

QUÍMICA GENERAL

PROBLEMAS RESUELTOS

Dr. D. Pedro A. Cordero Guerrero

(pedrocorderoguerrero@gmail.com)

6 - RADIOACTIVIDAD

2020

El archivo es navegable. Pinchando sobre el enunciado de un problema concreto, nos lleva directamente a la página en la que se encuentra su solución

La complejidad de los mismos, así como los niveles a los que se corresponden son:

(*): Problemas de iniciación o baja dificultad. Generalmente de aplicación directa de las fórmulas o conceptos.
Nivel: 4º ESO - Bachillerato - Química curso acceso a la Universidad

(**): Problemas de dificultad media, ya sea porque exigen de varios cálculos previos o posteriores a la aplicación de la fórmula o concepto central o por tener que relacionar varios de ellos..

Nivel: Bachillerato - Química curso acceso a la Universidad - Química de 1º curso de Universidad

(***): Problemas más complejos, que exigen conocimientos más profundos de Química o con numerosos cálculos o aplicación de muchos conceptos.

Nivel: Química de 1º curso de Universidad

Obviamente la apreciación de los niveles para los que se aconsejan es una apreciación subjetiva, ya que dependiendo del curso, exigencias de la asignatura o base química que se tenga, pueden adecuarse a otros niveles.

CONTENIDOS

[5 - CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS](#)

[PROBLEMAS RESUELTOS](#)

RADIATIVIDAD

CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

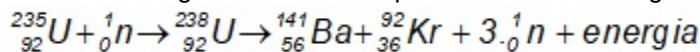
La Radiactividad es un fenómeno físico que presentan ciertos cuerpos, y que consiste en la emisión de partículas o radiaciones, o de ambas a la vez, procedentes de la desintegración espontánea del núcleo del átomo

REACCIONES NUCLEARES

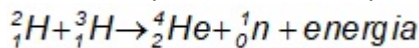
Una reacción nuclear es un proceso de combinación y transformación de las partículas y núcleos atómicos. En ellas se libera mucha energía, ya que tiene lugar una pérdida de masa, la cual se transforma en energía de acuerdo con la ecuación: $E = m \cdot c^2$

Básicamente pueden ser de dos tipos:

- REACCIONES DE FISIÓN: Son aquellas en las cuales un núcleo pesado se rompe, transformándose en dos o más núcleos ligeros. Suelen desprenderse además algunas partículas subatómicas.



- REACCIONES DE FUSIÓN: Son aquellas en las cuales dos o más núcleos ligeros se combinan para formar un núcleo más pesado. También pueden desprenderse algunas partículas subatómicas:



En todas las reacciones nucleares se mantienen tanto en número de protones como el de neutrones, por lo que en todas ellas, la suma de los números atómicos (Nº de protones, que se indican en los subíndices) de reactivos y productos debe ser igual. Asimismo, la suma de los números másicos (Nº de protones + Nº de neutrones, que se indican en los superíndices) también debe ser la misma

PARTÍCULAS SUBATÓMICAS

Las principales partículas subatómicas que intervienen en las reacciones nucleares son:

- Partícula alfa (núcleo del Helio) $\alpha({}_2^4\text{He})$

- Partícula beta (electrón): $\beta : {}_{-1}^0\text{e}$,

- Protón (núcleo del Hidrógeno) ${}_1^1\text{H}$

- Neutrón: ${}_0^1\text{n}$

TIPOS DE RADIACIONES

- Radiación alfa: (núcleo del Helio) $\alpha({}_2^4\text{He})$

- Radiación beta: (electrón): $\beta : {}_{-1}^0\text{e}$,

- Radiación gamma (γ) No es una partícula, es solamente una radiación cuya energía procede de la disminución de masa en esa reacción ($E = m \cdot c^2$)

LEYES DE LOS DESPLAZAMIENTOS RADIATIVOS (Leyes de Soddy y Fajans)

- **Ley de Soddy:** Cuando un átomo emite una partícula alfa: $\alpha({}_2^4\text{He})$ su número atómico disminuye 2 unidades y su masa atómica disminuye 4 unidades

- **Ley de Fajans:** Cuando un átomo emite una partícula β (es un electrón: ${}_{-1}^0\text{e}$), su número atómico aumenta una unidad y su masa atómica no varía

SERIES RADIATIVAS

Cuando un núcleo se va desintegrando, emite radiación y da lugar a la formación de otro núcleo distinto

también radiactivo, que emite nuevas radiaciones. El proceso (llamado cadena de desintegración) continuará hasta que aparezca un núcleo estable, no radiactivo. (En todas ellas es un núcleo de Plomo)

Todos los núcleos que proceden del inicial(núcleo padre) forman una serie o cadena radiactiva.

Se conocen cuatro series o familias radiactivas, tres de las cuales existen en la naturaleza ya que proceden de los radionúclidos primigenios, que son aquellos que sobreviven en la Tierra desde su formación. Esto se debe a que su semivida es comparable a la edad de la Tierra.

Las series naturales son:

- La del Torio (parte del Th-232),
- La del Radio (parte del U-238)
- La del Actinio (parte del U-235).

La otra serie, la del Neptunio (parte desde el Np-237) debería haberse extinguido, pero las pruebas nucleares realizadas han creado de nuevo estos núcleos

VELOCIDAD DE DESINTEGRACIÓN - CONSTANTES RADIATIVAS

- **Velocidad de desintegración:** es el número de átomos que se desintegran en un tiempo determinado. Viene dada

por la ecuación: $N = N_0 \cdot e^{-k \cdot t}$ ó $\text{Ln} \frac{N}{N_0} = -k \cdot t$,

donde **N:** Cantidad o Número de átomos que hay al final de ese tiempo

N₀: Cantidad o Número de átomos inicial

k: Constante de desintegración (es una constante de velocidad de primer orden

t: tiempo transcurrido

- **Vida media o Periodo de semidesintegración:** es el intervalo de tiempo que los átomos pueden resistir sin desintegrarse; puede definirse también como el tiempo que tardan en desintegrarse la mitad de los núcleos

de una sustancia radiactiva. Si aplicamos las ecuaciones anteriores: $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2} \implies \text{Ln} \frac{1}{2} = -k \cdot t$; $0,69 =$

$-k \cdot t \implies$ siendo "t" la vida media, se obtiene el valor de la constante de desintegración: $k = \frac{0,69}{t}$

- **Energía de ligadura o de empaquetamiento:** es la energía necesaria para descomponer un mol de núcleos en protones y neutrones y que es igual a la energía liberada debida a la pérdida de masa que tiene lugar cuando se produce la descomposición de dicho núcleo en protones y neutrones. Se determina por la pérdida de masa: (diferencia entre la masa de los protones y neutrones que componen dicho núcleo y su

masa real, una vez formado). La correspondiente energía es: $E = mc^2$

ENUNCIADOS DE LOS PROBLEMAS RESUELTOS

- 1- El periodo de semidesintegración del U-238 es de $4,51 \cdot 10^9$ años. Calcúle el nº de átomos que se desintegran en 1 año en una muestra de 0,5 g. DATOS: Masa atómica del U-238 = 238
- 2- El isótopo radiactivo $^{14}_6\text{C}$ debido a su presencia en todos los materiales orgánicos, se emplea en la datación de especímenes orgánicos y tiene un tiempo de vida media de 5730 años. Después de transcurridos 400 años, calcular el porcentaje de una muestra que permanece sin desintegrarse.
- 3- La desintegración radiactiva es un proceso de primer orden. Si la vida media del C-14 es 5730 años y se parte de una cantidad original de 1 kg de C-14. Calcular cuántos gramos quedan al cabo de 57106,9 años.
- 4- Si bombardeamos con neutrones el flúor 19 se forma un nuevo elemento con emisión de una partícula alfa.
a. ¿Cuál es este nuevo elemento? b. ¿Cuál es su masa atómica?
- 5- Considere la reacción nuclear siguiente: $^1\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \gamma$ (radiación gamma). Indique, razonándolo, si la masa del núcleo de helio formado es mayor, menor o al igual que la suma de las masas de los isótopos de hidrógeno de partida.
- 6- ¿Qué porcentaje de la masa original de un elemento radiactivo quedará después de que haya transcurrido un lapso de cuatro vidas medias?
- 7- Una muestra de semillas encontradas en una pirámide egipcia da una actividad de ^{14}C de 8,3 desintegraciones por minuto y por gramo de carbono. Una muestra actual de semillas similares, da una actividad debida al ^{14}C , en las mismas unidades de 15,5. Sabiendo que el periodo de semidesintegración del ^{14}C es de 5400 años, calcular la antigüedad del enterramiento.

RADIOACTIVIDAD - 01

El periodo de semidesintegración del U-238 es de $4,51 \cdot 10^9$ años. Calcúle el nº de átomos que se desintegran en 1 año en una muestra de 0,5 g. DATOS: Masa atómica del U-238 = 238

RESOLUCIÓN

El número de átomos de la muestra es: $\frac{0,5}{238} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 1,26 \cdot 10^{21}$ átomos

Teniendo en cuenta que el Periodo de semidesintegración es el tiempo que una cantidad de material radioactivo tarda en reducirse a la mitad y que estas desintegraciones son reacciones de orden 1, su ecuación de velocidad es:

$\text{Ln} \frac{N_0}{N} = K \cdot t$ Donde N_0 es el número inicial de átomos y N es el nº final, que es la mitad del inicial, así,

tendremos que: $\frac{N_0}{N} = 2$, y t es el tiempo en el cual transcurre esa transformación, que en este caso

es: $4,51 \cdot 10^9$ años, por lo que la ecuación anterior nos queda: $\text{Ln} 2 = k \cdot 4,51 \cdot 10^9 \implies k = 1,536 \cdot 10^{-10}$ años, que es la constante de desintegración.

Si aplicamos este valor a la ecuación de velocidad anterior, en la que conocemos tanto el número inicial de átomos ($N_0 = 1,26 \cdot 10^{21}$) como el tiempo ($t = 1$ año): $\text{Ln} \frac{1,26 \cdot 10^{21}}{N} = 1,536 \cdot 10^{-10} \cdot 1$, de donde

al despejar: $\frac{1,26 \cdot 10^{21}}{N} = e^{1,536 \cdot 10^{-10}} \implies N = \frac{1,26 \cdot 10^{21}}{e^{1,536 \cdot 10^{-10}}}$ donde dado que el valor del denominador es prácticamente 1, no podríamos resolverlo de esta forma.

Este hecho puede predecirse ya que utilizamos un tiempo muy pequeño (1 año) comparado con el periodo de semidesintegración ($4,51 \cdot 10^9$ años).

Para resolver estos casos debemos utilizar la ecuación de velocidad sin integrar: $-\frac{dN}{dt} = k \cdot N_0$

en la cual dado que el intervalo de tiempo es muy pequeño (1 año) comparado con el periodo de semidesintegración ($4,51 \cdot 10^9$ años), nos permite transformar esta ecuación diferencial en otra expresada como (Δ)

incrementos, a saber: $-\frac{\Delta N}{\Delta t} = k \cdot N_0$ en la cual $\Delta t = 1$ año, y $\Delta N = N_{\text{FINAL}} - N_0$ (Variación del nº de átomos, o lo que es lo mismo, número de átomos desintegrados, que es lo que nos piden:

$$-\Delta N = 1,536 \cdot 10^{-10} \cdot 1,26 \cdot 10^{21} \;; \; \Delta N = - 1,935 \cdot 10^{11} \text{ átomos desintegrados}$$

(El signo " - " se debe a que disminuye el número de átomos a medida que transcurre la reacción, por lo que la variación total de átomos es negativa).

RADIATIVIDAD - 02

El isótopo radiactivo $^{14}_6\text{C}$ debido a su presencia en todos los materiales orgánicos, se emplea en la datación de especímenes orgánicos y tiene un tiempo de vida media de 5730 años. Después de transcurridos 400 años, calcular el porcentaje de una muestra que permanece sin desintegrarse:

RESOLUCIÓN

Las desintegraciones radiactivas son reacciones de orden 1, por lo que su ecuación de velocidad es:

$\text{Ln} \frac{[\text{A}]^0}{[\text{A}]} = k \cdot t$, siendo $[\text{A}]^0$ la concentración inicial, $[\text{A}]$ la concentración final, k : la constante de velocidad y t el tiempo.

La constante de velocidad se determina a partir de la vida media, que es el tiempo que tarda en reducirse a la mitad la concentración, es decir; $\frac{[\text{A}]^0}{[\text{A}]} = 2$, y que en este caso es de 5730 años, por lo que aplicando la ecuación de velocidad:

$$\text{Ln} 2 = k \cdot 5730, \text{ de donde: } k = \frac{\text{Ln} 2}{5730}; k = 1,21 \cdot 10^{-4}$$

Si ahora nos piden el porcentaje que permanece sin desintegrarse al cabo de 400 años, vamos a partir de una cantidad inicial de: $[\text{A}]^0 = 100$, y volvemos a aplicar la ecuación de velocidad:

$$\text{Ln} \frac{100}{[\text{A}]} = 1,21 \cdot 10^{-4} \cdot 400; \frac{100}{[\text{A}]} = e^{0,0484} \Rightarrow [\text{A}] = \frac{100}{e^{0,0484}}; [\text{A}] = 95,27, \text{ es decir, al cabo de}$$

400 años quedará sin desintegrarse el **95,27%**

RADIOACTIVIDAD - 03

La desintegración radiactiva es un proceso de primer orden. Si la vida media del C-14 es 5730 años y se parte de una cantidad original de 1 kg de C-14. Calcular cuántos gramos quedan al cabo de 57106,9 años.

RESOLUCIÓN

Teniendo en cuenta que el Periodo de semidesintegración es el tiempo que una cantidad de material radioactivo tarda en reducirse a la mitad y que estas desintegraciones son reacciones de orden 1, su

ecuación de velocidad es: $\text{Ln} \frac{N_0}{N} = K.t$ Donde N_0 es el número inicial de átomos y N es el nº final, que

es la mitad del inicial, así, tendremos que: $\frac{N_0}{N} = 2$, y t es el tiempo en el cual transcurre esa

transformación, que en este caso es: 5730 años, por lo que la ecuación anterior nos queda: $\text{Ln} 2 = k.5730$
 $\implies k = 1,2097.10^{-4}$ años, que es la constante de desintegración.

Si aplicamos este valor a la ecuación de velocidad anterior, en la que conocemos tanto la cantidad inicial (1 Kg) como el tiempo ($t = 57106,9$ años): $\text{Ln} \frac{1000}{N} = 1,2097.10^{-4} .57106,9$, de donde al

despejar: $\frac{1000}{N} = e^{6,908} = 1000,47 \implies N = \frac{1000}{1000,35}$;

N = 0,9995 g nos quedarán al cabo de ese tiempo

RADIATIVIDAD - 04

Si bombardeamos con neutrones el flúor 19 se forma un nuevo elemento con emisión de una partícula alfa.

a. ¿Cuál es este nuevo elemento?

b. ¿Cuál es su masa atómica?

RESOLUCIÓN

La reacción nuclear es: ${}^{19}_9F + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He + {}^{16}_7N$

El nuevo átomo formado corresponderá a un isótopo del Nitrógeno, de masa 16: el N

RADIATIVIDAD - 05

Considere la reacción nuclear siguiente: ${}^1\text{H} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \gamma$ (radiación gamma)

Indique, razonándolo, si la masa del núcleo de helio formado es mayor, menor o al igual que la suma de las masas de los isótopos de hidrógeno de partida.

RESOLUCIÓN

Al emitir una radiación γ , esta procederá de la pérdida de masa que tiene lugar durante la reacción de fusión de los dos átomos de Hidrógeno, por lo que la masa del átomo de Helio formado será menor que la suma de las masas de los isótopos del Hidrógeno fusionados

¿Qué porcentaje de la masa original de un elemento radiactivo quedará después de que haya transcurrido un lapso de cuatro vidas medias?

RESOLUCIÓN

La vida media es el tiempo que ha de transcurrir para que la masa del elemento radiactivo se reduzca a la mitad. Teniendo en cuenta solamente esta definición, podemos decir que si la masa inicial era de 100

- Al cabo de una "vida media" se habrá reducido a la mitad: es decir: 50
 - Al cabo de la segunda "vida media" se habrá reducido a la mitad de lo que había al comenzar este segundo periodo, que eran los 50 que quedaron al finalizar el primer periodo: es decir quedarán 25
 - Al cabo de la tercera "vida media" se habrá reducido a la mitad de lo que había al comenzar este tercer periodo, que eran los 25 que quedaron al finalizar el segundo periodo: es decir quedarán 12,5
 - Al cabo de la cuarta "vida media" se habrá reducido a la mitad de lo que había al comenzar este cuarto periodo, que eran los 12,5 que quedaron al finalizar el tercer periodo: es decir quedarán 6,25
- Por tanto, como partimos de 100, **quedará el 6,25%**
-

RADIATIVIDAD - 07

Una muestra de semillas encontradas en una pirámide egipcia da una actividad de ^{14}C de 8,3 desintegraciones por minuto y por gramo de carbono. Una muestra actual de semillas similares, da una actividad debida al ^{14}C , en las mismas unidades de 15,5. Sabiendo que el periodo de semidesintegración del ^{14}C es de 5400 años, calcular la antigüedad del enterramiento.

RESOLUCIÓN

Las desintegraciones radiactivas son reacciones de orden 1, por lo que su ecuación de velocidad es:
 $\text{Ln} \frac{[\text{A}]^0}{[\text{A}]} = k \cdot t$, siendo $[\text{A}]^0$ la concentración inicial, $[\text{A}]$ la concentración final, k : la constante de velocidad y t el tiempo.

La constante de velocidad se determina a partir de la vida media, que es el tiempo que tarda en reducirse a la mitad la concentración, es decir; $\frac{[\text{A}]^0}{[\text{A}]} = 2$, y que en este caso es de 5400 años, por lo que aplicando la ecuación de velocidad:

$$\text{Ln}2 = k \cdot 5400, \text{ de donde: } k = \frac{\text{Ln}2}{5400}; k = 1,284 \cdot 10^{-4}$$

Si nos indican que una muestra nueva tiene una actividad de 15,5 (es A^0) y la de la muestra a analizar es 8,3 (es A) y volvemos a aplicar la ecuación de velocidad:

$$\text{Ln} \frac{15,5}{8,3} = 1,284 \cdot 10^{-4} \cdot t; t = \frac{\text{Ln} \frac{15,5}{8,3}}{1,284 \cdot 10^{-4}}; t = 4864,4 \text{ años}$$