

## Fluorescencia de Rayos X

Manuel A. Beato Vz.

Abril, 2021

### Incandescencia

La **incandescencia** es la emisión de radiación electromagnética de un cuerpo caliente a consecuencia de su alta temperatura.

Todo cuerpo expuesto a un calor suficiente emite radiación electromagnética en el espectro visible a partir de una cierta temperatura. Usualmente, se asocia incandescencia con el espectro de luz visible, mientras que la radiación térmica se asocia con el infrarrojo.

### Luminiscencia

La **luminiscencia** es todo proceso de emisión de luz cuyo origen no radica exclusivamente en las altas temperaturas sino que, por el contrario, es una forma de "luz fría". Esto distingue la luminiscencia de la incandescencia.

Cuando un sólido recibe energía procedente de una radiación incidente, esta es absorbida por su estructura electrónica y posteriormente es de nuevo emitida cuando los electrones vuelven a su estado fundamental.

La emisión de luz tiene lugar a un tiempo característico ( $\tau$ ) después de la absorción de la radiación y es este parámetro el que permite subdividir la luminiscencia en:

*Fluorescencia:* Se restringe a la luminiscencia causada por rayos de onda corta y se caracteriza por tener un tiempo característico  $\tau < 10^{-8}$  segundos.

*Fosforescencia:* Es una luminiscencia que perdura una vez cortada la excitación. Se considera fosforescencia si  $\tau > 10^{-8}$  segundos.

### Fluorescencia

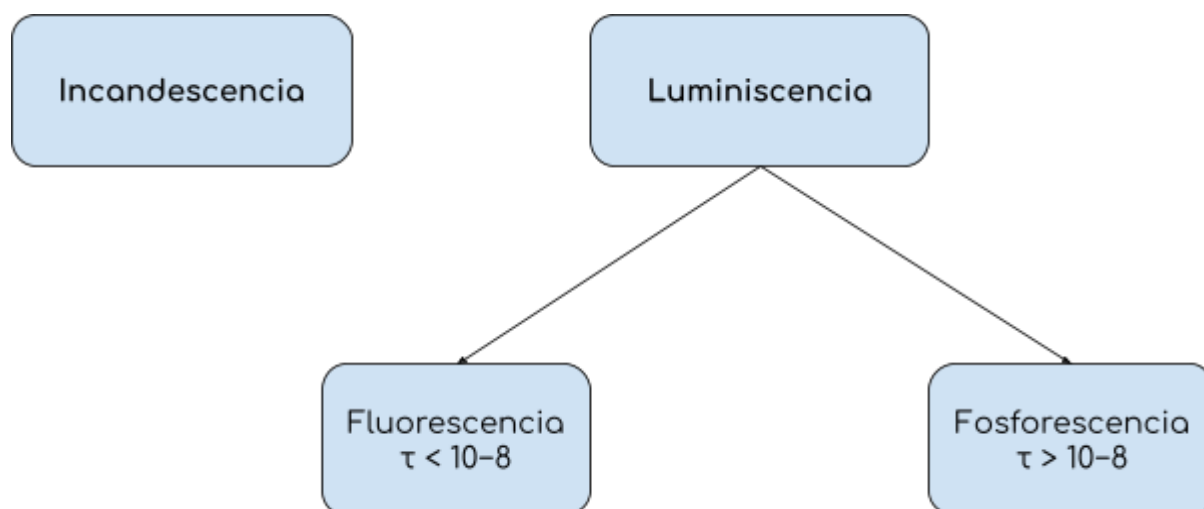
La **fluorescencia** es un tipo particular de luminiscencia, que caracteriza a las sustancias que son capaces de absorber energía en forma de radiaciones electromagnéticas y luego emitir parte de esa energía en forma de radiación electromagnética de longitud de onda diferente.

La energía total emitida en forma de luz es siempre **menor** a la energía total absorbida y la diferencia entre ambas es disipada en forma de **calor**.

En la mayoría de los casos la longitud de onda emitida es mayor -y por lo tanto de menor energía- que la absorbida, sin embargo, si la radiación de excitación es intensa, es posible para un electrón absorber dos fotones; en esta absorción bifotónica, la longitud de onda emitida es más corta que la absorbida, sin embargo en ambos casos la energía total emitida es menor que la energía total absorbida.

En general las sustancias fluorescentes absorben energía en forma de radiación electromagnética de onda corta (p ej radiación gamma, rayos x, UV, luz azul, etc), y luego la emiten nuevamente a una longitud de onda más larga, por ejemplo dentro del espectro visible.

El ciclo completo es muy breve, transcurre en tiempos del orden de los nanosegundos, por lo que puede considerarse prácticamente instantáneo. Es este tiempo tan corto lo que diferencia a la fluorescencia de otro conocido fenómeno luminoso, la fosforescencia.



### Fluorescencia de rayos X

La fluorescencia de rayos X (XRF, por sus siglas en inglés) consiste en emisión de rayos X secundarios (o fluorescentes) característicos de un material que ha sido excitado al ser «bombardeado» con rayos X de alta energía o rayos gamma.

Al exponer un material a rayos de longitudes de onda cortas como X o  $\gamma$ , pueden ionizarse los átomos que constituyen el material. La ionización consiste en eyección de uno o más electrones desde el

átomo. Puede ocurrir si a este se le expone a radiación cuya energía exceda la del potencial de ionización.

Tanto los rayos X como los gamma pueden ser suficientemente energéticos para desprender electrones fuertemente ligados en los orbitales internos del átomo. Tal remoción electrónica deja en condición inestable a la estructura electrónica del átomo, y los electrones de orbitales más elevados «caen» hacia el orbital más bajo, que luego ocupan los huecos de los electrones internos desprendidos.

En esta caída, o transición, se genera energía mediante emisión de un fotón. **El valor de la energía de este corpúsculo es igual a la diferencia de energía entre los dos orbitales involucrados.** Por lo tanto, el material emite radiación cuya energía es característica de los átomos componentes del material.

*Detección:* Cada elemento posee orbitales electrónicos de energías características. Al producirse la remoción de un electrón de una capa interior por un fotón energético proveniente de una fuente primaria de radiación, un electrón de una capa exterior se desplaza y ocupa el hueco que se había formado. Cada una de estas transiciones produce un fotón fluorescente dotado de una energía característica que es igual a la diferencia de energía entre los orbitales inicial y final. La longitud de onda de esta radiación fluorescente se puede calcular a partir del postulado de Planck:  $\lambda = hc/E$ .

La radiación fluorescente se puede clasificar mediante análisis de las energías de los fotones (análisis dispersivo de energía) o por separación de las longitudes de onda de la radiación (análisis dispersivo de longitud de onda). **Una vez ordenadas, la intensidad de cada radiación característica se relaciona directamente con la cantidad de cada elemento químico del material de la muestra.** Esto aporta la base de una poderosa técnica utilizada en química analítica.

En análisis por dispersión en energía, la dispersión y la detección se realizan en una sola operación. Se usan contadores proporcionales o varios tipos de detectores de estado sólido: diodos PIN, Si(Li), Ge(Li) y detectores de deriva de silicio (SDD). Comparten el mismo principio de detección: un fotón de rayos X incidente ioniza cuantiosos átomos del detector. **La cantidad de carga generada es proporcional a la energía del fotón incidente.**

La técnica XRF puede analizar elementos desde berilio (Be) hasta uranio (U).