

Radioactividad y medioambiente - Curso 2024

Práctica 3: Decaimiento radioactivo, cadenas radioactivas y equilibrios

Resumen: Conociendo las propiedades nucleares y los procesos de desintegración radioactiva, es fundamental estudiar la ley que gobierna el decaimiento radioactivo, ya que a partir de ella se podrá determinar el comportamiento temporal de la concentración de los radionucleidos en muestras ambientales o el propio ambiente. El período de semi desintegración radioactiva será un parámetro fundamental a considerar en planes de monitoreo ambiental. Asimismo, el decaimiento radioactivo de ciertos elementos naturales da origen a las cadenas radioactivas naturales, dando origen a una variedad de radionucleidos en el ambiente, por lo que su estudio es fundamental para predecir qué elementos podemos encontrar. Conocer si las cadenas están en equilibrio secular o transitorio va a ser fundamental para determinar su actividad.

Problema 1: ¿Cuánto pesa un Ci de ^{60}Co ?

Problema 2: Un gramo de Ra tiene una actividad de 1 Ci ¿Cuál es su vida media? ¿y su semivida?

Problema 3: determine la actividad específica de ^{138}La y ^{176}Lu en las sales La_2O_3 y Lu_2O_3 , respectivamente. Utilice la aplicación de la IAEA para determinar cuáles son sus abundancias isotópicas y sus semividas.

Problema 4: En una muestra de suelo se determinó la presencia de distintos elementos radioactivos: ^{226}Ra , ^{90}Sr y ^{137}Cs .

- De la tabla de radionucleidos determine su semivida y el/los decaimientos que experimentan estos elementos.
- Calcule la vida media y la constante de decaimiento radioactivo de cada uno de ellos.

Problema 5: El tritio ($\lambda = 0,05545 \text{ a}^{-1}$) experimenta decaimiento β .

- Calcule la vida media y la semivida.
- Sin utilizar la calculadora determine qué fracción de una muestra de tritio puro permanecerá sin desintegrarse después de 25 años.
- ¿y luego 37,5 años?

Problema 6: El ^{228}Ac , radionucleido perteneciente a la cadena natural del ^{232}Th , tiene una semivida de 6,13 hs.

- Determine la constante de desintegración radioactiva λ .
- Utilizando la tabla de nucleidos determine el tipo de decaimiento que experimenta.
- ¿Cuánto tardará en desintegrarse el 95 % de una muestra de este radionucleido?

Problema 7: El ^{238}U es un radionucleido natural que experimenta desintegración α .

- ¿En qué elemento se transforma cuando se produce el decaimiento?
- ¿Cuántas desintegraciones por segundo se producen en 1 g de ^{238}U ? (encuentre λ de la tabla de nucleidos).

Problema 8: Una muestra de ^{131}I ($T_{1/2}=8,04$ días) tiene una actividad de 5 mCi en el momento de ser embarcada y de 3,9 mCi al ser recibida por el laboratorio que la solicitó.

- ¿Cuánto tiempo tardó en llegar a destino?
- ¿Qué tiempo hubiera tardado en llegar si la actividad al llegar era 2,8 mCi?

Problema 9: Los organismos vivos incorporan CO_2 , donde un 98,89% del carbono es ^{12}C y el porcentaje restante es de ^{13}C . Cuando los rayos cósmicos llegan a la atmósfera forman ^{14}C y los organismos alcanzan el equilibrio de su carbono con el atmosférico, teniendo 1,3 átomos de ^{14}C por 10^{12} átomos de ^{12}C . Al morir, los organismos dejan de incorporar ^{14}C , cuya concentración decae en el tiempo por desintegración radioactiva.

- ¿Cuál es la relación $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ en los organismos vivos?
- ¿Cuál es la actividad específica del ^{14}C presente en la materia viva? ($T_{1/2}^{14}\text{C} = 5730$ años)
- ¿Cómo podría utilizarse este fenómeno para determinar la fecha de muerte de los organismos? Analice las limitaciones de la técnica.

Problema 10: ¿Cuántos años hace que murió el árbol del que provino un trozo de carbón de 25 g que hoy presenta una actividad de 250 desintegraciones por minuto?

Problema 11: Una lámina de Ag radiactiva ($T_{1/2} = 2,4\text{min}$) se coloca cerca de un contador Geiger y se observan 1000 cuentas/s en el instante $t = 0$.

- a) ¿Cuál es la actividad cuando $t = 2,4\text{ min}$ y $t = 4,8\text{ min}$?
- b) Si el rendimiento del conteo (*cuentas detectadas/cuentas emitidas*) es del 20 %, ¿cuántos núcleos radiactivos existirán en el instante $t = 0$ y $t = 2,4\text{ min}$? ¿En qué instante la actividad es de 30 cuentas/s?

Problema 12: La actividad de una fuente radiactiva es 9000 cuentas/s en $t = 0$ y 10 minutos después es 1000 cuentas/s.

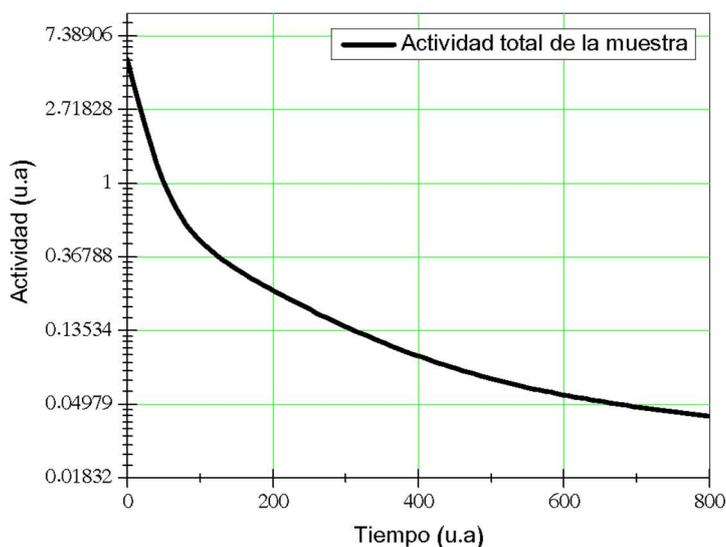
- a) ¿Cuáles son la semivida y la constante de desintegración?
- b) ¿Cuál será la actividad 1,5 minutos después?

Problema 13: En la tabla se muestran datos experimentales de la actividad (en Bq) de una cierta muestra en los tiempos indicados (minutos).

- a) Grafique la actividad en función del tiempo, en escala lineal y en escala logarítmica.
- b) ¿Cuál es la actividad inicial y la vida media de la muestra?

Tiempo / actividad													
0	39,00	11	15,91	22	10,53	33	7,18	48	4,30	70	2,04	92	0,96
0,5	30,60	11,5	15,59	22,5	10,35	33,5	7,06	49	4,16	71	1,97	93	0,93
1	27,11	12	15,28	23	10,16	34	6,94	50	4,02	72	1,90	94	0,90
1,5	25,38	12,5	14,98	23,5	9,99	34,5	6,82	51	3,89	73	1,84	95	0,87
2	24,33	13	14,69	24	9,81	35	6,71	52	3,76	74	1,78	96	0,84
2,5	23,56	13,5	14,41	24,5	9,64	35,5	6,59	53	3,63	75	1,72	97	0,81
3	22,90	14	14,13	25	9,47	36	6,48	54	3,51	76	1,66	98	0,79
3,5	22,30	14,5	13,86	25,5	9,31	36,5	6,37	55	3,39	77	1,60	99	0,76
4	21,74	15	13,60	26	9,15	37	6,26	56	3,28	78	1,55	100	0,73
4,5	21,21	15,5	13,35	26,5	8,99	37,5	6,16	57	3,17	79	1,50	110	0,52
5	20,70	16	13,10	27	8,84	38	6,05	58	3,06	80	1,45	120	0,37
5,5	20,21	16,5	12,86	27,5	8,68	38,5	5,95	59	2,96	81	1,40	130	0,26
6	19,74	17	12,62	28	8,53	39	5,85	60	2,86	82	1,35	140	0,19
6,5	19,29	17,5	12,39	28,5	8,39	39,5	5,75	61	2,77	83	1,31	150	0,13
7	18,86	18	12,16	29	8,24	40	5,65	62	2,67	84	1,26	160	0,09
7,5	18,45	18,5	11,94	29,5	8,10	41	5,46	63	2,58	85	1,22	170	0,07
8	18,04	19	11,73	30	7,96	42	5,28	64	2,50	86	1,18	180	0,05
8,5	17,66	19,5	11,52	30,5	7,83	43	5,10	65	2,41	87	1,14		
9	17,28	20	11,31	31	7,69	44	4,93	66	2,33	88	1,10		
9,5	16,92	20,5	11,11	31,5	7,56	45	4,77	67	2,25	89	1,07		
10	16,57	21	10,91	32	7,43	46	4,61	68	2,18	90	1,03		
10,5	16,23	21,5	10,72	32,5	7,31	47	4,45	69	2,11	91	1,00		

Problema 14: Se analizó una muestra para determinar su actividad total en función del tiempo. La figura muestra el resultado, donde la escala vertical es logarítmica. Observando el gráfico, ¿cuántas especies radioactivas están presentes en la muestra estudiada?



Cadenas radioactivas y equilibrios

Problema 15: a) Utilizando la Tabla de Radionucleidos, reconstruya la cadena natural de desintegración radioactiva del ^{238}U , indicando los períodos de semi desintegración de cada componente de la cadena.

b) ¿Por cuántos elementos está compuesto?

c) ¿Cuál es el radionucleido que pone final a la cadena?

Problema 16: Determine el/los tipo/s de decaimiento que experimenta el ^{212}Bi , radionucleido perteneciente a la cadena radioactiva del ^{232}Th . ¿En cuál/es elementos se transforma?

Problema 17: Un elemento radioactivo A ($T_{1/2} = 1$ hora) decae a un elemento B que también es radioactivo ($T_{1/2} = 5$ horas). El elemento B decae a un elemento C que es estable. Suponiendo que inicialmente ($t = 0$) hay 5×10^{18} núcleos sólo de la especie radioactiva A,

a) escriba las expresiones matemáticas del número de núcleos de cada especie radioactiva como función del tiempo.

b) ¿Para qué tiempo se tiene el mayor número de núcleos de la especie radioactiva B?

c) Las actividades, ¿Pueden alcanzar algún tipo de equilibrio? *Justifique.*

Problema 18: a) Analizando los períodos de desintegración, determine qué tipo de equilibrio radioactivo puede establecerse cuando una muestra de ^{234}U ($T_{1/2} = 2,45 \times 10^5$ años) se va transformando en ^{230}Th ($T_{1/2} = 8 \times 10^4$ años).

b) Determine la relación alcanzada entre las actividades de estos radionucleidos.

Problema 19: El ^{226}Ra ($T_{1/2} = 1600$ años) decae a ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3,82$ días), quien por emisión α se transforma en ^{218}Po ($\lambda = 327,26 \text{ d}^{-1}$). Si se tiene una muestra de ^{226}Ra de actividad inicial de 40 Bq,

a) ¿qué tipo de equilibrio puede alcanzarse entre las actividades del radionucleido padre y sus hijos?

b) Estime gráficamente el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio entre el ^{226}Ra y el ^{222}Rn .

Problema 20: el ^{226}Ra es un radionucleido que existe naturalmente en el suelo. Si se colecta una muestra de suelo,

a) ¿la actividad del ^{226}Ra estará en equilibrio secular con la del ^{218}Po ? *Justifique.*

b) ¿Qué puede hacerse para que las actividades alcancen el equilibrio?