Decaimiento Radiactivo

Eliseo Martínez

03 de mayo del 2022.

Resumen

Los núcleos inestables, naturales o artificiales, creados mediante reacciones nucleares, se llaman nucleos radiactivos, y al proceso de emisión se le llama radiactividad o también desintegración o decaimiento radiactivo. Esta desintegración significa pérdida de energía que por la *ley de conservación de cnergía* es absorvida en sus vecindades. Este artículo trata de la *ley de decaimiento radiactivo*.

1. Ley de decaimiento radiactivo

No se sabe cuando un núcleo inestable se desintegrará[1], sin embargo, para una colección de átomos se puede saber su decaimiento o desintegración en función en de una constante de decaimiento o vida media obtenida experimentalmente. Y su modelación obedece a la siguiente ecuación

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda\ t} \tag{1}$$

donde $N(t)$ es el número de nucleos radiactivos en un instante t, M_0 es la cantidad inicial de núcleos, y λ es la constante de desintegración[2], y viene a significar la desintegración de un nucleo en una unidad de tiempo, es decir si medimos el tiempo t en segundos (s), la unidad de λ es s^{-1}, y es propia del tipo de átomo que constituye el núcleo.

1.1. Vida media de un núcleo inestable

Supongamos que tenemos la cantidad inicial N_0 de núcleos inestables, y estamos interesado en que tiempo t_m, la cantidad de núcleos que no se desintegren quede en la mitad inicial, esto es

$$N(t_m) = \frac{N_0}{2}$$

[1]Esto se debe a que es un proceso estocástico, es decir no se puede predecir con exactitud cuando se desintegrará un átomo en particular

[2]Rigurosamente hablando, $\lambda \cdot \Delta t$ viene a ser la probabilidad de que un núcleo se desintegre en un tiempo Δt

El valor e t_m se le llama tiempo de vida media, y su cálculo es sencillo. En efecto, por la ecuación (1) tenemos que

$$N(t_m) = N_0 e^{-\lambda t_m} = \frac{N_0}{2}$$

De modo que obtenemos

$$e^{-\lambda t_m} = \frac{1}{2}$$

aplicando logaritmo natural a esta igualdad, nos queda

$$\lambda t_m = ln(2)$$

en consecuencia la vida media de desintegración de un núcleo inestable es

$$t_m = \frac{ln(2)}{\lambda} \tag{2}$$

1.2. Rapidez de desintegración o actividad radiactiva

De la ecuación (1) tenemos que $N(t)$ es la cantidad de núcleos que no se han desintegrado hasta el tiempo t, y en el tiempo $t + \Delta t$ quedan $N(t + \Delta t$ sin desintegrarse. De modo que en el intervalo de tiempo $[t, t + \Delta t]$ se desintegraron $N(t) - N(t + \Delta t)$ núcleos. Luego la expresión

$$\frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{\Delta t}$$

representa la velocidad media de núcleos que se desintegran en un tiempo de duración Δt. Entonces la rapidez instantánea está dada por

$$lim_{\Delta t \to 0} \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{\Delta t} = -\frac{dN(t)}{dt}$$

y puesto que

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N_0 e^{\lambda t}$$

definimos la rapidez de desintegración o *actividad radiactiva* como

$$A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \tag{3}$$

A veces se utiliza la expresión

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \tag{4}$$

donde $A_0 = \lambda N_0$
Conociendo la vida media de un átomo radiactivo podemos obtener de otra forma la actividad radiactiva $A(t)$. En efecto, por (2) tenemos que

$$\lambda = \frac{ln2}{t_m}$$

y entonces por (1) concluimos que

$$A(t) = \frac{ln(2)}{t_m} N(t) \tag{5}$$

1.3. El becquerelio

Notemos que hasta el momento solo hemos utilizado cantidad de núcleos, que es adimensional, y unidades de tiempo. De modo que la actividad radiactiva, conforme a la ecuación (3) tendrá unidad de número de núcleos desintegrado en unidad de tiempo, emege entonces la unidad *bequerelio*[3], **Bq**, esto es

$$1\mathbf{Bq} = 1seg^{-1} \tag{6}$$

que significa una desintegración nuclear por segundo

[3]En homenaje al físico francés Henri Becquerel, quien compartió el premio Nø'bel de Física con Pierre Curie y Marie Sklodowska Curie en 1903