

**EL PAIS.com** Internacional[Inicio](#) | [Internacional](#) | [España](#) | [Deportes](#) | [Economía](#) | [Tecnología](#) | [Cultura](#) | [Gente y TV](#) | [Sociedad](#)[América Latina](#) | [Europa](#) | [Estados Unidos](#) | [Oriente Próximo](#) | [Corresponsales](#)[ELPAIS.com](#) > [Internacional](#)

La muerte de un ex espía

Hallado polonio 210 en 12 lugares de Lo

La policía británica investiga si hay más aviones contaminados con veneno radiactivo

WALTER OPPENHEIMER - Londres - 01/12/2006

★★★★ 2 votos | Vota ☆☆☆☆☆



El ministro británico del Interior, John Reid, explicó ayer que son ya 12 los locales en los que se han encontrado restos de polonio 210, cinco más de los que se conocían hasta ahora. La policía lleva inspeccionados 24 edificios. Reid dijo también que son ya cinco los aviones que podrían estar contaminados, pero poco después se supo que uno de ellos, operado por una compañía rusa, estaba limpio. Hoy se practicará la autopsia del cadáver del ex agente de los servicios secretos rusos refugiado en Londres Alexander Litvinenko, que se había aplazado hasta garantizar la seguridad de los forenses que la llevarán a cabo. Reid compareció en la Cámara de los Comunes para dar cuenta de una situación que evoluciona día a día.

[Envenenado el ex primer ministro ruso Gaidar](#)[Tres víctimas de la mano negra de la venganza política](#)[INSPECCIÓN DE AVIONES EN HEATHROW](#)[Una 'troika' bajo sospecha](#)[El riesgo de contaminación por polonio 210 es mínimo](#)["Si está muy inquieto, vaya al médico"](#)[Cinco horas de angustia](#)

La noticia en otros webs

- [webs en español](#)
- [en otros idiomas](#)

El miércoles se supo que se ha detectado polonio 210 en dos aviones de British Airways y que se está a la espera de analizar en un tercer aparato que sigue inmovilizado en Moscú. Aún no está claro si los análisis se harán en la capital rusa o se traerá el avión a Heathrow para su examen. Se estima que más de 33.000 pasajeros han volado en estos aviones entre el 25 de octubre y el 29 de noviembre y que unos 3.000 empleados han trabajado en su funcionamiento. Entre los vuelos realizados por estas tres aeronaves figuran 18 entre Londres y Barcelona y dos entre la capital británica y Madrid.

El ministro dijo que se iban a analizar otros dos aparatos y quizá alguno más, sin especificar qué

rutras o de qué compañías. Pero justo después de su intervención en los Comunes se

supo que uno de los dos aviones sospechosos, un Boeing 737 operado por la compañía privada rusa Transaero, estaba libre de radiaciones. Los amigos de Litvinenko aseguraron ayer que el hecho de que se estén analizando vuelos desde el 25 de octubre entre Londres y Moscú confirma que la policía sospecha que el veneno pudo llegar desde Rusia.

El Gobierno, sin embargo, sigue evitando un conflicto diplomático con el presidente ruso, Vladímir Putin, porque incluso si se probara que el polonio 210 llegó desde Moscú quedaría aún por demostrar que la operación fue realizada por los servicios secretos o, aún más difícil de probar, que se hizo con autorización política. El Gobierno no entró a comentar la sugerencia de un tabloide de que el veneno pudo llegar introducido en una valija diplomática, como se cree que ocurrió hace años con el envenenamiento con ricina de un disidente búlgaro al que mientras paseaba por el puente de Waterloo le clavaron en la pierna una pequeña aguja envenenada adosada a la punta de un paraguas.

La detección de contaminación en dos aviones de British Airways disparó considerablemente las llamadas de ciudadanos temerosos de poder estar contaminados. Hasta las once de la noche del miércoles se habían recibido unas 1.700 llamadas en el teléfono de asistencia del Servicio Nacional de Salud. Pero Reid quiso ser optimista al explicar que los 29 análisis de orina practicados a ciudadanos que podían estar contaminados han dado todos resultado negativo.

Sin embargo, el rastro del polonio 210 sigue extendiéndose por la capital británica. Son ya 24 los locales inspeccionados por los investigadores y se ha encontrado sustancia radiactiva en 12 de ellos, cinco más de los que se conocían hasta ahora. El ministro no explicó en qué nuevos lugares se han descubierto radiaciones. Hasta ayer se sabía que se han detectado restos de polonio 210 en la casa de la familia Litvinenko en Muswell Hill (norte de Londres), en los dos hospitales en que fue atendido, en los hoteles Millenium y Sheraton, en las oficinas del oligarca ruso Borís Berezovski en Mayfair y en las oficinas de una compañía rusa de seguridad también en Mayfair.

La policía nunca ha explicado si atribuye esos restos de polonio a que fueron liberados por Litvinenko una vez que fue envenenado, si cree que han podido proceder de personas que se han contaminado tras estar en contacto físico con el ex agente o si han sido depositados deliberadamente o accidentalmente por la persona o las personas que le envenenaron.

Las autoridades sanitarias confirmaron que hoy se realizará la autopsia del cadáver de Alexander Litvinenko. Estará presente un forense independiente y la familia ha solicitado poder enviar también a su propio forense con vistas a posibles acciones judiciales en el futuro.

★★★★ 2 votos · Vota ☆☆☆☆☆

REPORTAJE EL ASESINATO DE LITVINENKO

Un veneno en manos de superpotencias

Unas pocas decenas de reactores en el mundo pueden generar el polonio que mató a Litvinenko

JAVIER SAMPEDRO 03/12/2006

★★★★★ 11 votos Vota ★★★★★



El polonio 210 utilizado para asesinar al ex espía ruso Alexander Litvinenko no sólo es un veneno sin precedentes conocidos y sin una justificación obvia. También es de difícil obtención: requiere bombardear bismuto con neutrones en un reactor nuclear de investigación adecuado, y los expertos no creen que haya más de 40 instalaciones de ese tipo en el mundo. La mayor parte están en Estados Unidos y en la antigua Unión Soviética, y los mayores usuarios civiles de polonio 210 habían sido hasta ahora los *rovers* rusos que exploraron la Luna en los años setenta. Por lo demás, el material se había usado principalmente como *gatillo* en las bombas nucleares.

[Usado para vehículos lunares](#)[Un club muy restringido](#)[Alerta innecesaria](#)[El rastro evaporado](#)[Sólo disponible en los laboratorios más avanzados](#)[Putin, molesto con Londres por publicar la últimas palabras de Litvinenko](#)

La noticia en otros webs

- webs en español
- en otros idiomas

Para el físico Priest "es más probable que el polonio 210 procediera de un reactor nuclear"

El polonio 210 es tan radiactivo que genera una enorme cantidad de calor (y de electricidad)

La cantidad de polonio necesaria para matar a Litvinenko es del todo invisible

La contaminación detectada en Londres parece relacionarse con los lugares que visitó el espía

Un titular llegaba el jueves a la web de *The Times* de Londres: *¿Polonio 210? Es suyo por 69 dólares, sin preguntas*. La noticia, que llevaba un par de días circulando por la Red, se refería a la compañía norteamericana United Nuclear, que ofrece "fuentes de radiación limpias, precisas y certificadas, producidas bajo pedido en un reactor nuclear y enviadas directamente al cliente". En el catálogo figura el polonio 210, el isótopo radiactivo usado para envenenar al ex espía ruso Alexander Litvinenko. ¿Es así de fácil obtenerlo?

Puede ser, pero sólo si uno va a usarlo para limpiar una emulsión fotográfica de electricidad estática, o para calibrar un medidor de radiactividad de uso científico. "Mi cálculo es que la dosis de polonio 210 usada con Litvinenko es del orden de un microgramo [una milésima de miligramo]", afirma en entrevista telefónica el físico Nicholas Priest, de la Universidad de Middlesex, y el único científico británico que ha trabajado con ese infrecuente y peligroso isótopo radiactivo.

"Un microgramo de polonio 210 emite una radiación de 200 millones de bequerelios, o desintegraciones atómicas por segundo, claramente mortal cuando el polonio es ingerido o inhalado. Y si hubieran usado una dosis mayor, la víctima habría muerto mucho antes". Litvinenko tardó tres semanas en morir.

¿Podría obtenerse un microgramo de polonio 210 a partir de los cepillos contra la electricidad estática o los calibradores científicos vendidos por United Nuclear? "Sería posible desde un punto de vista puramente teórico", responde Priest, "pero resultaría muy sucio [*messy*]. Es mucho más probable que el polonio 210 procediera directamente de un reactor nuclear de investigación, donde se obtiene bombardeando átomos de bismuto con neutrones".

Los primeros análisis practicados a Litvinenko detectaron talio radiactivo. Cuando Scotland Yard encontró después el polonio, la detección del talio se adjudicó a un error inicial, pero Priest no cree que lo fuera. "La presencia de talio radiactivo es consistente con el método de producción del polonio 210 en un reactor nuclear de investigación", explica el científico. "Tras el bombardeo con neutrones, el bismuto 210 decae como polonio 210 y, en menor cantidad, como talio 206, que tiene una vida media muy corta [véase el gráfico]. Una pequeña contaminación con bismuto en la muestra de polonio usada como veneno explicaría los hechos, puesto que el bismuto seguiría produciendo

Lo más leído

1. La policía desbarata un montaje para sostener la teoría conspirativa en torno al 11-M
2. Raúl Castro, dispuesto a "resolver en la mesa de negociaciones" las diferencias con EE UU
3. Todos los idiomas en el bolsillo
4. La Academia de Cine Europeo premia a Almodóvar como mejor director por 'Volver'
5. El último caso del detective Hernández
6. El Barça pierde el oficio
7. "¿Por qué hay 13 barras y 50 estrellas?"
8. La herida abierta de Vietnam
9. Sabina: "Quiero mirarle el culo a las chicas por la calle y no que sean ellas las que se giren a mirarme a mí"
10. '¡Pélate! para que no te tomen el pelo'

Listado completo

talio en el cuerpo de Litvinenko durante días".

¿Cuántos reactores nucleares de investigación capaces de producir polonio 210 hay en el mundo?, ¿cuatro?, ¿cuarenta? "Más cerca de la segunda cifra", estima Priest, y empieza a recitar: "Hay uno en el Reino Unido, uno en Japón, uno en Alemania, uno en Australia... En Rusia yo conozco dos, pero hay más en las ex repúblicas soviéticas. La mayor parte de estos reactores, como es lógico, están en Estados Unidos y en la antigua URSS".

La "lógica" de esas ubicaciones preferentes se deriva de los usos, más bien escasos, que había tenido hasta ahora el polonio 210. El primero de ellos es como *gatillo* en las bombas nucleares. El polonio 210 es uno de los emisores más eficaces conocidos de partículas alfa (unos proyectiles compuestos por dos protones y dos neutrones). Si se mezcla con berilio, éste absorbe las partículas alfa del polonio y emite a cambio un chorro de neutrones que sirve para disparar la reacción en cadena de la bomba.

El segundo uso es como combustible de una pila termonuclear. La desintegración de los átomos radiactivos produce calor, y estas pilas lo aprovechan para generar electricidad.

El polonio 210 es tan radiactivo -5.000 veces más que el radio, que a su vez es un millón de veces más radiactivo que el uranio- que genera una enorme cantidad de calor (y de electricidad). La otra cara de esta moneda es que *se gasta* demasiado pronto: su vida media es de sólo 138 días, lo que lo inutiliza para muchas de las tareas que se suelen asignar a las pilas termonucleares, como alimentar las sondas espaciales de larga distancia (tipo *Voyager*), demasiado lejanas del Sol como para utilizar su energía.

Fue la Unión Soviética la que, en los años setenta, utilizó las mayores cantidades de polonio 210 para uso civil: para calentar durante la noche los componentes de sus vehículos lunares *Lunokhod*: una nueva aplicación de la capacidad calorífica del isótopo, consecuencia a su vez de su enorme eficacia radiactiva.

Las contaminaciones detectadas esta semana en varios puntos de Londres y en los aviones de la compañía British Airways también se derivan, en último término, de ese calor de origen radiactivo. El polonio es un sólido a las temperaturas habituales: se funde a los 254 grados centígrados y se vaporiza a los 962. Pero el polonio 210 se calienta de tal forma debido a su propia radiactividad que, en un ambiente que no pase de los 55 grados, la mitad de su masa se hace vapor en 45 horas.

"La cantidad de polonio necesaria para envenenar a Litvinenko es totalmente invisible en estado sólido", explica Priest. "Lo más probable es que fuera transportado disuelto en cualquier líquido, en cualquier cantidad de líquido. Y a juzgar por la contaminación detectada en los aviones, no parece que la sustancia fuera manejada con mucho cuidado, ciertamente".

Pero la contaminación de los aviones, o al menos la de algunos de ellos, también pudo producirse después del envenenamiento del ex espía, cuando los presuntos autores u otras personas que habían tenido contacto con él tomaron sus vuelos de vuelta. Una vez que el veneno salió de su vial, la evaporación del polonio 210 pudo empezar a contaminar las ropas de los presentes.

Pese a que las partículas alfa emitidas por este isótopo son muy abundantes, tienen una muy escasa capacidad de penetración -la epidermis las detiene-, y, por tanto, sólo son mortales para quien ha ingerido o inhalado el polonio. Pero aunque el isótopo sea inocuo fuera del cuerpo, sigue siendo fácilmente detectable, sobre todo si uno sabe lo que busca.

La alerta de British Airways a los más de 30.000 pasajeros que han viajado en alguno de esos aviones en el último mes no tiene sentido para ningún experto. "Si acaso", comenta Priest, "podían haber avisado a los pasajeros que habían viajado en los *asientos contaminados*, y aun así ya sería una precaución excesiva". Esos pasajeros tendrían que haber chupado sus asientos para haber corrido algún tipo de riesgo.

La contaminación detectada en algunos lugares de Londres parece estar relacionada con los lugares que visitó el propio Litvinenko en las horas siguientes a su envenenamiento. Nuevamente, la evaporación de la sustancia sobre sus ropas podría explicar parte de los casos.

La detección de una sustancia tan radiactiva como el polonio 210 puede ser extremadamente sensible, incluso en cantidades que están en órdenes de magnitud por debajo de todo nivel de riesgo.

Para despejar sospechas, la firma United Nuclear se apresuró el jueves a asegurar en su *web*: "Hay docenas de materiales más tóxicos, como Ricin y Abrin, que se pueden hacer fácilmente y no dejan rastro. Aunque es obvio que funciona, el polonio 210 es una mala elección como veneno".

Usado para vehículos lunares

Fue la Unión Soviética la que, en los años setenta, utilizó las mayores cantidades de polonio 210 de uso civil: para calentar durante la noche los componentes de sus vehículos lunares 'Lunokhod': una nueva aplicación de la capacidad calorífica del isótopo.

Un club muy restringido

Ayuda	Contacto	Venta de fotos	Publicidad	Aviso legal	elpais.com en tu web	SiteIndex	RSS	PODCAST	VER SECCIONES
© Diario EL PAÍS S.L. - Miguel Yuste 40 - 28037 Madrid [España] - Tel. 91 337 8200 © Prisacom S.A. - Ribera del Sena, S/N - Edificio APOT - Madrid [España] - Tel. 91 353 7900									OTROS MEDIOS ASOCIADOS

Alerta innecesaria

Se supone que personas que estuvieron en contacto con el polonio viajaron en un avión de la British Airways, lo que produjo la alerta de la compañía a más de 30.000 pasajeros. Para los expertos, el aviso no tiene ningún sentido porque no corren ningún peligro.

El rastro evaporado

La contaminación por polonio detectada en Londres parece estar relacionada con los lugares que visitó el propio Litvinenko en las horas siguientes a su envenenamiento. Nuevamente, la evaporación de la sustancia sobre sus ropas podría explicar parte de los casos.

★★★★★ 11 votos | Vota ★★★★★

Imprimir Estadística Enviar	Compartir: ¿Qué es esto? 	Puedes utilizar el teclado:
Corregir Derechos		

Ads by Google	
<u>¿Palomas en su edificio?</u> Diagnóstico y Presupuesto sin coste Solución garantizada. Sin andamios	<u>Hiperhidrosis y Rubor</u> Operación con técnica reversible Dr. J. Revuelta. Zaragoza
<u>Microcascos telefónicos</u> Plantronics, GN Netcom, Entrega 24h Dtos. volumen. Prueba gratuita	

Otras ediciones

Publicado en [Edición impresa](#) en la sección de

[Versión texto accesible](#)

Edición de Bolsillo, edición para [PDA/PSP](#) ó [Móvil](#)

Edición Impresa en PDF - 03-12-2006

Radiactividad

De Wikipedia, la enciclopedia libre

(Redirigido desde Radioactividad)



Este artículo necesita una revisión de gramática, ortografía y estilo.

Cuando el artículo esté corregido, borra esta plantilla, por favor.

La **radiactividad** o **radioactividad** es un fenómeno físico natural, por el cual algunas sustancias o elementos químicos llamados radiactivos, emiten radiaciones que tienen la propiedad de impresionar placas fotográficas, ionizar gases, producir fluorescencia, atravesar cuerpos opacos a la luz ordinaria, etc. Debido a esa capacidad se las 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 partículas, 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 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 radioisótopos producidos en transformaciones artificiales.

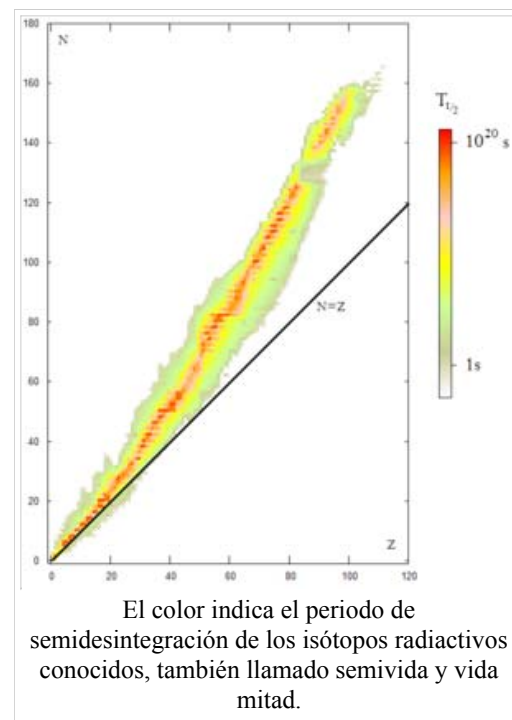


Tabla de contenidos

- 1 Radiactividad natural
- 2 Radiactividad artificial
- 3 Clases de radiación
 - 3.1 Contador Geiger
- 4 Periodo de semidesintegración radiactiva
- 5 Velocidad de desintegración
- 6 Ley de la radiosensibilidad
- 7 Consecuencias para la salud de la exposición a las radiaciones ionizantes
- 8 Riesgos para la salud
 - 8.1 Dosis aceptable de irradiación
 - 8.2 Dosis máxima permitida
- 9 Principales isótopos radiactivos



Símbolo usado para indicar material radiactivo. Su código Unicode es U+2622 (?).

- 10 Enlaces externos

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 a los esposos 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.

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 a de bombardeo. 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 de radiación

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

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 energeticos.
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. **Radiación gamma:** Son ondas electromagnéticas. Es el tipo más penetrante de radiación. Al ser ondas electromagneticas de longitud de onda corta, tienen mayor penetracion y se necesitan capas muy gruesas de plomo o hormigon 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 resultante disminuye en 4 unidades y el número atómico en 2.
- Cuando un átomo radiactivo emite una partícula beta, el número atómico aumenta en una unidad y la masa atómica disminuye en una unidad.
- 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 nos 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.

Contador Geiger

Cuando una partícula radiactiva se introduce en un contador Geiger, produce un breve impulso de corriente eléctrica. La radiactividad de una muestra se calcula por el número de estos impulsos.



Contador Geiger

Periodo de semidesintegración radiactiva

Se llama constante de desintegración radiactiva (λ) a la constante de proporcionalidad entre el número de desintegraciones por segundo y el número de átomos radiactivos ($\lambda = A / N$).

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 ($\tau = 1 / \lambda$).

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 mitad ($T_{1/2} = \ln(2) / \lambda$). 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.

Ejemplos:

Isótopo	Periodo	Emisión
Uranio-238	4510 millones de años	Alfa
Carbono-14	5730 años	Beta
Cobalto-60	5,271 años	Gamma
Radón-222	3,82 días	Alfa

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 1g de Radio que es cercana a esa cantidad).

La actividad radiactiva decrece exponencialmente de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Notación:

- A_t es la actividad radiactiva en el instante t
- A_0 es la actividad radiactiva inicial (cuando $t = 0$)
- e es la base de los logaritmos neperianos
- t es el tiempo transcurrido
- λ es la constante de desintegración radiactiva, que es propia de cada radioisótopo

Ley de la radiosensibilidad

La ley de la radiosensibilidad 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
2. **Tejidos medianamente radiosensibles:** tejido conectivo
3. **Tejidos altamente radioresistentes:** 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 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 las neutraliza con dificultad.

Véase también: Radiación ionizante

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.

Véase también: Contaminación radioactiva

Dosis aceptable de irradiación

En general se considera que el medio ambiente natural (alejado de cualquier fuente radiactiva) es inofensivo: emite una radiación inferior a 0,00012 mSv/h o 0,012 mrem/h.

Si se tiene que poner un umbral mínimo de inocuidad, la dosis se vuelve peligrosa a corto plazo a partir de los 0,002 mSv/h o 0,2 mrem/h aunque, como en el caso de las radiografías, todo depende del tiempo durante el cual se expone a la persona a las radiaciones. Las palabras clave son: “Tiempo, Blindaje, Distancia”. Puede estar bajo una radiación con una dosis de 50 mSv/h sin arriesgar su vida si no está más de 5 s expuesto a la fuente, puesto que la dosis recibida es muy débil.

Por ejemplo, aquí se muestran las dosis actualmente toleradas en los diferentes sectores de una central nuclear:

Zona	Dosis
Zona azul	de 0,0025 a 0,0075 mSv/h
Zona verde	de 0,0075 a 0,02 mSv/h
Zona amarilla	de 0,02 a 2 mSv/h
Zona naranja	de 2 a 100 mSv/h
Zona roja	> 100 mSv/h

Dosis máxima permitida

Se trata de una dosis acumulada, una exposición continua a las radiaciones ionizantes durante un año que tiene en cuenta ciertos factores de ponderación. Hasta 1992 los valores variaban de un factor 4 entre Europa y Estados Unidos. Hoy estas dosis están estandarizadas y son periódicamente revisadas, a la baja.

La dosis acumulada de una fuente radiactiva artificial es peligrosa a partir de 500 mSv o 50 rem, donde se empiezan a notar los primeros síntomas de alteración sanguínea. ¡En 1992 la dosis máxima permitida para una persona que trabajara bajo radiaciones ionizantes se fijaba en 15 mSv sobre los 12 últimos meses en Europa (CERN e Inglaterra) y en 50 mSv sobre los 12 últimos meses en Estados Unidos! Desde agosto de 2003 la dosis máxima permitida ha pasado a 20 mSv sobre los 12 últimos meses.

Recordemos de paso que en un escáner médico recibimos aproximadamente 150 mSv en media jornada. ¡Estaríamos en una zona roja en una central nuclear! Para evitar todo síntoma de alteración sanguínea, es mejor limitarse a un máximo de tres exámenes de este tipo por año.

Principales isótopos radiactivos

- Plutonio ²³⁹Pu y ²⁴¹Pu
- Uranio ²³⁵U y ²³⁸U
- Curio ²⁴²Cm y ²⁴⁴Cm
- Americio ²⁴¹Am
- Torio ²³⁴Th
- Radio ²²⁶Ra y ²²⁸Ra
- Cesio ¹³⁴Cs, ¹³⁵Cs y ¹³⁷Cs
- Yodo ¹²⁹I, ¹³¹I y ¹³³I
- Antimonio ¹²⁵Sb
- Rutenio ¹⁰⁶Ru
- Estroncio ⁹⁰Sr
- Criptón ⁸⁵Kr y ⁸⁹Kr
- Selenio ⁷⁵Se
- Cobalto ⁶⁰Co
- Cloro ³⁶Cl
- Carbono ¹⁴C
- Tritio ³H

Enlaces externos

- ATSDR en Español - ToxFAQs™: americio (http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts156.html) : Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (dominio público)
- ATSDR en Español - ToxFAQs™: cesio (http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts157.html) : Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (dominio público)
- ATSDR en Español - ToxFAQs™: plutonio (http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts143.html) : Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (dominio público)
- ATSDR en Español - ToxFAQs™: uranio (http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts150.html) : Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (dominio público)



Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Radioactividad**

(<http://commons.wikimedia.org/wiki/R>

Obtenido de "http://es.wikipedia.org/wiki/Radiactividad"

Categorías: Wikipedia:Copyedit | Radiactividad | Física nuclear y de partículas | Energía nuclear

- Esta página fue modificada por última vez el 03:31, 1 dic 2006.
- El contenido está disponible bajo los términos de la Licencia de documentación libre de GNU (véase **Copyrights** para más detalles).

Wikipedia® es una marca registrada de Wikimedia Foundation, Inc.
- Política de privacidad
- Acerca de Wikipedia
- Aviso legal



Radioactive Decay

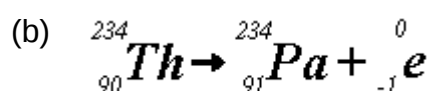
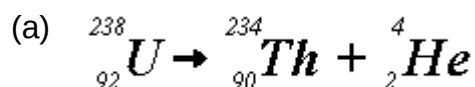
Part 1: Background Information: The Law of Radioactive Change and Disposal of Nuclear Wastes

Suppose we have a radioactive decay process of the general form



This means that each atom of the radioactive substance **A** breaks down into a collection of smaller atoms and/or subatomic particles. Phenomena as diverse as dating ancient artifacts and assessing the dangers of nuclear wastes depend on knowing the *rate of decay* for such reactions.

Here are two examples of specific radioactive decay processes:



In both cases, the notation ${}_Z^A\text{X}$ means **X** is the chemical symbol for the element, **A** is the number of nucleons (protons and neutrons), and **Z** is the number of protons. Example (a) indicates that uranium-238 releases an alpha particle (i.e., a helium nucleus) to produce thorium-234. This is called **alpha-decay**. Example (b) shows that thorium-234 releases a beta particle (i.e., an electron) to produce protactinium-234. This is called **beta-decay**. Unstable nuclides, such as uranium-238, start series of disintegrations that continue until a stable nucleus results. Mass is lost in both alpha and beta decay processes. This mass is converted into energy: radiation.

For more details on radioactive decay processes, click [here](#). To return to this page from pages outside the CCP site, use your browser's Back button.

In 1903, Rutherford and Soddy, in a paper entitled *Radioactive Change*, proposed the *law of radioactive change*. They observed, in every case they investigated, that the *rate of decay* of radioactive matter was proportional to the amount present. If we write (as chemists do) **[A]** for the concentration of the substance **A**, then the law of radioactive change becomes

$$\text{rate of change of } [\mathbf{A}] = -k [\mathbf{A}].$$

The value of **k** is called the *decay constant* for **A**.

This law can be justified in the following way: For any fixed time interval, there is a certain probability (a number **r** between **0** and **1**) that each atom of the radioactive substance will disintegrate. Thus, during this time interval, we should expect that the number of atoms that actually do disintegrate is **r** times the number present at the start of the interval. That's equivalent to saying that the rate of change of **[A]** is proportional to the amount present.

The functions that have rate of change proportional to the amount present are called **exponential functions**, and they have the form

$$y = y_0 b^t$$

for some base **b**, where **y₀** is the starting amount. Thus, we would expect that a concentration function for a radioactive substance has the form

$$[A](t) = [A]_0 b^t$$

where **b** is a number between 0 and 1 (in order to have decay rather than growth), and **[A]₀** is the starting concentration.

There are several quantitative aspects of radioactivity that are important for managing nuclear waste materials, including how much radioactivity a given substance emits, how concentrated the substance is in its surrounding medium, how dangerous its emissions are to human and other biological populations, and how long the substance goes on being radioactive. In this module we will address only the *last* of these issues, the *time* that a given substance remains dangerous.

- On the Contents page you downloaded a worksheet file to start your computer algebra system. Explain in the worksheet why the function **[A]** must have a constant time to reach half the original concentration, no matter what the starting concentration is. (This is similar to showing that a growing exponential has a constant doubling time.) The constant time for halving concentration is called the **half-life** of the substance, and is denoted **T_{1/2}**.

There is a simple -- and delicious -- experiment you can carry out with a supply of M&M's to demonstrate the concept of half-life. Click [here](#) for the details.

For purposes of studying danger time durations, it is very important to know the half-lives of the radioactive materials involved. Some nuclides decay to stable substances sufficiently fast (half-lives ranging from fractions of a second to a matter of days) that they are not a serious threat to the environment. On the other hand, some of the isotopes of plutonium have half-lives of many millions of years. And we have vast quantities of highly radioactive plutonium wastes from both weapon production and nuclear power generation.

Here are some sources for reading about the environmental impact of nuclear waste management:

- [Classifications of radioactive waste](#) (high-level, low-level, etc.)
- [Civilian low-level and Defense high-level wastes](#)
- [Nuclear waste disposal issues](#)
- [An environmentalist perspective](#)
- [A government nuclear lab perspective](#)



Send comments to the authors <[modules at math.duke.edu](mailto:modules@math.duke.edu)>

El ²¹⁰Po se ha utilizado como fuente ligera de calor para dar energía a células termoeléctricas en satélites artificiales.

Historia

También conocido como *Radio F*, el polonio fue descubierto por Pierre y Marie Curie-Skłodowska en 1898, y fue posteriormente renombrado en honor a la tierra natal de Marie Curie, Polonia. En aquella época, Polonia no era un país independiente y se encontraba bajo el dominio de Rusia, Prusia y Austria, y Marie albergaba la esperanza de que este nombramiento le añadiría notoriedad. Fue el primer elemento cuyo nombre derivaba de una controversia política.

Fue el primer elemento descubierto por el matrimonio Curie mientras investigaban las causas de la radiactividad de la pechblenda. La pechblenda, tras eliminar el uranio y el radio, era incluso más radiactiva que estos elementos juntos. Esto les llevó a encontrar el nuevo elemento. El electroscoipo lo mostró separándolo con bismuto.

También ha sido utilizado como veneno para asesinar a personas. El caso más llamativo es el que ocurrió en Londres el 23 de noviembre de 2006 con la muerte del ex-espia ruso, Alexander Litvinenko.

Obtención

Se trata de un elemento muy raro en la naturaleza, presente en minerales de uranio a razón de 100 microgramos por tonelada.

En 1934, un experimento mostró que cuando el bismuto natural (²⁰⁹Bi) es bombardeado con neutrones, se crea ²¹⁰Bi, considerado como el padre del polonio. Se puede crear polonio en cantidades de miligramos a través de este procedimiento, que utiliza altos flujos de neutrones encontrados en reactores nucleares.

Precauciones

El polonio es un elemento altamente tóxico y radiactivo y de peligroso manejo. Incluso en cantidades de microgramos, el manejo de ²¹⁰Po es muy peligroso y requiere de equipamiento especial utilizado bajo estrictos procedimientos de seguridad.

Referencia

- Los Alamos National Laboratory - Polonium (<http://periodic.lanl.gov/elements/84.html>)

Enlaces externos

- WebElements.com - Polonium (<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Po/index.html>)
- EnvironmentalChemistry.com - Polonium (<http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/Po.html>)

Obtenido de "http://es.wikipedia.org/wiki/Polonio"

Categoría: Elementos químicos

²⁰⁸ Po	Sintético	2,898 a	α ε	5,215 1,401	²⁰⁴Pb ²⁰⁸Bi
²⁰⁹ Po	Sintético	103 años	α ε	4,979 1,893	²⁰⁵Pb ²⁰⁹Bi
²¹⁰ Po	Sintético	138,376 d	α	5,407	²⁰⁶Pb
Valores en el SI y en condiciones normales (0 °C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario. [†]Calculado a partir de distintas longitudes de enlace covalente, metálico o iónico.					

- Esta página fue modificada por última vez el 19:53, 26 nov 2006.
 - El contenido está disponible bajo los términos de la Licencia de documentación libre de GNU (véase **Copyrights** para más detalles).
- Wikipedia® es una marca registrada de Wikimedia Foundation, Inc.

- [Política de privacidad](#)
- [Acerca de Wikipedia](#)
- [Aviso legal](#)

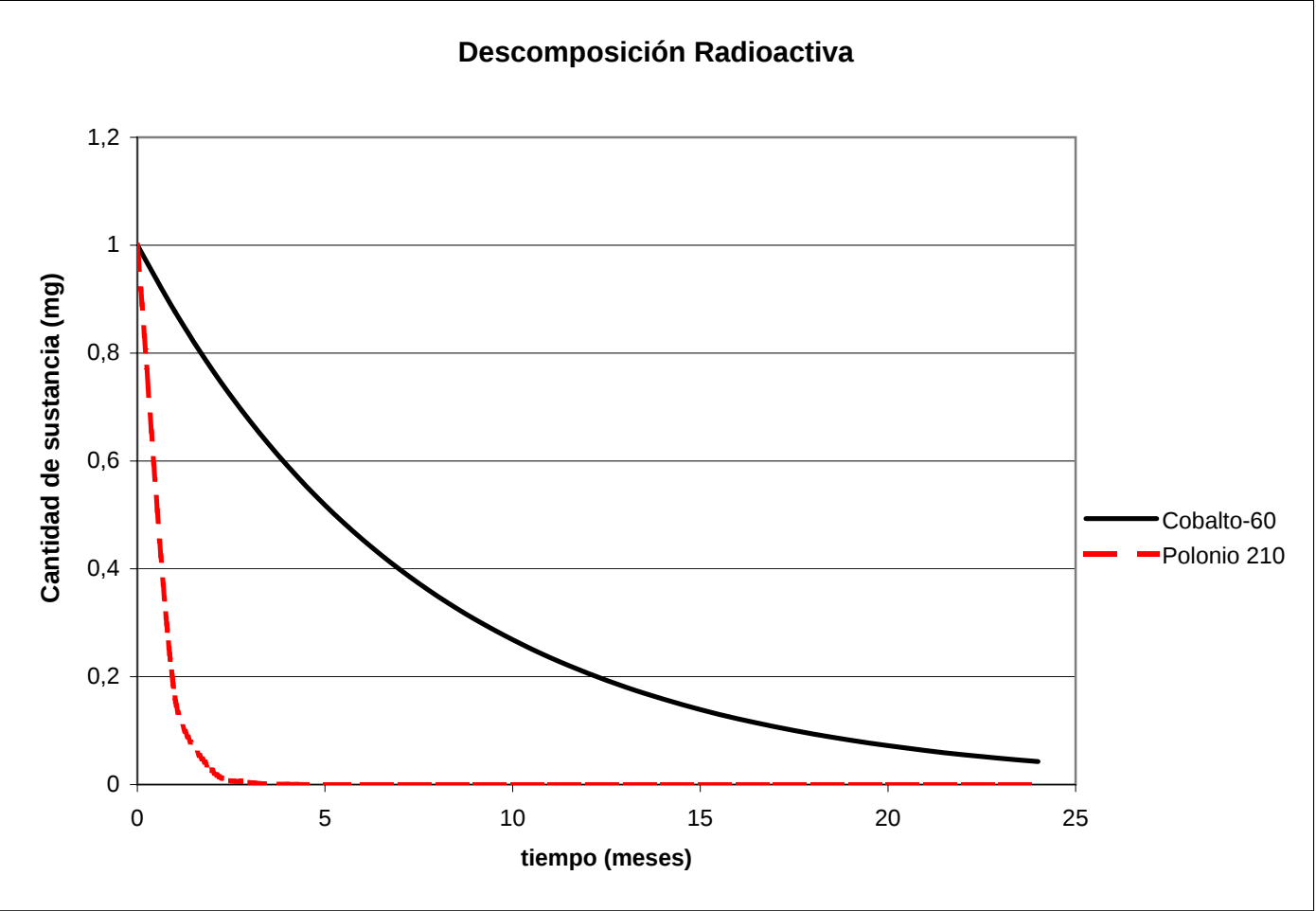
Descomposición de sustancias radioactivas

Isótopo	Vida mitad (años)	Cte. Desintegración
Carbono-14	5730	-0,000120968
Cobalto-60	5,271	-0,131502026
Radón-222	0,010465753	-66,23003165
Polonio-210	0,379150685	-1,828157532

La vida mitad es de 3,82 días
La vida mitad es de 138,39 días

Simulación de descomposición de 1 g. de sustancia

t (meses)	Cobalto-60	Polonio-210
0	1	1
1	0,876777499	0,160709397
2	0,768738782	0,02582751
3	0,674012866	0,004150724
4	0,590959315	0,00066706
5	0,51813983	0,000107203
6	0,454293344	1,72285E-05
7	0,398314182	2,76878E-06
8	0,349232912	4,44969E-07
9	0,306199559	7,15108E-08
10	0,268468883	1,14925E-08
11	0,235387476	1,84695E-09
12	0,206382442	2,96821E-10
13	0,180951481	4,7702E-11
14	0,158654187	7,66616E-12
15	0,139104421	1,23202E-12
16	0,121963627	1,97998E-13
17	0,106934964	3,18201E-14
18	0,09375817	5,11379E-15
19	0,082205054	8,21834E-16
20	0,072075541	1,32076E-16
21	0,063194213	2,12259E-17
22	0,055407264	3,41121E-18
23	0,048579842	5,48213E-19
24	0,042593712	8,8103E-20



60
210