



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 DICIEMBRE DE 2008

“DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD: INVENTORES E INVENTOS. P. CURIE Y LA RADIOACTIVIDAD”

AUTORÍA FRANCISCO M. PORCEL GRANADOS
TEMÁTICA TECNOLOGÍA
ETAPA E. SECUNDARIA

Resumen

P. Curie fue el descubridor de La radioactividad. Dicho invento ha supuesto un gran avance tecnológico para la humanidad, en varios campos, entre ellos los de la medicina y la generación de energía. Dicho avance ha supuesto una mejora en la adaptación del ser humano al medio en el que se desarrolla.

Palabras clave

- Curie
- Radioactividad

1. EL INVENTOR:

Pierre Curie (París, Francia, 15 de mayo de 1859 - París, Francia, 19 de abril de 1906) fue un físico francés, pionero en el estudio de la radiactividad y descubridor de la piezoelectricidad que fue galardonado con el Premio Nobel de Física del año 1903.

Primeros descubrimientos

En 1880 descubrió la piezoelectricidad con su hermano Jacques, es decir, el fenómeno por el cual al comprimir un cristal se genera un potencial eléctrico. Posteriormente ambos hermanos demostraron el efecto contrario: que los cristales se pueden deformar cuando se someten a un potencial.

Enunció en 1894 el **principio universal de simetría**: las simetrías presentes en las causas de un fenómeno físico también se encuentran en sus consecuencias.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 25 DICIEMBRE DE 2008

Durante su doctorado y los años siguientes se dedicó a investigar alrededor del magnetismo. Desarrolló una balanza de torsión muy sensible para estudiar fenómenos magnéticos y estudió el ferromagnetismo, el paramagnetismo y el diamagnetismo. Como resultado de estos estudios, se destaca el descubrimiento del efecto de la temperatura sobre el paramagnetismo, conocido actualmente como la ley de Curie. También descubrió que las sustancias ferromagnéticas presentan una temperatura por encima de la cual pierden su carácter ferromagnético; esta temperatura se conoce como temperatura o punto de Curie.

Trabajos con Marie Curie

En 1895 se casó con Marie Sklodowska (Marie Curie), hija de dos profesores polacos, con quien desarrolló una importante parte de sus investigaciones. A partir de aquel momento se dedicaron juntos al estudio del entonces novedoso campo de la radiactividad y trabajaron en el aislamiento del polonio y del radio.

Obtuvo el premio Nobel de Física con su mujer Marie Curie en 1903, en reconocimiento a los extraordinarios servicios prestados conjuntamente en sus investigaciones sobre la radiación descubierta por el profesor Henri Becquerel.

Ambos fueron galardonados también con la Medalla Davy de la Royal Society de Londres en 1903.

Murió en un accidente la mañana del 19 de abril de 1906, al ser atropellado por un coche de caballos en una calle de París cuando se dirigía a su laboratorio. Con Marie Curie concibió a Irène Joliot-Curie quien, junto a su esposo Frédéric Joliot-Curie, continuaría el trabajo de Pierre y Marie y ganaría, también con él, en 1935 el Premio Nobel de Química. El 21 de abril de 1995 los restos de Pierre Curie se trasladaron del panteón familiar al Panteón de París.

Reconocimientos

En 1910 el Congreso de Radiología aprobó poner el nombre de curio a la unidad de la actividad radioactiva ($3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones por segundo).

En su honor, así como en el de su esposa, recibe el nombre el asteroide (7000) Curie, descubierto el 6 de noviembre de 1939 por Fernand Rigaux. En su honor recibió también el nombre el elemento sintético curio (Cm) descubierto en 1944, así como también el cráter Curie en la Luna y el cráter Curie de Marte.

2. EL INVENTO:

La **radiactividad** o **radioactividad** es un fenómeno físico natural, por el cual algunos cuerpos o elementos químicos llamados radiactivos, emiten radiaciones que tienen la propiedad de impresionar



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 DICIEMBRE DE 2008

placas fotográficas, ionizar gases, producir fluorescencia, atravesar cuerpos opacos a la luz ordinaria, etc. Debido a esa capacidad se les suele denominar radiaciones ionizantes (en contraste con las no ionizantes). Las radiaciones emitidas pueden ser electromagnéticas, en forma de rayos X o rayos gamma, o bien corpusculares, como pueden ser núcleos de Helio, electrones o positrones, protones u otras.

La radiactividad es una propiedad de los isótopos que son "inestables". Es decir que se mantienen en un estado excitado en sus capas electrónicas o nucleares, con lo que para alcanzar su estado fundamental deben perder energía. Lo hacen en emisiones electromagnéticas o en emisiones de partículas con una determinada energía cinética. Esto se produce variando la energía de sus electrones (emitiendo rayos X), sus nucleones (rayo gamma) o variando el isótopo (al emitir desde el núcleo electrones, positrones, neutrones, protones o partículas más pesadas), y en varios pasos sucesivos, con lo que un isótopo pesado puede terminar convirtiéndose en uno mucho más ligero, como el Uranio que con el transcurrir de los siglos acaba convirtiéndose en plomo.

Es aprovechada para la obtención de energía, usada en medicina (radioterapia y radiodiagnóstico) y en aplicaciones industriales (medidas de espesores y densidades entre otras).

La radiactividad puede ser:

- Natural: manifestada por los isótopos que se encuentran en la naturaleza.
- Artificial o inducida: manifestada por los radioisótopos producidos en transformaciones artificiales.

Radiactividad natural

En 1896 Becquerel descubrió que ciertas sales de uranio emitían radiaciones espontáneamente, al observar que velaban las placas fotográficas envueltas en papel negro. Hizo ensayos con el mineral en caliente, en frío, pulverizado, disuelto en ácidos y la intensidad de la misteriosa radiación era siempre la misma. Por tanto, esta nueva propiedad de la materia, que recibió el nombre de radiactividad, no dependía de la forma física o química en la que se encontraban los átomos del cuerpo radiactivo, sino que era una propiedad que radicaba en el interior mismo del átomo.

El estudio del nuevo fenómeno y su desarrollo posterior se debe casi exclusivamente al matrimonio Curie, quienes encontraron otras sustancias radiactivas como el torio, polonio y radio. La intensidad de la radiación emitida era proporcional a la cantidad de uranio presente, por lo que dedujo Marie Curie que la radiactividad era una propiedad atómica. El fenómeno de la radiactividad se origina exclusivamente en el núcleo de los átomos radiactivos. Se cree que la causa que lo origina es debida a la interacción neutrón-protón del mismo. Al estudiar la radiación emitida por el radio se comprobó que era compleja, pues al aplicarle un campo magnético parte de ella se desviaba de su trayectoria y otra parte no.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 DICIEMBRE DE 2008

Pronto se vio que todas estas reacciones provenían del núcleo atómico que describió Rutherford en 1911, quien también demostró que las radiaciones emitidas por las sales de uranio eran capaces de ionizar el aire y de producir la descarga de cuerpos cargados eléctricamente.

Con el uso del neutrino, partícula descrita en 1930 por Pauli pero no medida hasta 1956 por Clyde Cowan y sus colaboradores, consiguió describirse la radiación beta.

En 1932 James Chadwick descubrió la existencia del neutrón que Wolfgang Pauli había predicho en 1930, e inmediatamente después Enrico Fermi descubrió que ciertas radiaciones emitidas en fenómenos no muy comunes de desintegración eran en realidad neutrones.

Radiactividad artificial

Se produce la radiactividad inducida cuando se bombardean ciertos núcleos estables con partículas apropiadas. Si la energía de estas partículas tiene un valor adecuado penetran dentro del núcleo bombardeado y forman un nuevo núcleo que, en caso de ser inestable, se desintegra después radiactivamente. Fue descubierta por los esposos Jean Frédéric Joliot-Curie e Irène Joliot-Curie, bombardeando núcleos de boro y aluminio con partículas alfa. Observaron que las sustancias bombardeadas emitían radiaciones después de retirar el cuerpo radiactivo emisor de las partículas de bombardeo.

En 1934 Fermi se encontraba en un experimento bombardeando núcleos de uranio con los neutrones recién descubiertos. En 1938, en Alemania, Lise Meitner, Otto Hahn y Fritz Strassmann verificaron los experimentos de Fermi. Es más, en 1939 demostraron que parte de los productos que aparecían al llevar a cabo estos experimentos era bario. Muy pronto confirmaron que era resultado de la división de los núcleos de uranio: la primera observación experimental de la fisión. En Francia, Jean Frédéric Joliot-Curie descubrió que además del bario, se emitían neutrones secundarios en esa reacción, haciendo factible la reacción en cadena.

También en 1932 Mark Oliphant teorizó sobre la fusión de núcleos ligeros (de hidrógeno), describiendo poco después Hans Bethe el funcionamiento de las estrellas en base a este mecanismo.

El estudio de la radiactividad permitió un mayor conocimiento de la estructura del núcleo atómico y de las partículas subatómicas. Se abre la posibilidad de convertir unos elementos en otros. Incluso el sueño de los alquimistas de transformar otros elementos en oro se hace realidad, aunque no resulte rentable.

Clases y componentes de radiación

Se comprobó que la radiación puede ser de tres clases diferentes:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 DICIEMBRE DE 2008

1. **Radiación alfa:** son flujos de partículas cargadas positivamente compuestas por dos neutrones y dos protones (núcleos de Helio). Son desviadas por campos eléctricos y magnéticos. Son poco penetrantes aunque muy ionizantes. Y son muy energéticos.
2. **Radiación beta:** son flujos de electrones (beta negativas) o positrones (beta positivas) resultantes de la desintegración de los neutrones o protones del núcleo cuando este se encuentra en un estado excitado. Es desviada por campos magnéticos. Es más penetrante aunque su poder de ionización no es tan elevado como el de las partículas alfa. Por lo tanto cuando un átomo expulsa una partícula beta aumenta o disminuye su número atómico una unidad (debido al protón ganado o perdido).
3. **Rayos gamma:** son ondas electromagnéticas. Es el tipo más penetrante de radiación. Al ser ondas electromagnéticas de longitud de onda corta, tienen mayor penetración y se necesitan capas muy gruesas de plomo u hormigón para detenerlos.

Las leyes de desintegración radiactiva, descritas por Soddy y Fajans, son:

- Cuando un átomo radiactivo emite una partícula alfa, la masa del átomo (A) resultante disminuye en 4 unidades y el número atómico (Z) en 2.
- Cuando un átomo radiactivo emite una partícula beta, el número atómico (Z) aumenta o disminuye en una unidad y la masa atómica (A) se mantiene constante.
- Cuando un núcleo excitado emite radiación gamma no varía ni su masa ni su número atómico, solo pierde una cantidad de energía $h\nu$ (donde "h" es la constante de Planck y "nu" es la frecuencia de la radiación emitida).

Las dos primeras leyes indican que cuando un átomo emite una radiación alfa o beta se transforma en otro átomo de un elemento diferente. Este nuevo elemento puede ser radiactivo, transformándose en otro, y así sucesivamente, dando lugar a las llamadas series radiactivas.

Causa de la radiactividad

En general son radiactivas las sustancias que no presentan un balance correcto entre protones o neutrones, tal como muestra el gráfico al inicio del artículo. Cuando el número de neutrones es excesivo o demasiado pequeño respecto al número de protones se hace más difícil que la fuerza nuclear fuerte debida al efecto del intercambio de piones pueda mantenerlos unidos. Eventualmente el desequilibrio se corrige mediante la liberación del exceso de neutrones o protones, en forma de partículas α que son realmente núcleos de Helio, partículas β que pueden ser electrones o positrones. Estas emisiones llevan a dos tipos de radiactividad mencionados:

- Radiación α , que aligera los núcleos atómicos en 4 unidades másicas, y cambia el número atómico en dos unidades.
- Radiación β , que no cambia la masa del núcleo, ya que implica la conversión de un protón en un neutrón o viceversa, y cambia el número atómico en una sola unidad (positiva o negativa, según la partícula emitida sea un electrón o un positrón).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 DICIEMBRE DE 2008

La radiación por su parte se debe a que el núcleo pasa de un estado excitado de mayor energía a otro de menor energía, que puede seguir siendo inestable y dar lugar a la emisión de más radiación de tipo α , β o γ . La radiación γ es por tanto un tipo de radiación electromagnética muy penetrante ya que tiene una alta energía por fotón emitido.

Periodo de semidesintegración radiactiva

Se llama constante de desintegración radiactiva a la constante de proporcionalidad entre el número de desintegraciones por segundo y el número de átomos radiactivos.

Se llama vida media de un radioisótopo al tiempo promedio de vida de un átomo radiactivo antes de desintegrarse. Es igual a la inversa de la constante de desintegración radiactiva.

Al tiempo que transcurre hasta que la cantidad de núcleos radiactivos de un isótopo radiactivo se reduzca a la mitad de la cantidad inicial, se lo llama periodo de semidesintegración, período, semiperiodo, semivida o vida media. Al fin de cada período la radiactividad se reduce a la mitad de la radiactividad inicial. Cada radioisótopo tiene un semiperiodo característico, en general diferente del de otros isótopos.

Velocidad de desintegración

La velocidad de desintegración o actividad radiactiva se mide en Bq, en el SI. Un becquerel vale 1 desintegración por segundo. También existen otras unidades como el *rutherford*, que equivale a 10^6 desintegraciones por segundo, o el curio, que equivale idénticamente a $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegraciones por segundo (unidad basada en la actividad de 1 g de radio que es cercana a esa cantidad).

Ley de la radiosensibilidad

La ley de la radiosensibilidad (también conocida como ley de Bergonie y Tribandeu) dice que los tejidos y órganos más sensibles a las radiaciones son los menos diferenciados y los que exhiben alta actividad reproductiva. Como ejemplo, tenemos:

1. **Tejidos altamente radiosensibles:** epitelio intestinal, órganos reproductivos (ovarios, testículos), médula ósea, glándula tiroides.
2. **Tejidos medianamente radiosensibles:** tejido conectivo.
3. **Tejidos poco radiosensibles:** neuronas, hueso.

Consecuencias para la salud de la exposición a las radiaciones ionizantes

Los efectos de la radiactividad sobre la salud son complejos. Dependen de la dosis absorbida por el organismo. Como no todas las radiaciones tienen la misma nocividad, se multiplica cada radiación absorbida por un coeficiente de ponderación, para tener en cuenta las diferencias. Esto se llama dosis



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 DICIEMBRE DE 2008

equivalente, que se mide en sieverts, ya que el becquerel mide mal la peligrosidad de un elemento puesto que considera como idénticas los tres tipos de radiaciones (alfa, beta y gamma). Una radiación alfa o beta es relativamente poco peligrosa fuera del cuerpo. En cambio, es extremadamente peligrosa cuando se inhala. Por otro lado, las radiaciones gamma son siempre dañinas puesto que se les neutraliza con dificultad.

Riesgos para la salud

El riesgo para la salud no sólo depende de la intensidad de la radiación y la duración de la exposición, sino también del tipo de tejido afectado y de su capacidad de absorción, por ejemplo, los órganos reproductores son 20 veces más sensibles que la piel.

Dosis aceptable de irradiación

Hasta cierto punto, las radiaciones naturales (emitidas por el medio ambiente) son inofensivas. El promedio de tasa de dosis equivalente medida a nivel del mar es de 0,00012 mSv/h (0,012 mrem/h).

La dosis efectiva (suma de las dosis recibida desde el exterior del cuerpo y desde su interior) que se considera que empieza a producir efectos en el organismo de forma detectable es de 100 mSv (10 rem) en un periodo de 1 año.

Los métodos de reducción de la dosis son: 1) Reducción del **tiempo** de exposición, 2) aumento del **blindaje** y 3) aumento de la **distancia** a la fuente radiante.

Dosis efectiva permitida

La dosis efectiva es la suma ponderada de dosis equivalentes en los tejidos y órganos del cuerpo procedentes de irradiaciones internas y externas. En la Unión Europea, la Directiva 96/29/EURATOM limita la dosis efectiva para trabajadores expuestos a 100 mSv durante un período de cinco años consecutivos, con una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año, existiendo otros límites concretos de dosis equivalentes en determinadas zonas del cuerpo, como el cristalino, la piel o las extremidades, además de límites concretos para mujeres embarazadas o lactantes. Para miembros del público, el límite de dosis efectiva es de 1 mSv por año, aunque en circunstancias especiales puede permitirse un valor de dosis efectiva más elevado en un único año, siempre que no se sobrepasen 5 mSv en cinco años consecutivos.

En el caso de intervenciones (emergencias radiológicas), sin embargo, estos límites no son aplicables. En su lugar se recomienda que, cuando pueden planificarse las acciones, se utilicen unos niveles de referencia. En estos casos las actuaciones comienzan cuando la dosis al público puede superar los 10 mSv en dos días (permanencia en edificios). En cuanto a los trabajadores se intentará que la dosis que reciban sea siempre inferior al límite anual, salvo en medidas urgentes (rescate de personas, situaciones que evitarían una dosis elevada a un gran número de personas, impedir situaciones



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 25 DICIEMBRE DE 2008

catastróficas). En estos casos se intentará que no se supere el doble del límite de dosis en un solo año (100 mSv), excepto cuando se trate de salvar vidas, donde se pondrá empeño en mantener las dosis por debajo de 10 veces ese límite (500 mSv). Los trabajadores que participen en acciones que puedan alcanzar este nivel de 500 mSv deberán ser oportunamente informados y ser voluntarios.³

La dosis efectiva es una dosis acumulada. La exposición continua a las radiaciones ionizantes se considera a lo largo de un año, y tiene en cuenta factores de ponderación que dependen del órgano irradiado y del tipo de radiación de la que se trate.

La dosis efectiva permitida para un trabajador que trabaje con radiaciones ionizantes (por ejemplo en una central nuclear o en un centro médico) es de 100 mSv en un periodo de 5 años, no pudiendo superar en ningún caso los 50 mSv en un único año. Para las personas que no trabajan con radiaciones ionizantes este límite se fija en 1 mSv al año. Estos valores se establecen por encima del fondo natural (que en promedio es de 2,4 mSv al año en el mundo).

Las diferencias en los límites establecidos entre trabajadores y otras personas se deben a que los trabajadores reciben un beneficio directo por la existencia de la industria en la que trabajan, y por tanto, asumen un mayor riesgo que las personas que no reciben un beneficio directo.

Por ese motivo, se fijan para los estudiantes, unos límites algo superiores a los de las personas que no trabajan con radiaciones ionizantes pero algo inferior a las personas que trabajan con radiaciones ionizantes. Para ellos se fija un límite de 6 mSv en un año.

Además, esos límites se establecen en función de ciertas hipótesis, como es la del comportamiento lineal sin umbral de los efectos a la salud de las radiaciones ionizantes (el modelo LNT). A partir de este modelo, basado en medidas experimentales (de grandes grupos de personas expuestas a las radiaciones, como los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki) de aparición de cánceres, se establecen límites de riesgo considerado aceptable consensuados con los organismos internacionales como el OIT, y a partir de esos límites se calcula la dosis efectiva resultante.

3.BIBLIOGRAFÍA.

- V.V.A.A. (2006). *Enciclopedia universal Larousse*. Barcelona: edit. Larousse.
- Norell, Elisabeth. (1999). *Los más grandes científicos e inventores*. Madrid: ediciones rueda.
- Cruz, Celso. (1943). *Los grandes inventores (Cadmo, Gutenberg, Galileo, Fulton, Stephenson, Morse, Montgolfier, Franklin, Daguerre, Watt, Volta, Graham Bell, Edison, Marconi, Roentgen, Tellier, Diesel, Lumiere, Otros Inventores)*. Buenos aires: atlántida.
 - Llano, Alberto. (1948). *Los heroes del progreso. Inventores e inventos*. Barcelona: ed. Seix barral.
 - R. Rovira. (1947). *Los grandes inventores modernos*. Barcelona: editorial difusion 2ª edic
 - Sprague de Camp (L.). (1967). *Grandes inventos y grandes inventores*. Buenos aires: editorial hobbs.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 25 DICIEMBRE DE 2008

- V.V.A.A. (1983). *Inventos que cambiaron el mundo. El genio práctico del hombre a través de los tiempos*. Madrid: selecciones reader's digest.
- Giménez, Manuel. (1989). *Grandes inventos y sus creadores*. Barcelona: edicomunicación.
- Davies, Eryl. (1996). *Inventos*. Madrid: tiempo -gr. Enc.bols.
- Morales, Juan José. (1977). *Ciencia realidad o imaginación. Hallazgos e inventos que desafían a la imaginación*. Argentina: ed. Dronte.

Autoría

- Nombre y Apellidos: Francisco M. Porcel Granados
- Centro, localidad, provincia: Málaga
- E-mail: fmporcel00@gmail.com