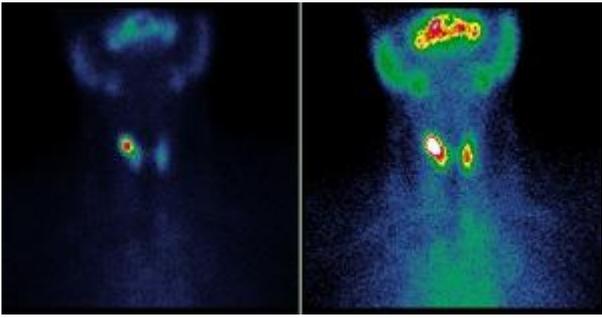


DESINTEGRACIÓN RADIATIVA



Problema 1. La gammagrafía es una técnica que se utiliza en el diagnóstico de tumores. En ella se inyecta al paciente una sustancia que contiene un isótopo del Tecnecio (^{99m}Tc) que es emisor de radiación gamma.

Un paciente tiene cita un martes 10 de junio a las 8 de la mañana para realizarse una gammagrafía. A las 8 de la mañana del lunes 9 llega al Hospital el radiofármaco de ^{99m}Tc con una actividad de 100 kBq/ml . Si para una expedición de gammagrafía se necesita una actividad de 60 kBq , ¿cuántos ml se necesita extraer al día siguiente a las 8 de la mañana para inyectárselos al paciente? (Dato: El período de semi-desintegración del ^{99m}Tc es de 6 horas)

Respuesta:

La fórmula que se ha de aplicar es la ley de decaimiento exponencial que siguen los isótopos radioactivos.

$$A(t) = A_0 \exp(-\lambda t)$$

Se tienen los siguientes datos: $A_0 = 100 \text{ kBq/ml}$ $t = 24 \text{ horas}$ $t_{1/2} = 6 \text{ horas}$

Se calcula la constante de desintegración como:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} = \frac{\ln 2}{6 \text{ horas}} = 0.116 \text{ horas}^{-1}$$

Se calcula la actividad del radiofármaco pasadas 24 horas:

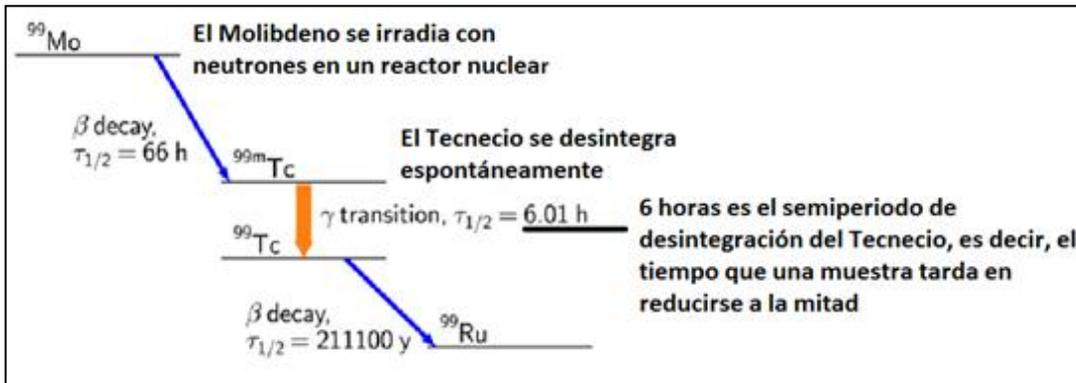
$$A(t) = A_0 \exp(-\lambda t) = 100 \frac{\text{kBq}}{\text{ml}} \cdot \exp(-0.116 \text{ horas}^{-1} \cdot 24 \text{ horas}) = 100 \frac{\text{kBq}}{\text{ml}} \cdot 0.0618 = 6.18 \text{ kBq/ml}$$

Como se precisa una actividad de 60 kBq , el volumen de radiofármaco que se ha de inyectar será:

$$\frac{60 \text{ kBq}}{6.18 \text{ kBq/ml}} = 9.71 \text{ ml}$$

Ampliación: Muchos métodos actuales de diagnóstico emplean algún tipo de radioisótopo. En el ámbito de la Medicina Nuclear, a estas sustancias se las conoce como radiofármacos o trazadores, que no es más que una sustancia compuesta por un radioisótopo unido a un compuesto químico adecuado que se administra al paciente, generalmente inyectándolo. Estos radiofármacos se administran en dosis muy pequeñas, de manera que no producen reacciones graves ni efectos secundarios en los pacientes.

Una vez introducido el isótopo en el cuerpo, mediante un equipo específico se ha medir y localizar la radiación que éste emite. Esto se lleva a cabo mediante gamma cámaras capaces de detectar los rayos gamma emitidos desde el interior del paciente y que lo atraviesan por completo hasta el exterior (otra parte de ellos son absorbidos y depositan radiación en el paciente). Se obtienen así proyecciones bidimensionales o incluso tridimensionales del órgano en estudio a partir de la distribución de la radioactividad en el organismo, e incluso información funcional si el radioisótopo se incorpora al metabolismo del paciente.



El isótopo más usado en Medicina Nuclear es el Tecnecio 99 (^{99m}Tc), que emite rayos gamma de 140 KeV. Se obtiene según el esquema adjunto.

[1] "Technetium in nuclear medicine" AG Jones - Radiochimica Acta (1995)

Enlaces de interés (con publicaciones propias)

<http://www.sefm.es/> Sociedad Española de Física Médica.

<http://nuclear.fis.ucm.es/index.html> Grupo de investigación de Medicina Nuclear de UCM

Problema 2 La datación por radiocarbono es una técnica empleada para conocer la edad aproximada de elementos que contengan Carbono, por lo que se usa mucho en arqueología, ya que la materia orgánica lo contiene y se pueden estudiar restos fósiles de seres vivos. El ^{14}C es un isótopo inestable que tiene un período de semi-desintegración de 5730 años.



En la Sierra de Atapuerca se ha encontrado un fósil vegetal que tiene una radioactividad equivalente al 5% de la del material vegetal que se puede encontrar actualmente en el valle. ¿Qué edad aproximada puede tener esa planta?

Respuesta:

De nuevo se ha de aplicar es la ley de decaimiento exponencial:

$$A(t) = A_0 \exp(-\lambda t)$$

Siendo A_0 la actividad del ^{14}C en la actualidad, que supondremos que era la que también tenía el vegetal cuando estaba "vivo". En este caso sabemos por el enunciado que:

$$A(t) = \frac{5}{100} A_0 \rightarrow \frac{A(t)}{A_0} = 0.05$$

Por lo que

$$\frac{A(t)}{A_0} = \frac{A_0 \exp(-\lambda t)}{A_0} \rightarrow \frac{5}{100} = \exp(-\lambda t) \rightarrow \ln(0.05) = -\lambda t \rightarrow t = -\frac{\ln(0.05)}{\lambda}$$

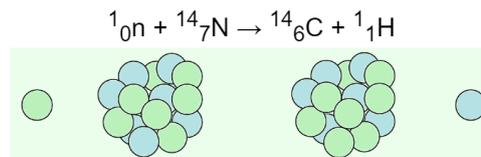
Se calcula la constante de desintegración:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5730 \text{ años}} = 1.21 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

Sustituyendo en la expresión anterior se obtiene la edad del fósil:

$$t = -\frac{\ln(0.05)}{\lambda} = -\frac{\ln(0.05)}{1.21 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}} = 24\,758,12 \text{ años}$$

Ampliación: El Carbono presente en los seres vivos se compone de los isotopos estables ^{12}C y ^{13}C que representan el 98.93 % y el 1.07 % de la masa total del mismo, y de más isotopos inestables, entre los que destaca el ^{14}C . Éste último se forma por la interacción de los rayos cósmicos (que al penetrar en la atmosfera sufren diversas transformaciones y generan neutrones) con el ^{14}N presente en el aire, como muestra el siguiente esquema.



El uso del ^{14}C para datación viene siendo empleado ya desde los años 50 y su mentor, el químico estadounidense Willard Libby [2] fue merecedor de un Premio Nobel. En la actualidad hay tres técnicas para medir cuánto radioisótopo hay en una muestra:

- Con un contador proporcional de gas
- Con un contador de centelleo
- Mediante espectrometría de masas con un acelerador de partículas, la técnica más moderna [3].

Los dos primeros detectan y “cuentan” las partículas beta resultantes del decaimiento de los átomos de ^{14}C y el tercero cuenta directamente el número de átomos debido a la gran precisión que tiene para distinguir masas y diferenciarlo del resto de átomos de otro tipo. La edad máxima que puede datarse con este último método es de unos 60.000 años.

[2] “History of radiocarbon dating” W.F. Libby. Department of Chemistry and Institute of Geophysics of the University of California

[3] “Introduction to Radiocarbon Determination by the Acelerator Mass Spectrometry method” Beta Analytic inc.

Enlaces de interés

<http://www.radiocarbon.com/espanol/index.htm> Enlace a una empresa dedicada a la datación con radiocarbono, cuya página web contiene muy variada información.

Silvia Ronda Peñacoba

[Problemas de Física de Materiales y de Física Biomédica para Bachillerato](#)