tránsito.

Al incidir radiación ionizante de onda electromagnética sobre la materia la probabilidad de absorción dependerá del coeficiente de absorción lineal específico de cada materia, dicha absorción procede por tres mecanismos:

- a.- Fotoeléctrico. Implica que la onda electromagnética transfiere toda su energía a un electrón orbita y lo arranca de su posición expulsándolo con alto nivel de energía cinética.
- b.- Compton. Implica que la onda electromagnética colisiona elásticamente transfiriendo una parte de su energía a un electrón orbital y lo arranca de su posición expulsándolo con alto nivel de energía cinética.
- c.- Creación de pares y aniquilación. La onda electromagnética es perturbada por un núcleo atómico, materializándose, esto es, bajo la ley de la relatividad la energía se convertirá en materia generándose dos partículas, un electrón y un positrón.

Estos tres mecanismos implican que parte de la energía de radiación ionizante de onda electromagnética es absorbida por la materia al atravesarla, dicha absorción implica ruptura de la estructura química de ella (expulsión de electrones), lo que se traduce en ionización.