

SESIÓN 9

LA RADIOACTIVIDAD

I. CONTENIDOS:

1. Antecedentes históricos de la radiactividad.
2. Rayos X.
3. Descubrimiento de la radiactividad.
4. Isótopos.
5. Vida media.
6. Detectores de radiación.

II. OBJETIVOS:

Al término de la Sesión, el alumno:

- Analizará la composición de los rayos X.
- Describirá el fenómeno de la radiactividad.

III. PROBLEMATIZACIÓN:

Comenta las preguntas con tu Asesor y selecciona las ideas más significativas.

- ¿Qué diferencia existe entre la luz y los rayos X para que éstos puedan “fotografiar” el interior del cuerpo?
- ¿Qué aplicaciones tiene la medicina nuclear?
- ¿Cuáles serían las consecuencias genéticas de usar armas nucleares?

IV. TEXTO INFORMATIVO-FORMATIVO:

1.1. Antecedentes históricos de la radiactividad

La radioactividad es un fenómeno que ocurre por condiciones específicas en el núcleo de los átomos. Ahora conocemos un poco más el fenómeno. Pero antes de 1896, no se habían registrado descubrimientos del fenómeno radioactivo. En ese año el francés Henri Becquerel, estudiando la relación entre los rayos x y el fenómeno de la fluorescencia descubrió algo inusitado.

En 1896, un año después del descubrimiento de los rayos X, el matemático francés Henri Poincaré sugirió que la producción de rayos X podría estar relacionada con la fluorescencia. Las declaraciones del eminente matemático impulsaron al profesor de física francés Henri Becquerel a realizar investigaciones con materiales fluorescentes. En alguna ocasión utilizó un compuesto de uranio que luego colocó al sol hasta que se manifestó una intensa fluorescencia, después puso el compuesto encima de una placa fotográfica envuelta en papel negro. Al examinar la placa, estaba ennegrecida, se había velado tal como ocurría con las placas expuestas a los rayos X. Todo indicaba que la sugerencia de Poincaré le había llevado a un colosal descubrimiento. Ese compuesto de uranio emitía rayos X, pero se equivocaba.

Siguiendo los protocolos de la investigación, se dio cuenta que el compuesto de uranio ennegrecía la placa fotográfica aunque no se hubiera expuesto a la luz solar para manifestar fluorescencia. Otros compuestos de uranio tenían el mismo efecto sobre la placa fotográfica y además ionizaban el aire causando que se descargara cualquier electroscopio que estuviera próximo, tal como también lo hacían los rayos X. Sin embargo, no eran rayos X porque no eran útiles para obtener imágenes de objetos ocultos entre la madera o detrás de pantallas de otros materiales. Había descubierto una nueva clase de rayos, se llamaron rayos Becquerel en su honor. En julio de 1898, el matrimonio Curie (Pierre y Marie) descubrió que un óxido de uranio, la Pechblenda, emitía una mayor cantidad de rayos Becquerel que el mismo uranio, utilizaron la técnica del electroscopio para

las mediciones. Después aislaron una pequeña cantidad de sulfuro de bismuto en la que encontraron una actividad 400 veces mayor que en el uranio puro. Se propusieron encontrar la causa de la enorme emisión, después de mucho esfuerzo lograron separar por medios químicos la sustancia responsable: un nuevo elemento al que nombraron polonio en honor al país de origen de Marie. Meses después, trabajando con una muestra de cloruro de bario, descubrieron otro elemento con mayor capacidad de emisión de rayos Becquerel y lo llamaron radio (del latín rayo) por su capacidad de brillar en la oscuridad con una tenue luz. Ellos habían descubierto elementos químicos y los identificaron por sus propiedades radioactivas, los rayos Becquerel son lo que conocemos como radiactividad.

2.1. Rayos X

Los rayos X fueron descubiertos en 1895, en 1896 se descubrió la radiactividad, en 1897 el electrón, en 1900 la teoría cuántica y en 1905 se desarrolló la teoría de la relatividad.

El profesor de física alemán Wilhelm Konrad Röntgen en 1895 descubrió los rayos X. Publicó que de alguna región de un tubo de rayos catódicos surge una emisión que es capaz de atravesar cuerpos opacos y puede ennegrecer una placa fotográfica. Después de algunos días los médicos ya estaban utilizando el descubrimiento para el reconocimiento de sus pacientes.

Estaba el profesor investigando la fluorescencia del vidrio de un tubo de Crookes, cuando apreció que algunos cristales de cianuro de bario comenzaron a emitir fluorescencia. A pesar de que el tubo estaba cubierto con pantallas de papel negro, los cristales manifestaban fluorescencia cada vez que estaba funcionando el tubo. Entonces la causa de la fluorescencia provenía del tubo, pensó que eran rayos invisibles pero que podían penetrar cuerpos opacos. Al desconocer su naturaleza los llamó rayos X, por ser una incógnita.

Pudo averiguar que provenían de la región del vidrio que era afectada en mayor medida por los rayos catódicos, también que afectaban a las placas fotográficas. Cuando quiso fotografiar su descubrimiento, se dio cuenta que sus placas fotográficas que estaban en una caja de madera se habían velado. Intrigado puso unas pesas dentro de la caja y detrás de la caja una placa fotográfica en buen estado. El resultado fue sorprendente, los rayos atravesaban la caja e imprimían en la placa fotográfica la imagen de las pesas. Pudo obtener las imágenes de tornillos en la madera de las puertas y lo más sorprendente: la imagen de los huesos de la mano de una persona viva, su esposa Anna. Mientras ayudaba a su esposo con los experimentos se pudo obtener la primera radiografía de la historia, aparece la mano de ella con el anillo de bodas.

Los rayos X son llamados también rayos de frenado. Como sabemos los rayos catódicos son electrones que se desprenden del cátodo y son atraídos por el ánodo en el tubo. Si los rayos catódicos se acercan al ánodo metálico, éste que está formado por átomos tiene electrones; los electrones del ánodo forman un campo eléctrico que rechaza a los electrones de los rayos catódicos.

Cuando se acercan los rayos catódicos al ánodo, su energía cinética disminuye, pues son literalmente frenados por el campo eléctrico de los electrones del ánodo. Como la energía no se puede destruir, esa energía cinética que se ha perdido se transforma en otra: los rayos X. En 1913 se mejoró el tubo de rayos catódicos para producir rayos X, se le colocó un filamento de Tungsteno al cátodo por el que circulaba una corriente hasta que se presentaba la emisión termiónica. El ánodo se mejoró construyéndolo de cobre para poder radiar el calor que se forma y en la zona de contacto se dispuso un metal de alto punto de fusión como el molibdeno. El voltaje necesario para el funcionamiento de los tubos de rayos X es como mínimo de 50 000 voltios.

La penetración de los rayos X depende del voltaje que se emplea y de la densidad del material que han de atravesar. Los rayos X con alto poder de penetración se conocen como rayos X duros y los de poco poder, rayos X blandos. Los rayos X se encuentran delante de los rayos ultravioleta y antes de los rayos gamma. Su frecuencia es hasta 5000 veces mayor que la de la luz visible.

3.1. Descubrimiento de la radiactividad

En 1899 un físico neocelandés llamado Ernest Rutherford, que trabajaba en el equipo de Thomson, describió que la radiación que producía el uranio era de tres tipos distintos. Mismos que llamó radiación alfa, radiación beta y radiación gamma.

El experimento que permitió conocer la naturaleza de la radioactividad consistió en un cubo de plomo al que se le taladró un orificio y en el interior se colocó una muestra de uranio. Se sabía que el plomo podía contener la radiación, y entonces los rayos salían dirigidos por el orificio para ser analizados. La emisión radioactiva se llevaba hacia un campo magnético y luego a una pantalla fluorescente; en la pantalla se pudieron apreciar cintilaciones en tres regiones. Dos de las tres regiones correspondían a rayos con carga eléctrica (unos positivos y otros negativos) pues la desviación del campo magnético así lo determinaba. La otra era de rayos sin carga eléctrica. Se comprobaron los resultados utilizando campos eléctricos en lugar de campos magnéticos obteniendo la misma conclusión.

Los rayos alfa tienen carga eléctrica positiva y están formados por partículas con la masa y carga de los núcleos del helio común. Tienen carga de +2, y una masa de 4 uma. Avanzan a un décimo como máximo de la velocidad de la luz. Tienen alto poder de ionización, esto significa que alteran la estructura electrónica de los átomos o moléculas que encuentran en su camino. El alcance de la partícula alfa en el aire es de unos cuantos centímetros (menos de 10) según la fuente radioactiva. En el tejido biológico el alcance es de algunas centenas de milímetros. Por estas características la radiación alfa no es peligrosa si la fuente es externa, la capa córnea de la piel puede detener a las partículas alfa sin problema; pero si se respira aire con polvo radioactivo se tiene un grave problema, ahora la radiación es interna y daña severamente los tejidos.

Los rayos beta tienen carga eléctrica negativa y están formados por electrones. Se mueven a un 90 % de la velocidad de la luz. Su poder de ionización es del 0.1% del que tienen los rayos alfa. El alcance de las partículas beta es de unos metros en el aire y de algunos centímetros en el tejido biológico. Las partículas beta tienen tanta energía que pueden ocasionar daños en las células de los tejidos al romper los enlaces químicos o ionizar moléculas orgánicas importantes.

Los rayos gamma son ondas electromagnéticas con una frecuencia mayor que la de los rayos X. Su velocidad de propagación es igual a la de la luz. Ionizan a la materia en un grado inferior a los rayos beta, son muy poco ionizantes. Sin embargo, su poder de penetración es muy superior al de los rayos X, pudiendo atravesar completamente el cuerpo humano. Pueden causar daños irreparables en la información genética del núcleo de las células. Se utilizan para esterilizar equipos médicos, así como para exterminar bacterias, también se utilizan en la radioterapia para la eliminación de células carcinogénicas.

4.1. Isótopos

Dalton pensaba que los átomos de un elemento químico son iguales en peso y en otras características. Si se trataba de una sustancia pura es claro, por lógica, que todos sus átomos fueran iguales y por ello no se podía descomponer en otros diferentes que por necesidad deberían estar formados por átomos distintos. Pero se equivocaba, ahora sabemos que dentro de los átomos de un mismo elemento hay ligeras diferencias; algunos átomos presentan un mayor peso

que otros. A los diferentes tipos de átomos que se conocen, de un mismo elemento, se les llama isótopos.

Se le llama número de masa atómica a la suma de protones y neutrones en el núcleo de los átomos. Los átomos de un elemento químico tienen el mismo número de protones en su núcleo, a esa cantidad se le llama número atómico. Por ejemplo, el carbono común tiene en su núcleo 12 partículas subatómicas: 6 protones y 6 neutrones, entonces su número de masa atómica es de 12, y su número atómico es de 6, sin embargo existe en la naturaleza una variedad de átomos de carbono con masa 14, lo que significa que tienen 6 protones y 8 neutrones.

Por ejemplo, el hidrógeno tiene tres isótopos conocidos: el más común que se llama simplemente hidrógeno tiene un número de masa de 1, otro isótopo tiene número de masa 2 y se conoce como deuterio, el más escaso es el tritio con número de masa 3. Cualquier cosa que podemos apreciar con nuestros sentidos está formada por elementos químicos, como máximo pueden ser 110 diferentes, pero se conocen actualmente alrededor de 1500 núcleos diferentes. Son tantos porque en cada elemento químico están presentes algunos isótopos. La media ponderada de los números de masa, de los diferentes isótopos de un elemento químico, de acuerdo a su abundancia en la naturaleza, es la masa atómica del elemento, por eso las masas atómicas no son números enteros.

Los isótopos radioactivos tienen la característica de un núcleo inestable. Se dice que su núcleo es inestable porque las fuerzas de repulsión entre los protones que lo constituyen, es mayor que las fuerzas que lo mantienen unido. Las fuerzas que mantienen unido a un núcleo atómico se asocian con las fuerzas de interacción fuerte. Contrarrestan la repulsión entre los protones y mantienen unidos a los neutrones, actúan a distancias muy pequeñas del orden de $1 \times 10^{-15} m$, es decir, una mil billonésima de metro. Los núcleos estables son como una quinta parte de todos los que se conocen, sin embargo es más probable hallar un núcleo estable que uno inestable porque los inestables están continuamente transmutándose a otros núcleos más estables.

La estabilidad de un átomo está en función de la relación (N° neutrones/ N° de protones) en los elementos de número atómico pequeño la relación es aproximadamente de 1, en los pesados se acerca a 1.5, para un determinado elemento químico sólo unos cuantos isótopos tienen la relación (N° neutrones/ N° de protones) adecuada como para ser estables. Todos los isótopos con un número atómico mayor a 83 son inestables, no alcanzan la relación óptima entre el número de neutrones y de protones.

5.1. Vida media

La vida media es el tiempo que tarda un elemento radioactivo en perder la mitad de su masa y por lo tanto la mitad de su actividad radioactiva. La vida media de cada elemento radioactivo es diferente y puede ser desde unos segundos hasta millones de años. Si se tiene un kilogramo de algún elemento radioactivo no significa que al pasar un periodo de vida media haya desaparecido la mitad de la masa. Lo que ocurre es que del elemento químico original se ha perdido la mitad de su masa en un periodo de vida media, esa mitad "perdida" ha sufrido una transmutación. Una transmutación radioactiva es una transformación de un elemento químico en otro. Entonces, al final de un periodo de vida media, queda la mitad de la masa del elemento original y el resto de la masa está formada por otro u otros elementos químicos.

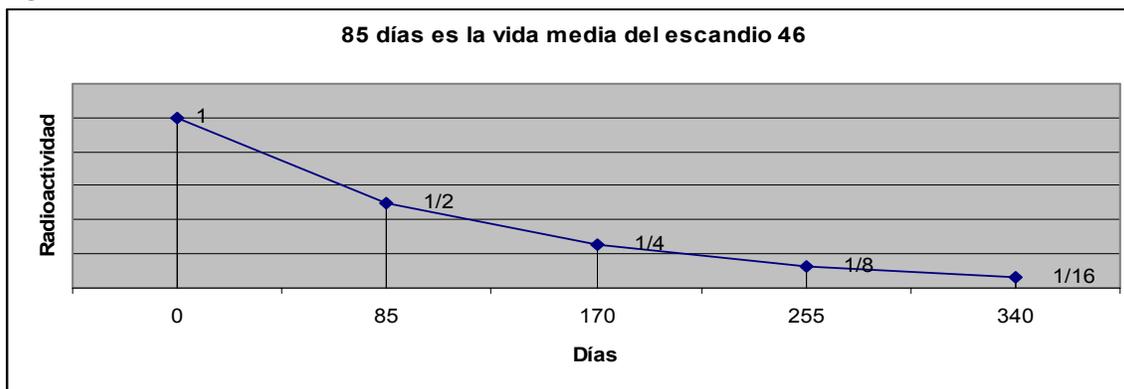
Cuando hay un accidente nuclear o cuando se hace explotar una bomba atómica, se liberan grandes cantidades de isótopos radioactivos con una vida media larga. Esto significa que contaminan el medio ambiente por decenas e incluso cientos de años, según la vida media del isótopo.

Ejemplo 1 Si la vida media del escandio 46 es de 85 días ¿en cuánto tiempo la actividad del isótopo decaerá a la dieciseisava parte?

Si en cada periodo de 85 días pierde la mitad de su actividad, en 85 días quedará sólo la mitad, en otros 85 días o sea en 170 días quedará la cuarta parte, en 255 días quedará la octava parte y el 340 días quedará la dieciseisava parte. La dieciseisava parte representa el 6.25% del total, han pasado cuatro periodos de vida media: $85 \times 4 = 340$

Entonces en poco más de 11 meses (340 días) la actividad radioactiva del escandio 46 se reducirá a un dieciseisavo de su actividad original.

La gráfica se muestra a continuación:



6.1. Detectores de radiación

Hay varios métodos para detectar radiación, el más simple es un electroscopio. Si se carga un electroscopio, al estar en un ambiente radioactivo se descargará rápidamente. Otro detector de radiación es un artefacto conocido como la cámara de niebla de Wilson:

El físico escocés Charles Thomson Rees Wilson inventó en 1912 un método para observar directamente la trayectoria de las partículas alfa (α) y beta (β). El dispositivo es una cámara de expansión en donde se agrega vapor de agua, después se somete la cámara al trayecto de las partículas radioactivas. Las partículas alfa y beta son ionizantes y formarán iones positivos y negativos en su trayecto, los iones servirán como semillas para la condensación de vapor de agua formando minúsculas gotas de agua en forma de niebla. Se somete a la cámara a una presión elevada y luego se libera la presión bruscamente para que se forme la niebla por la sobresaturación de vapor de agua. Las partículas alfa dejan un rastro recto y bastante denso, en cambio las partículas beta dejan una trayectoria curvilínea muy delgada. Lo anterior indica que las partículas alfa tienen mayor cantidad de movimiento y no son desviadas como las partículas beta. En la cámara de niebla de Wilson no es posible apreciar la trayectoria de un rayo gamma debido a su bajo potencial de ionización.

Otro detector de radiación es el tubo contador de Geiger Mueller. Consiste en un cilindro de cobre abierto en sus extremos de menos de 8 cm de largo. Se monta dentro de un tubo de vidrio de paredes delgadas. En el eje del cilindro se agrega un alambre sin que tenga contacto con el cilindro de cobre. Después se forma un vacío parcial en el interior del tubo de vidrio y se conecta un potencial de 1000 voltios con el positivo al alambre y el negativo al tubo de cobre. Cuando pasa una partícula radioactiva o un rayo cósmico a través del tubo, se ioniza el aire que quedó en el interior creando un puente entre el tubo de cobre y el alambre central; esto produce una corriente pequeña en el circuito, misma que luego se amplifica para mandar una señal a un pequeño altavoz que avisa de la presencia de partículas radioactivas.