

02.58.21

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1958

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CURSO DE APLICACION DE RADIOISOTOPOS

RADIATIVIDAD

María Cristina Palcos de Enquin y Josefina Rodríguez

R I - 22 g

RADIATIVIDAD

Los átomos estables son los que no cambian espontáneamente con el tiempo. Si se toma 10^6 átomos de hierro natural, estos pueden intervenir en numerosas reacciones químicas pero a través de los años se seguirá teniendo 10^6 átomos de Fe.

En cambio, los átomos que poseen núcleos inestables van desapareciendo con el tiempo, por transformación en otros núcleos. Por ejemplo, si se comienza un experimento con 10^6 átomos de Fe^{59} , después de 45,1 días tendremos 500.000, después de 90,2 días, 250.000 y al cabo de 135,3 días sólo quedarán 125.000 átomos de Fe^{59} . El Fe^{59} se ha ido transformando en Co^{59} .

Los núcleos inestables generalmente reciben el nombre de radiactivos, ya que todas las transformaciones del núcleo son acompañadas por emisión de radiaciones.

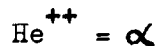
En las desintegraciones radiactivas el núcleo pierde una pequeña parte de su masa, formando finalmente un núcleo estable.

Los nucleídos desintegran por emisión de partículas alfa, beta, neutrones, neutrinos y rayos gamma.

Entre los elementos naturales son radiactivos todos los de Z mayor que 83 (bismuto), y algunos otros como el K^{40} , el Rb^{87} , etc. A estos deben agregarse los numerosos nucleídos radiactivos producidos artificialmente.

Desintegración alfa

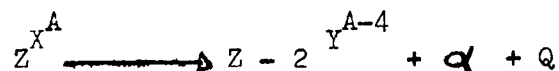
Un nucleído puede desintegrar por emisión de una partícula alfa, que es un átomo de ${}^2_2\text{He}^4$ que ha perdido sus dos electrones orbitales, y por lo tanto posee dos cargas positivas.



El núcleo de He está constituido por 2 protones y 2 neutrones.

Este tipo de desintegración tiene lugar en los elementos de Z mayor que 82, con excepción del ${}^{147}_{62}\text{Sm}$.

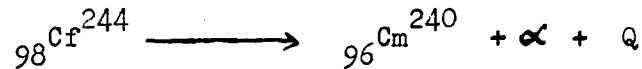
La desintegración α se puede expresar así:



Q es la energía de desintegración alfa y es igual a la suma de la ener

gía cinética de la partícula alfa y la pequeña energía con que retrocede el núcleo hija formado. En la desintegración el número atómico disminuye en 2 y el de masa en 4.

Ej:



donde E, energía cinética de la partícula alfa, es igual a 7,15 MeV, y Q es igual a 7,27 MeV.

La diferencia entre ellas corresponde a la energía de retroceso del Cm^{240} .

Hay una expresión sencilla que conecta ambos valores.

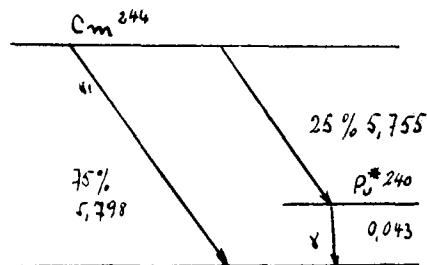
$$Q = E \left(1 + \frac{m}{m_h} \right)$$

siendo m: masa precisa de la partícula alfa

m_h : masa precisa del núcleo hija resultante.

Una de las características principales de la radiación alfa es la de ser monoenergética, es decir que cada nucleído emite partículas de la misma energía, o que pertenecen a dos o tres grupos monoenergéticos.

Por ejemplo, consideremos el esquema de desintegración del Cm^{244}



De 100 núcleos de Cm^{244} , 75 desintegran emitiendo rayos de 5,798 MeV. Los 25 núcleos restantes desintegran a un estado excitado del Pu^{240} , que tiene un exceso de energía de 0,043 MeV sobre el estado fundamental, al que pasan rápidamente por emisión de radiación gamma.

Las energías de las partículas alfa van desde 8,776 MeV en el ThC' , que corresponden a una velocidad de $2 \cdot 10^9$ cm/seg, hasta 2 MeV en el Sm^{147} , que corresponde a una velocidad de $9,8 \cdot 10^8$ cm/seg.

Debido a su carga, las partículas son deflectadas por el campo magnético, y esta propiedad se aprovecha para determinar su energía en un aparato llamado espectrómetro alfa. Se recogerán en distintos puntos las energías distintas debido a que adoptan diversos radios de curvatura de acuerdo con la velocidad inicial.

En el ejemplo del Cm²⁴⁴ se recogerán en un punto las de 5,798 MeV y en otro, las de 5,755 MeV.

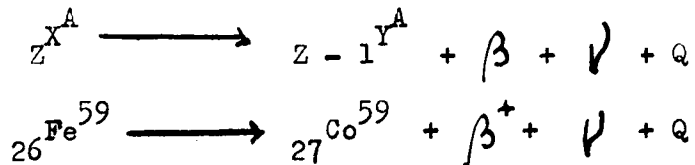
La energía está relacionada con el período de desintegración por la regla de Geiger-Nuttal, que señala que a mayor energía corresponde menor período de desintegración.

Desintegración beta

La desintegración beta puede ser de dos tipos: negativa o positiva, según se emitan β^- o β^+ .

Los emisores beta negativos son nucleídos que desintegran por emisión de partículas β^- , que son electrones que salen del núcleo animados de gran velocidad.

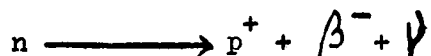
La desintegración β se puede representar así:



ν : es el neutrino, partícula sin carga y cuya masa es menor que el 5% de la masa del electrón.

Q : es la energía de desintegración beta, igual a la suma de la energía cinética del electrón que sale, la del neutrino y la de retroceso del núcleo hija formado.

Como los electrones no existen preformados en el núcleo, se supone que un neutrón se transforma en un protón más un electrón y un neutrino



Se ve que el número atómico disminuye en una unidad y el número de masa se mantiene constante, si bien la masa precisa cambia.

En el ejemplo anterior tenemos el Fe⁵⁹ con M = 58,9536 y Co⁵⁹ con M = 58,9519.

Desintegran por emisión beta aquellos nucleídos que tienen una relación de n/p mayor que la que corresponde a la estabilidad en esa zona de la tabla. Mediante el aumento en el número de protones, el producto hija se acerca a estabilidad.

Se encuentran emisores β^- en las cadenas radiactivas naturales que comienzan con U²³⁸, Th²³² y U²³⁵. Estos tres términos iniciales son alfa activos, pero entre los productos de desintegración se hallan muchos beta activos.

También son muy abundantes entre los isótopos producidos artificialmente por fisión u otras reacciones nucleares.

La emisión beta presenta un espectro de energía con un valor máximo, que es el que se tabula como energía beta.

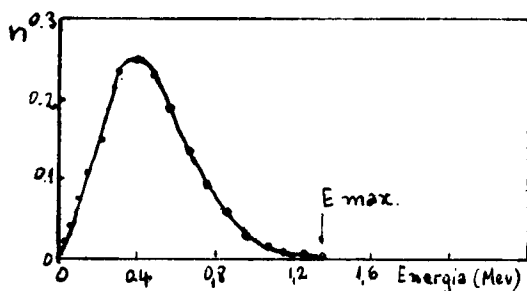
Por ejemplo, al fósforo 32 le corresponde una energía máxima de 1,708 MeV. Quiere decir que si consideramos 100 átomos de este nucleído, sólo unos pocos emitirán partículas de esa energía, y todos los demás tendrán energías menores. Estas se determinan mediante un aparato denominado espectrómetro beta, en el cual se hace el vacío y se someten las partículas beta a un campo magnético constante, de modo que sus trayectorias se curvarán con un cierto radio R y se recibirán en una placa o aparato de medición. En este caso el radio será función de la velocidad inicial de la partícula, y por lo tanto de su energía.

$$R = f_1 (E)$$

En otros modelos de espectrómetro se fija R y se hace variar el campo magnético de modo de recoger en un mismo punto todos los rayos, para distintos valores del campo magnético.

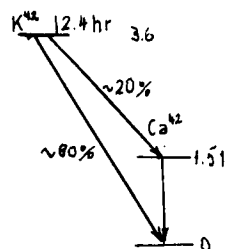
$$R = f_2 (E)$$

En cualquiera de los dos modelos se llega a una serie de datos que pueden representarse así:



Espectro de energía de un emisor $\beta =$ el Ra E

Cuando la sustancia madre desintegra formando más de un nivel del núcleo hija, a cada uno de esos niveles le corresponde un espectro beta, con su correspondiente energía máxima.



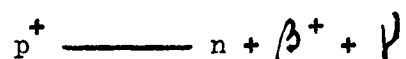
En este caso tendremos dos espectros con energías máximas de 3,6 y 1,51 MeV, respectivamente

La energía promedio de la radiación es, aproximadamente un tercio de la energía máxima.

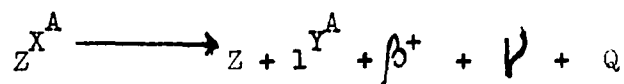
Los emisores beta positivos desintegran por emisiones de un positrón o β^+ .

Estas son partículas que tienen la misma masa en reposo que el electrón y la misma carga, $4,8021 \cdot 10^{-10}$ u.e.s. pero de signo positivo.

Como en el núcleo no existen preformadas partículas de esa naturaleza se supone que un protón se transforma en un neutrón más un positrón y un neutrino

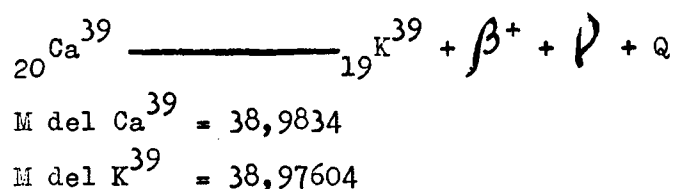


El esquema de esta desintegración es



Q , la energía de desintegración β^+ es igual a la suma de la energía cinética del positrón, la del neutrino, la de retroceso del núcleo formado, más $2 m_0 c^2 = 1,02$ MeV. Este último término representa la energía de aniquilación del positrón. Cuando pierde velocidad se aniquila, neutralizándose con un electrón. Desaparecen ambos y dan origen a dos rayos gamma, de energía equivalente a la masa en reposo del electrón, es decir 2 rayos de 0,51 MeV cada uno.

En la desintegración por positrones el número atómico aumenta en una unidad y el número de masa permanece constante. La masa precisa cambia. Por ejemplo:



La condición necesaria para que los núcleos desintegren por β^+ o captura K es que presenten una relación de n/p menor que la que corresponde a estabilidad en esa zona de la tabla. Muchas veces estas dos formas de desintegración coexisten en esos nucleídos, que aparecen en el lado liviano como por ejemplo el ${}_{27}^{56}\text{Co}$, que decae indistintamente por β^+ o K a ${}_{26}^{56}\text{Fe}$.

Como en el caso de la desintegración β^- , la β^+ también presenta espectro de energías.

Captura electrónica (eC o K)

Los nucleídos con exceso de protones pueden transformarse neutra-

lizando una carga de su núcleo, mediante la captura de un electrón orbital. Como es mayor la probabilidad de que el electrón capturado provenga de la órbita K, esta forma de desintegración suele llamarse captura K, aunque a veces puede captarse un electrón de la órbita L.

Resulta el mismo nucleído que si se hubiera emitido un positrón. Pero la captura electrónica se caracteriza por emisión de rayos X característicos, debidos a los saltos de electrones que se producen para llenar la órbita que quedó vacante.

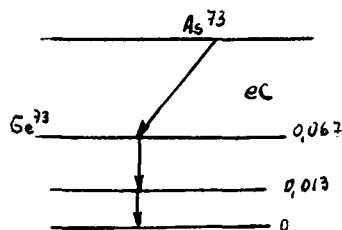
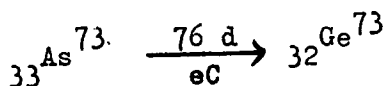
Los electrones pasan de un estado de mayor energía a otro de menor energía

$$E_x = W_n - W_{n-1}$$

llamando W_n a la energía de unión del electrón en la órbita n

y W_{n-1} " " " " " " " " " " n-1

La captura electrónica se detectará con dificultad en los equipos utilizados comunmente, debido a que la única radiación emitida es el rayo X, a veces acompañada de radiación gamma.



Esquema de desintegración del As ⁷³

Esta desintegración se produce por captura electrónica acompañada por la emisión de 2 rayos γ de 0,067 y 0,013 MeV respectivamente.

Radiación gamma

Los rayos gamma son ondas electromagnéticas, del mismo tipo que la luz y los rayos X, pero de origen nuclear.

La energía E de estas radiaciones es directamente proporcional a su frecuencia ν .

$$E = h \cdot \nu \quad \text{siendo } h \text{ la constante de Plank: } 6,54 \cdot 10^{-20} \text{ erg.seg}$$

Como la frecuencia ν es igual a la velocidad de la luz sobre la

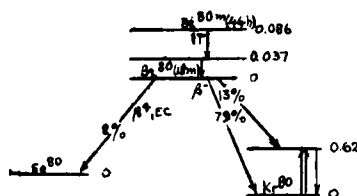
longitud de onda λ de esa radiación;

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \text{ resulta } E = \frac{hc}{\lambda}$$

Por lo tanto las radiaciones más energéticas tienen menores longitudes de onda. Ordenándolas en el sentido de las energías decrecientes aparecen los rayos gamma, los X y por último la luz visible.

La radiación gamma es una forma de desexcitación del núcleo, y por esta razón puede acompañar a la emisión α , β^- o β^+ , según se ve en los esquemas de desintegración citados.

Cuando el período de los estados excitados es menor que 10^{-8} segundos, se consideran niveles excitados del mismo nucleído, mientras que los que presentan períodos más largos se conocen con el nombre de isómeros, como el par de nucleído $\text{Br}^{80} - \text{Br}^{80m}$



Los rayos gamma que acompañan a desintegraciones radiactivas presentan energías que van desde 10 kev hasta 7 MeV.

La emisión de rayos gamma puede estar acompañada, o ser reemplazada por otro proceso; la emisión de electrones de conversión interna. Este fenómeno parece derivar de una acción electromagnética del núcleo sobre un electrón orbital. El electrón extranuclear se emite con una energía cinética igual a la diferencia entre la del rayo gamma y la energía de unión del electrón en el átomo. Es decir, en lugar de emitirse un rayo gamma, se emite un electrón. Todos los núcleos emiten electrones de igual energía, por lo tanto no presentan espectros de energía.

Se define, para una transición dada, un coeficiente de conversión interna:

$$\alpha = \frac{\text{Número de electrones de conversión interna emitidos}}{\text{Número de rayos gamma emitidos}}$$

Generalmente sale un electrón de la capa K, aunque también puede salir de la capa L, etc.

Se suelen utilizar coeficientes parciales para las diferentes órbitas; por ejemplo, el coeficiente de conversión K es:

$$\alpha_K = \frac{\text{Número de electrones emitidos desde K}}{\text{Número de rayos gamma emitidos}}$$

$$\alpha_L = \frac{\text{Número de electrones emitidos desde L}}{\text{Número de rayos gamma emitidos}}$$

El coeficiente de conversión total es igual a la suma de los coeficientes parciales.

La conversión se observa generalmente cuando el gamma es de poca energía.

Debido a que durante la conversión interna se produce la salida de un electrón de una órbita, la vacante dejada por éste es ocupada por otro produciéndose la emisión de un rayo X.

La conversión interna está siempre acompañada por emisión de rayos X.

En la conversión interna, a pesar de que salen electrones, el núcleo hija tiene el mismo número atómico y el mismo número de masa que el núcleo madre, por lo tanto se produce un isómero de éste.

Formulación matemática de la desintegración radiactiva

La desintegración radiactiva obedece a las leyes de probabilidad; no influye en la misma el estado químico, la presión, la gravedad, la temperatura, campos eléctricos o magnéticos ni cualquier tratamiento anterior de la sustancia.

El número de átomos de una sustancia activa que desintegra durante un intervalo corto es proporcional al número de átomos de la sustancia y al intervalo.

$$dN = -\lambda N \cdot dt \quad (a)$$

λ es la constante de desintegración, que representa la probabilidad de que desintegre un núcleo en la unidad de tiempo. Se mide en 1/seg.

Por integración de (a) se llega a:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (b)$$

Siendo N_0 el número de átomos que se tienen al tiempo $t = 0$ y N el número de átomos al tiempo t .

Se llama velocidad de desintegración o actividad al número de átomos que desaparecen en la unidad de tiempo.

$$\frac{dN}{dt} = -N \cdot \lambda = A$$

Multiplicando ambos miembros de (b) por λ , tenemos

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t} \quad (c)$$

Siendo A_0 la actividad al $t = 0$ y A la actividad al tiempo t .

Lo que se mide generalmente no es A sino un valor A' proporcional a A que se expresa generalmente en cuentas por minuto.

$$A' = C \cdot A = C \cdot A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Si aplicamos logaritmos a (c) tenemos:

$$\ln A = \ln A_0 - \lambda t$$

Si en lugar de logaritmos naturales, aplicamos logaritmos decimales:

$$\log A = \log A_0 - \lambda t \cdot \log e = \log A_0 - K \lambda t$$

Si se representa en papel semilogarítmico en función del tiempo tenemos:

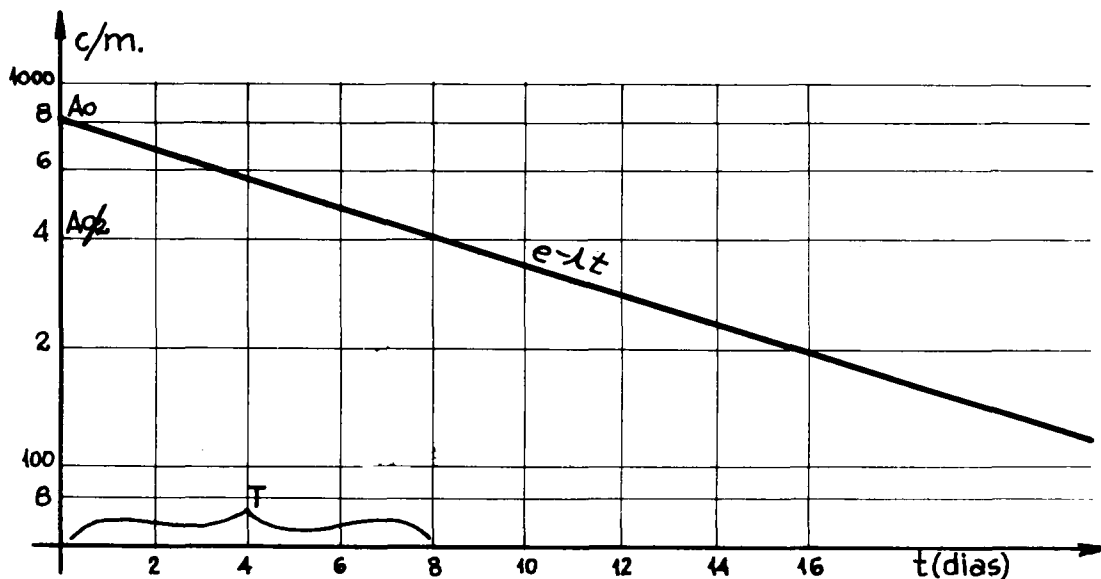


Figura 1.

El tiempo necesario para que el número (N_0) de átomos de una sustancia radiactiva se reduzca a la mitad se llama período de semidesintegración ($T_{1/2}$ o T).

Se puede demostrar que:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Por lo tanto, reemplazando en (c) λ por su valor de 0,693, tendremos

$$A = A_0 e^{-\ln 2 \frac{t}{T}}$$

Esta fórmula nos permite calcular la actividad de una sustancia en cualquier momento t , conociendo la actividad a otro tiempo t_0 y su período T .

Podemos resolver el problema mediante dos procedimientos:

- a) Mediante el método gráfico, representando en la escala logarítmica la actividad A_0 y trazando a partir de allí una recta que pase por el punto A_0 al tiempo T . Esa recta nos permitirá leer la actividad de la muestra para cualquier tiempo dado. (Fig. 1).
- b) Mediante el cálculo, haciendo uso de la tabla que aparece en el apéndice.

Se efectúa el cociente $\frac{t}{T}$. Con este dato se entra a la tabla, leyendo el que aparece a la misma altura en la columna titulada $e^{-\lambda t} \%$.

La cifra que figura allí representa la actividad que tendríamos al tiempo t si hubiéramos comenzado con 100. Las unidades serán las mismas que las que figuran en el dato de A_0 .

Ejemplo: Si tenemos inicialmente 800 c/m de I^{131} , de período $T = 8$ días hallar la actividad que tendrá después de 4 días (fig.1).

$$\frac{t}{T} = \frac{4}{8} = 0,50$$

En la tabla, junto a 0,50 se lee 70,71. Quiere decir que después de 4 días tendremos el 70,71 % de la actividad inicial.

$$\begin{array}{l} \text{si el } 100 \% \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } 800 \text{ c/m} \\ 70,71 \% \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } X = \frac{70,71 \times 800}{100} = 565,7 \text{ c/m} \end{array}$$

Este mismo resultado puede hallarse con cierta aproximación que dependerá del tamaño de la escala elegida, leyendo en el gráfico la actividad correspondiente a 4 días.

El problema inverso sería hallar la actividad inicial dada la actividad al tiempo t.

Ejemplo: Si después de un día de recibida una muestra de Na^{24} , de 15 horas de período, presenta una actividad de 3.500 c/m. Qué actividad tenía cuando llegó?

$$\frac{t}{T} = \frac{24}{15} = 1.6$$

En la tabla hallamos $e^{-\lambda t} = 33\%$. Quiere decir que las 3.500 c/m son el 33 % de la actividad inicial. Por lo tanto.

$$X = \frac{100 \times 3.500}{33} = 10.600 \text{ c/m}$$

Mezcla de dos sustancias que decaen independientemente

Si dos especies radiactivas, indicadas por subíndices 1 y 2, se encuentran juntas, y por lo tanto se miden juntas, la actividad observada será la suma de ambas.

$$A = C_1 A_1 + C_2 A_2 = C_1 \lambda_1 N_1 + C_2 \lambda_2 N_2$$

En general los coeficientes C_1 y C_2 no son iguales, porque radiaciones diferentes se detectan con distinta eficiencia.

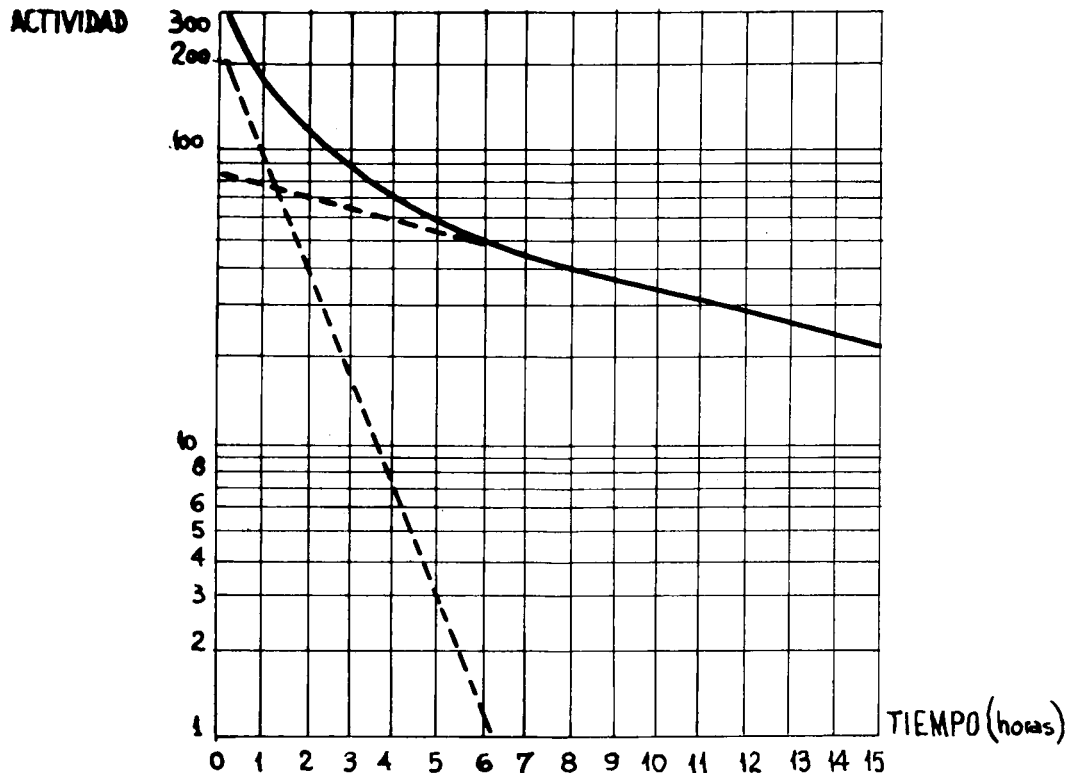


Figura 2

- a) Curva grosera medida.
- b) Componente de más grande período.
(T 1/2 por ej. = 8 hs)
- c) Componente de período más corto.
(T 1/2 por ej. = 0,8 hs)

Crecimiento de un producto radiactivo.

Supongamos un caso en el cual, una sustancia activa A_1 llamada madre, da origen a otra sustancia A_2 llamada hija, que también es activa.



Se desea conocer la actividad de la hija, después de un tiempo t , conociendo la actividad de la madre y suponiendo que en el momento inicial no hay actividad debida a la hija.

Es decir, suponemos que por un método químico hemos librado al núcleo A_1 de la actividad A_2 .

La expresión que nos da la actividad de la hija en ese caso es:

$$A_2 = \frac{T_1}{T_1 - T_2} A_1^0 \cdot (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad (d)$$

A_1^0 actividad de la madre a $t = 0$

A_2 actividad de la hija al tiempo t

λ_1 constante de desintegración de la madre

λ_2 constante de desintegración de la hija

Caso de equilibrio secular

Cuando el período de la madre es mucho mayor que el de la hija y mucho mayor que el tiempo que dura el experimento, se alcanza después de un cierto tiempo, (más de cinco períodos de la hija) un estado estacionario llamado equilibrio secular. A partir de ese momento, se forman tantos átomos de la hija como los que desaparecen. Por lo tanto, la actividad de la hija permanece estacionaria durante la experiencia.

Vamos a calcular A_2 en este caso

$$\lambda_2 \gg \lambda_1$$

Después de un cierto tiempo $e^{-\lambda_2 t}$ se hace muy pequeño. Por lo tanto la fórmula general

$$A_2 = A_1^0 \frac{T_1}{T_1 - T_2} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

queda reducida a.

$$A_2 = A_1^0 \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{-\lambda_1 t}$$

Como $T_2 \ll T_1$ resulta

$$\frac{T_1}{T_1 - T_2} \approx 1$$

Por lo tanto

$$A_2 = A_1^0 e^{-\lambda_1 t} = A_1 = A_1^0$$

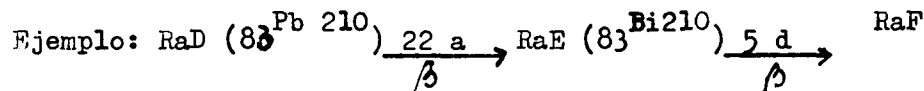
Si el tiempo t que dura el experimento es pequeño con respecto al período de la madre, la caída de ésta es despreciable y podemos considerar $A_1 = A_2$

En el equilibrio secular la actividad de la madre es igual a la actividad de la hija.

La actividad de la hija A_2 en cualquier momento anterior al equilibrio se puede calcular con relación a esa actividad máxima.

$$A_2 = A_2 \max (1 - e^{-\lambda_2 t}) = A_2 \max (1 - e^{-\ln 2 \frac{t}{T}})$$

Para aplicar esta fórmula podemos utilizar la tabla.



Hallar la actividad de RaE que se obtiene a partir de 10.000 c/m de Ra D, después de 7 días de separado el Ra E. Sabemos que A_2 máxima será igual a A_1^0 , actividad inicial de la madre; por lo tanto $A_2 \max = 10.000 \text{ c/m de Ra E.}$

$$\frac{t}{T} = \frac{7 \text{ d}}{5 \text{ d}} = 1,4$$

Con este dato entramos en la tabla y buscamos en la columna encabezada por $(1 - e^{-\lambda t})$.

Encontramos 62,11 %. Quiere decir que en 7 días hemos alcanzado el 62,11 % de la actividad máxima de Ra E que podríamos esperar de esa fuente.

$$\frac{62,11 \times 10.000}{100} = 6211 \text{ c/m de Ra E}$$

También puede hallarse esta respuesta leyendo en la curva de crecimiento de la hija en la figura 3.

Caso de equilibrio transiente

Cuando el período de la madre es mayor que el de la hija, pero no tan largo como para desprestigiar su caída en el tiempo del experimento, se alcanza un estado de equilibrio transitorio (después de aproximadamente cinco períodos de la hija), durante el cual ambas actividades guardan una relación constante.

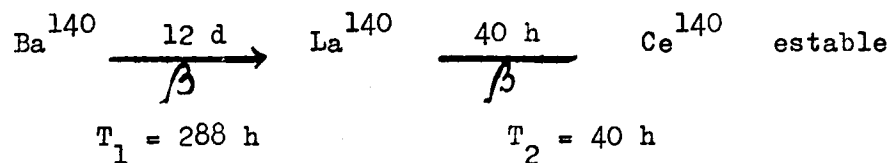
Efectivamente, después de un cierto tiempo el término $e^{-\lambda_2 t}$ desaparece en la ecuación (d). La expresión resultante para

$$\begin{aligned} & T_1 > T_2 & \lambda_1 < \lambda_2 \\ \text{es } A_2 &= \frac{T_1}{T_1 - T_2} A_1^0 e^{-\lambda_1 t} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} A_1 \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

Ejemplo :



La relación de la actividad de la hija a la de la madre en el equilibrio será

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{288}{248} = 1,161$$

Para hacer la representación gráfica se procede en la siguiente forma, se calcula el valor $\frac{T_1}{T_1 - T_2}$. A_1^0 y se lo marca sobre la escala logarítmica . A partir de ese punto se trazan dos rectas que

representan respectivamente, las funciones

$e^{-\lambda_1 t}$ y $e^{-\lambda_2 t}$. (Es decir, una recta con período T_1 y otra con período T_2). Se hace la resta

$e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}$. La diferencia representa el crecimiento de A_2 a partir de A_1 . (Figura 3)

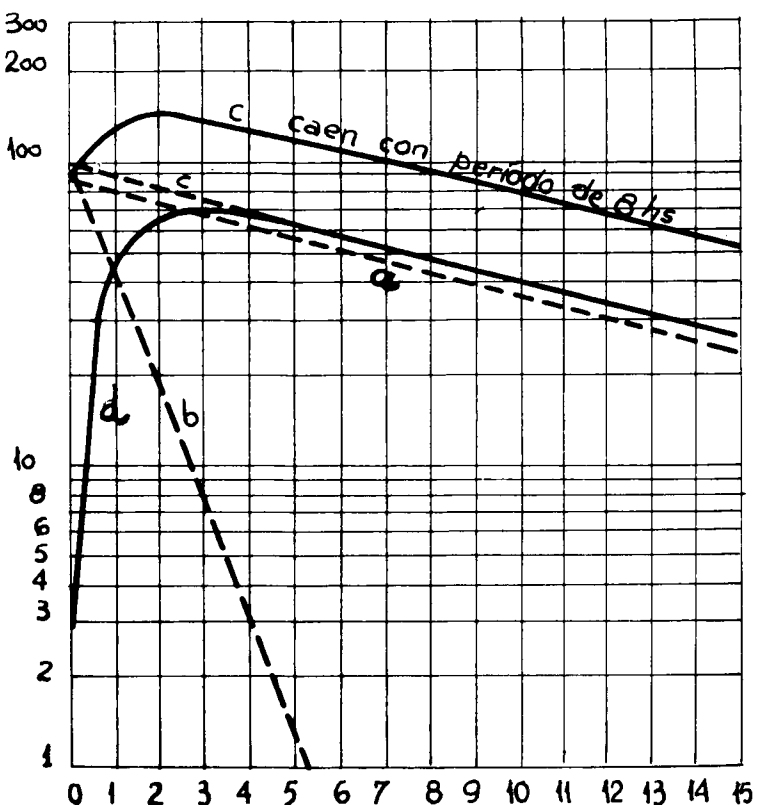


Figura 3

- a) Actividad de la madre -comienza con 90 c/m
- b) Decrecimiento de la hija separada
comienza con $A_2 = A_1 \frac{T_1}{T_1 - T_2} = 90 \frac{8}{8-0,8} \sim 100$ c/m
- c) Actividad total de la hija en la fracción que contiene la madre más la hija. Comienza también con 100 c/m.
- d) Crecimiento de la hija
(obtenida por diferencia c-b)
- e) Curva de la actividad total tomada sobre la fracción que contenía la madre inicialmente purificada (obtenida por suma de a+d)

Caso en que no hay equilibrio

Cuando la madre es de período más corto que la hija, no se alcanza equilibrio en ningún momento $T_1 < T_2$ $\lambda_1 > \lambda_2$

Si se comienza con la madre recién purificada la actividad de la hija comienza a crecer, alcanza un máximo y luego decae con su propio período.

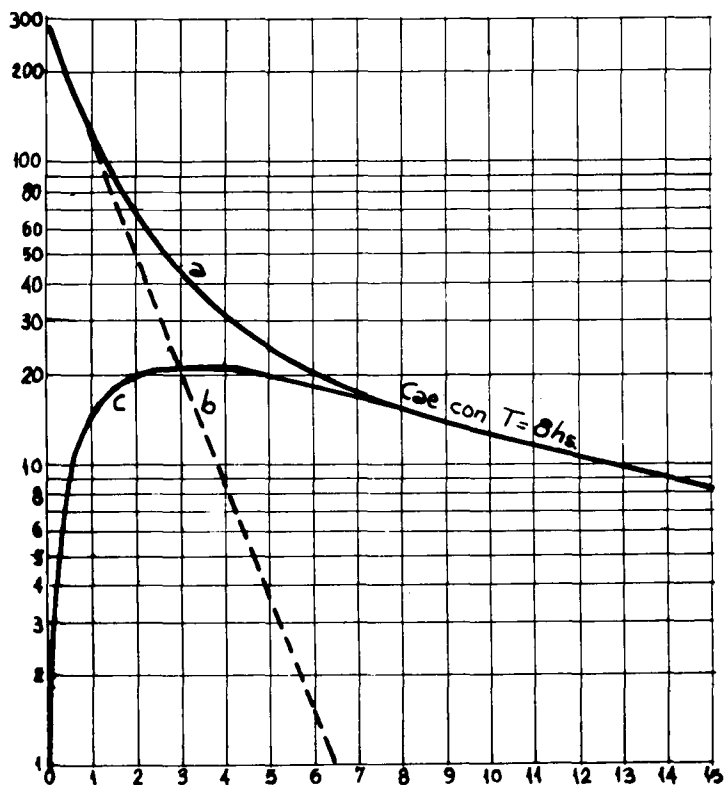


Figura 4

Referencias

- a) Actividad total (b+c)
- b) Actividad debida a la madre ($T_1 = 0,80$ h)
- c) Actividad de la hija en la fracción que contenía la madre purificada al tiempo 0. ($T_2 = 8$ h).

TABLA DE VALORES DE e^{-x}

PARA $0 \leq x \leq 100$

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
0.000	1	5	0.9559975	0.090	0.9139312	5	0.8737159
1	0.9990005	6	50420	1	30177	6	28426
2	80020	7	40874	2	21051	7	19702
3	70045	8	31338	3	11935	8	10987
4	60080	9	21811	4	02828	9	02280
5	50125	0.050	12294	5	0.9093729	0.140	0.8693582
6	40180	1	02787	6	84640	1	84893
7	30244	2	0.9493289	7	75560	2	76213
8	20319	3	83800	8	66489	3	67541
9	10404	4	74321	9	57427	4	58877
0.010	00498	5	64851	0.100	48374	5	50223
1	0.9890603	6	55391	1	39330	6	41577
2	80717	7	45941	2	30296	7	32940
3	70841	8	36499	3	21270	8	24311
4	60975	9	72068	4	12253	9	15691
5	51119	0.060	17645	5	03245	0.150	07080
6	41273	1	08232	6	0.8994246	1	0.8598477
7	31437	2	0.9398829	7	85257	2	89883
8	21610	3	89435	8	76276	3	81297
9	11794	4	80050	9	67304	4	72720
0.020	01997	5	70675	0.110	58341	5	64152
1	0.9792190	6	61309	1	49387	6	55592
2	82402	7	51952	2	40443	7	47041
3	72625	8	42605	3	31507	8	38498
4	62857	9	33267	4	22580	9	29964
5	53099	0.070	23938	5	13661	0.160	21438
6	43351	1	14619	6	04752	1	12921
7	33512	2	05309	7	0.8895852	2	04412
8	23884	3	0.9296008	8	86961	3	0.8495912
9	14165	4	86717	9	78078	4	87420
0.030	04455	5	77435	0.120	69204	5	78937
1	0.9694756	6	68162	1	60340	6	70462
2	85066	7	58899	2	51484	7	61996
3	75386	8	49644	3	42637	8	53538
4	65715	9	40399	4	33798	9	45089
5	56054	0.080	31163	5	24969	0.170	36648
6	46403	1	21937	6	16148	1	28216
7	36761	2	12720	7	07337	2	19792
8	27129	3	03511	8	0.8798534	3	11376
9	17507	4	0.9194313	9	89740	4	02969
0.040	07894	5	85123	0.130	80954	5	0.8394570
1	0.9593291	6	75942	1	72178	6	86180
2	88698	7	66771	2	63410	7	77798
3	79114	8	57609	3	54651	8	69424
4	69540	9	48456	4	45901	9	61059

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
0.180	0.8352702	5	0.7905708	0.290	0.7482636	5	0.7082204
1	44354	6	0.7897807	1	75157	6	75125
2	36013	7	89913	2	67685	7	68053
3	27682	8	82027	3	60221	8	60989
4	19358	9	74149	4	52765	9	53931
5	11043	0.240	66279	5	45316	0.350	46881
6	02736	1	58416	6	37874	1	39838
7	0.8294437	2	50562	7	30440	2	32801
8	86147	3	42715	8	23013	3	25772
9	77865	4	34876	9	15594	4	18750
0.190	69591	5	27045	0.300	08182	5	11734
1	61326	6	19222	1	00778	6	04726
2	53069	7	11407	2	0.7393381	7	0.6997725
3	44820	8	03599	3	85991	8	90731
4	36579	9	0.7795800	4	78609	9	83744
5	28347	0.250	88008	5	71234	0.360	76763
6	20122	1	80224	6	63866	1	69790
7	11906	2	72447	7	56506	2	62824
8	03699	3	64679	8	49153	3	55864
9	0.8195499	4	55918	9	41808	4	48912
0.200	87308	5	49165	0.310	34470	5	41967
1	79124	6	41420	1	27139	6	35023
2	70949	7	33682	2	19815	7	28096
3	62782	8	25952	3	12499	8	21172
4	54624	9	18230	4	05190	9	14254
5	46473	0.260	10516	5	0.7297889	0.370	07343
6	38331	1	02809	6	90595	1	00439
7	30197	2	0.7695110	7	83308	2	0.6873542
8	22070	3	87419	8	76028	3	36652
9	13952	4	79735	9	68755	4	79769
0.210	05842	5	72060	0.320	61490	5	72893
1	0.8097741	6	64391	1	54233	6	66023
2	89647	7	56731	2	46982	7	59161
3	81561	8	49078	3	39739	8	52305
4	73484	9	41433	4	32502	9	45456
5	65414	0.270	33795	5	25274	0.380	38614
6	57353	1	26165	6	18052	1	31779
7	49300	2	18543	7	10837	2	24951
8	41254	3	10928	8	03630	3	18129
9	33217	4	03321	9	0.7196430	4	11314
0.220	25188	5	0.7595721	0.330	89237	5	04506
1	17167	6	83129	1	82052	6	0.6797705
2	09154	7	80545	2	74873	7	90911
3	01148	8	72963	3	67702	8	84123
4	0.7993151	9	65399	4	60538	9	77343
5	85162	0.280	57837	5	53381	0.390	70569
6	77181	1	50283	6	64231	1	63802
7	69208	2	42737	7	39088	2	57041
8	61243	3	35193	8	31953	3	50287
9	53285	4	27666	9	24824	4	43541
0.230	45336	5	20143	0.340	17703	5	36800
1	37395	6	12626	1	10589	6	30067
2	29461	7	05117	2	03482	7	23340
3	21536	8	0.7497616	3	0.7096382	8	16520
4	13618	9	90122	4	89289	9	09907

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
0.400	0.6703200	5	0.6344480	0.510	0.6004956	5	0.5683601
1	0.6696501	6	38138	1	0.5998954	6	77921
2	89807	7	31803	2	92958	7	72246
3	83121	8	25475	3	86968	8	66576
4	76441	9	19152	4	80984	9	60912
5	69768	0.460	12836	5	75006	0.570	55254
6	63102	1	06527	6	69034	1	49602
7	56442	2	00223	7	63068	2	43955
8	49789	3	0.6293926	8	57108	3	38314
9	43142	4	87636	9	51154	4	32679
0.410	36503	5	81351	0.520	45205	5	27049
1	29869	6	75073	1	39263	6	21424
2	23243	7	68801	2	33327	7	15806
3	16623	8	62535	3	27397	8	10193
4	10010	9	56276	4	21472	9	04585
5	03403	0.470	50023	5	15554	0.580	0.5598984
6	0.6596803	1	43776	6	09641	1	93387
7	90209	2	37535	7	03734	2	87797
8	83622	3	31301	8	0.5897834	3	82212
9	77042	4	25073	9	91939	4	76632
0.420	70458	5	18851	0.530	86050	5	71059
1	63901	6	12635	1	80167	6	65490
2	57340	7	06425	2	74289	7	59928
3	50786	8	00222	3	68418	8	54370
4	44239	9	0.6194025	4	62553	9	48819
5	37698	0.480	87834	5	56693	0.590	43273
6	31163	1	81649	6	50839	1	37732
7	24636	2	75471	7	44991	2	32197
8	18114	3	69298	8	39149	3	26668
9	11599	4	63132	9	33313	4	21141
0.430	05091	5	56972	0.540	27483	5	15626
1	0.6498589	6	50818	1	21658	6	10113
2	92094	7	44670	2	15839	7	04605
3	85605	8	38529	3	10026	8	0.5499104
4	79123	9	32393	4	04219	9	93617
5	72647	0.490	26264	5	0.5798418	0.600	88116
6	66177	1	20141	6	92622	1	82631
7	59714	2	14024	7	86833	2	77151
8	53253	3	07913	8	81049	3	71671
9	46803	4	01808	9	75270	4	66208
0.440	40364	5	0.6095709	0.550	69498	5	60744
1	33927	6	89616	1	63731	6	55236
2	27496	7	83530	2	57971	7	49834
3	21072	8	77449	3	52216	8	44387
4	14654	9	71375	4	46466	9	38945
5	08243	0.500	65307	5	40723	0.610	33509
6	01838	1	59244	6	34985	1	28073
7	0.6395439	2	53188	7	29253	2	22653
8	89047	3	47138	8	23526	3	17233
9	82661	4	41094	9	17806	4	11818
0.450	76282	5	35056	0.560	12071	5	06409
1	69908	6	29024	1	06381	6	01005
2	63542	7	22998	2	00678	7	0.5395607
3	57181	8	16978	3	0.5594980	8	90214
4	50827	9	10964	4	89283	9	84827

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
0. 620	0. 5379444	5	0. 5091564	0. 730	0. 4819090	5	0. 4561197
1	74068	6	86475	1	14273	6	56538
2	68696	7	81391	2	09461	7	52084
3	63330	8	76312	3	04654	8	47534
4	57970	9	71239	4	0. 4799852	9	42989
5	52614	0. 680	66170	5	95055	0. 890	38448
6	47264	1	61106	6	90262	1	33912
7	41920	2	56048	7	85474	2	29380
8	36581	3	50994	8	80691	3	24853
9	31247	4	45946	9	75913	4	20330
0. 630	25918	5	40902	0. 740	71139	5	15812
1	20595	6	35864	1	66370	6	11299
2	15277	7	30831	2	61606	7	06790
3	09964	8	25802	3	56847	8	02285
4	04657	9	20779	4	52093	9	0. 4497785
5	0. 5299355	0. 690	15761	5	47343	0. 800	93290
6	94058	1	10747	6	42598	1	88799
7	88767	2	05739	7	37858	2	84312
8	83481	3	00736	8	33122	3	79330
9	78200	4	0. 4995738	9	28392	4	75352
0. 640	72924	5	90744	0. 750	23666	5	70379
1	67654	6	85756	1	18944	6	66411
2	62389	7	80773	2	14228	7	61916
3	57129	8	75795	3	09516	8	57437
4	51875	9	70821	4	04809	9	53031
5	46625	0. 700	65853	5	00106	0. 810	48581
6	41381	1	60890	6	0. 4695408	1	44134
7	36143	2	55931	7	90715	2	39692
8	30909	3	50978	8	86027	3	35255
9	25681	4	46029	9	81343	4	30822
0. 650	20458	5	41086	0. 760	76664	5	26393
1	15240	6	36147	1	71990	6	21969
2	10027	7	31213	2	67320	7	17549
3	04820	8	26285	3	62655	8	13134
4	0. 5199618	9	21361	4	57995	9	08723
5	94421	0. 710	16442	5	53339	0. 820	04317
6	89229	1	11528	6	48688	1	0. 4399914
7	84042	2	06619	7	44042	2	95517
8	78861	3	01715	8	39400	3	91123
9	73684	4	0. 4896815	9	34763	4	86734
0. 660	68513	5	91921	0. 770	30131	5	82350
1	63347	6	87032	1	25503	6	77970
2	58187	7	82147	2	20880	7	73594
3	53031	8	77267	3	16261	8	69223
4	47881	9	72393	4	11647	9	64850
5	42735	0. 720	67523	5	07038	0. 830	60493
6	37595	1	62657	6	02433	1	56135
7	32460	2	57797	7	0. 4597833	2	51731
8	27330	3	52942	8	93237	3	47431
9	22205	4	48091	9	88646	4	43086
0. 670	17086	5	43246	0. 780	84060	5	38745
1	11971	6	38405	1	79478	6	34408
2	06862	7	33569	2	74901	7	30076
3	01758	8	28738	3	70329	8	25748
4	0. 5096658	9	23911	4	65760	9	21424

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
0.840	0.4317105	5	0.4086076	0.950	0.3867410	5	0.3650445
1	12790	6	81992	1	63545	6	56788
2	08480	7	77912	2	59683	7	53133
3	04173	8	73836	3	55825	8	49421
4	0.4299871	9	69764	4	5.971	9	45834
5	95574	0.900	65697	5	48121	1.010	42190
6	91280	1	61633	6	44275	1	38549
7	86991	2	57573	7	40433	2	34913
8	82706	3	53518	8	36594	3	31280
9	78426	4	49465	9	32760	0	27650
0.850	74149	5	45419	0.960	28929	5	2402
1	69877	6	41375	1	25102	6	20402
2	65610	7	47336	2	21279	7	16783
3	61346	8	33301	3	17459	8	13169
4	57087	9	29269	4	13644	9	09557
5	52832	0.910	25242	5	09832	1.020	05949
6	48531	1	21219	6	06024	1	02345
7	44335	2	17200	7	02220	2	0.3598745
8	40093	3	13185	8	0.3798420	3	95148
9	35855	4	09173	9	94623	4	91554
0.860	31621	5	05166	0.970	90830	5	87965
1	27391	6	01163	1	87041	6	84378
2	23166	7	0.3997164	2	83256	7	80796
3	18945	8	93169	3	79475	8	77217
4	14728	9	89178	4	75697	9	73641
5	10516	0.920	85190	5	71924	1.030	70070
6	05307	1	81207	6	68153	1	66501
7	02103	2	77228	7	64387	2	62937
8	0.4197903	3	73253	8	60625	3	59375
9	93707	4	69281	9	56866	4	5588
0.870	89515	5	65314	0.980	53111	5	2.64
1	85328	6	61351	1	49360	6	48.13
2	81145	7	57391	2	45612	7	45.66
3	76966	8	53436	3	41869	8	42.23
4	72791	9	49485	4	38129	9	38033
5	68620	0.930	45537	5	34392	1.040	34.47
6	64454	1	41594	6	30660	1	3.014
7	60291	2	37654	7	26931	2	27485
8	56133	3	33718	8	23206	3	23.52
9	51979	4	29786	9	19485	4	20.37
0.880	47829	5	25859	0.990	15767	5	169.8
1	43683	6	21935	1	12053	6	13.03
2	39542	7	18015	2	08343	7	09821
3	35404	8	14099	3	04636	8	06383
4	31271	9	10187	4	00934	9	02879
5	27142	0.940	06278	5	0.3697234	1.050	0.3499377
6	23017	1	02374	6	93539	1	95880
7	18875	2	0.3898474	7	89847	2	92386
8	14779	3	94577	8	86159	3	88895
9	10666	4	90684	9	82475	4	85408
0.890	06558	5	86796	1.000	0.3678794	5	81924
1	02453	6	82911	1	75117	6	78444
2	0.4098353	7	79030	2	71444	7	74967
3	94256	8	75152	3	67775	8	7.494
4	90164	9	71280	4	64109	9	68024

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
1. 060	0. 3464558	5	0. 3279153	1. 170	0. 3103669	5	0. 2937577
1	61095	6	75875	1	00567	6	34641
2	57636	7	72601	2	0. 3097468	7	31708
3	54180	8	69330	3	94372	8	28777
4	50728	9	66062	4	91280	9	25850
5	47279	1. 120	62798	5	88190	1. 230	22926
6	43833	1	59537	6	85103	1	20004
7	40391	2	56279	7	82020	2	17086
8	36952	3	53024	8	78939	3	14170
9	33517	4	49773	9	75862	4	11257
1. 070	30085	5	46525	1. 180	72787	5	08348
1	26657	6	43280	1	69716	6	05441
2	23232	7	40038	2	66648	7	02537
3	19810	8	36800	3	63583	8	0. 2899636
4	16392	9	33565	4	60521	9	96737
5	12978	1. 130	30333	5	57462	1. 240	93942
6	09566	1	27104	6	54406	1	90950
7	06158	2	23878	7	51353	2	88060
8	02754	3	20656	8	48303	3	85174
9	0. 3399363	4	17437	9	45256	4	82290
1. 080	95955	5	14221	1. 190	42213	5	79409
1	92561	6	11009	1	39172	6	76531
2	89170	7	07799	2	36134	7	73656
3	85783	8	04593	3	33100	8	70784
4	82399	9	01390	4	30068	9	67914
5	79018	1. 140	0. 3198190	5	27040	1. 250	65048
6	75641	1	94994	6	24014	1	62184
7	72267	2	91800	7	20992	2	59324
8	68896	3	88610	8	17972	3	56466
9	65529	4	85423	9	14956	4	53611
1. 090	62165	5	82239	1. 200	11942	5	50758
1	58304	6	79059	1	08932	6	47909
2	55447	7	75881	2	05924	7	45053
3	52094	8	72707	3	02920	8	42219
4	48743	9	69536	4	0. 2999918	9	39378
5	45396	1. 150	66368	5	96920	1. 260	36540
6	42052	1	63203	6	93925	1	33705
7	38712	2	60041	7	90932	2	30873
8	35375	3	56883	8	87943	3	28043
9	32041	4	53723	9	84955	4	25217
1. 100	28711	5	50575	1. 210	81973	5	22393
1	25384	6	47426	1	78992	6	19572
2	22060	7	44281	2	76015	7	16754
3	18740	8	41138	3	73040	8	13933
4	15423	9	37998	4	70069	9	11126
5	12109	1. 160	34862	5	67100	1. 270	08316
6	08798	1	31729	6	64135	1	05509
7	05491	2	28598	7	61172	2	02705
8	02187	3	25471	8	58212	3	0. 2799904
9	0. 3298887	4	22347	9	55255	4	97105
1. 110	95590	5	19227	1. 220	52302	5	94310
1	92296	6	16109	1	49351	6	91517
2	89005	7	12994	2	46403	7	88727
3	85718	8	09883	3	43458	8	85939
4	82434	9	06775	4	40516	9	83155

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
1. 280	0. 2780373	5	0. 2631582	1. 390	0. 2490753	5	0. 2357461
1	77594	6	28951	1	88264	6	55104
2	74818	7	26324	2	85777	7	52751
3	72044	8	23699	3	83292	8	50399
4	69274	9	21076	4	80810	9	48050
5	66506	1. 340	18457	5	78330	1. 450	45703
6	63741	1	15840	6	75853	1	43358
7	60978	2	13225	7	73379	2	41016
8	58219	3	10613	8	70907	3	38676
9	55462	4	08004	9	68437	4	36339
1. 290	52708	5	05397	1. 400	65970	5	34004
1	49956	6	02793	1	63505	6	31671
2	47208	7	00191	2	61043	7	29340
3	44462	8	0. 2597593	3	58583	8	27012
4	41719	9	94996	4	56125	9	24686
5	38979	1. 350	0. 2592403	5	53671	1. 460	22363
6	36241	1	89812	6	51218	1	20042
7	33506	2	87223	7	48768	2	17723
8	30774	3	84637	8	46321	3	15406
9	28045	4	82054	9	43875	4	13092
1. 300	25318	5	79473	1. 410	41433	5	10780
1	22594	6	76895	1	38993	6	08470
2	19873	7	74319	2	36555	7	06163
3	17154	8	71746	3	34120	8	03853
4	14438	9	69176	4	31687	9	01555
5	11725	1. 360	66608	5	29255	1. 470	0. 2299255
6	09015	1	64042	6	26828	1	96957
7	06307	2	61480	7	24402	2	94661
8	03602	3	58919	8	21979	3	92367
9	00900	4	56362	9	19559	4	90076
1. 310	0. 2698201	5	53807	1. 420	17140	5	87787
1	95504	6	51254	1	14724	6	85501
2	92810	7	48704	2	12311	7	83216
3	90118	8	46157	3	09900	8	80934
4	87429	9	43612	4	07491	9	78654
5	84743	1. 370	41070	5	05085	1. 480	76377
6	82060	1	38530	6	02681	1	74102
7	79379	2	35993	7	00279	2	71829
8	76701	3	33458	8	0. 2397880	3	69558
9	74026	4	30926	9	95484	4	67290
1. 320	71353	5	28396	1. 430	93089	5	65023
1	68683	6	25869	1	90697	6	62760
2	66016	7	23344	2	88308	7	60498
3	63351	8	20822	3	85921	8	58239
4	60689	9	18303	4	83536	9	55981
5	58030	1. 380	15786	5	81154	1. 490	53727
6	55373	1	13271	6	78774	1	51474
7	52719	2	10759	7	76396	2	49224
8	50067	3	08249	8	74021	3	46976
9	47419	4	05742	9	71648	4	44730
1. 330	44773	5	03238	1. 440	69278	5	42486
1	42129	6	00736	1	66909	6	40245
2	39488	7	0. 2498237	2	64544	7	38006
3	36850	8	95740	3	62180	8	35769
4	34215	9	93245	4	59819	9	33534

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
1.500	0.2231302	5	0.2111894	1.70	0.1826835	5	0.1053992
1	29071	6	09733	1	08553	6	43505
2	26843	7	07674	2	0.1790651	7	33122
3	24618	8	05568	3	72344	8	22842
4	22394	9	03453	4	55204	9	12665
5	20173	1.560	01361	5	37739	2.30	02533
6	17954	1	0.2099260	6	20449	1	0.0992613
7	15737	2	97162	7	03330	2	87735
8	13522	3	95056	8	0.1686381	3	72957
9	11310	4	92972	9	69602	4	63276
1.510	09100	5	90830	1.80	52989	5	53692
1	06892	6	88790	1	36541	6	44202
2	04686	7	86703	2	20258	7	34807
3	02482	8	84617	3	04136	8	25506
4	00281	9	82533	4	0.1583174	9	16297
5	0.2198082	1.570	80452	5	72372	2.40	07189
6	95885	1	78372	6	56726	1	0.0898154
7	93690	2	76295	7	41237	2	89215
8	91497	3	74220	8	25901	3	80353
9	89307	4	72147	9	10718	4	71602
1.520	87119	5	70076	1.90	0.1495686	5	62934
1	84933	6	68006	1	80804	6	54350
2	82749	7	65940	2	66070	7	45842
3	80567	8	63875	3	51482	8	37432
4	78388	9	61812	4	37039	9	29100
5	76211	1.580	59751	5	22741	2.50	20850
6	74035	1	57692	6	08584	1	12692
7	71862	2	55636	7	0.1394569	2	04595
8	69692	3	53581	8	80692	3	0.0796590
9	67523	4	51528	9	66954	4	88554
1.530	65357	5	49478	2.00	0.1353353	5	80817
1	63192	6	47429	1	39887	6	73047
2	61030	7	45383	2	26555	7	65355
3	58870	8	43339	3	13355	8	57740
4	56713	9	41296	4	00287	9	50200
5	54557	1.590	39256	5	0.1287349	2.60	42736
6	52403	1	37218	6	74540	1	35345
7	50252	2	35182	7	61858	2	28029
8	48103	3	33148	8	49302	3	20785
9	45956	4	31115	9	36871	4	13513
1.540	43811	5	29035	2.10	24564	5	06512
1	41668	6	27057	1	12380	6	0.0699482
2	39528	7	25031	2	00316	7	92522
3	37389	8	23007	3	0.1183373	8	85632
4	35253	9	20985	4	76543	9	78802
5	3311	1.60	18965	5	64842	2.70	72055
6	30987	1	0.1998876	6	53251	1	65368
7	28857	2	78937	7	41776	2	58748
8	26729	3	59296	8	30415	3	52193
9	24603	4	39801	9	19167	4	45703
1.550	22480	5	20499	2.20	08032	5	39279
1	20358	6	01390	1	0.1097006	6	32918
2	18239	7	0.1882471	2	86091	7	26620
3	16122	8	63740	3	75284	8	20385
4	14007	9	45195	4	64585	9	14212

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
2.80	0.0608101	5	0.0350844	3.90	0.0202419	5	0.0116786
1	02050	6	47353	1	00405	6	5524
2	0.0596059	7	43896	2	0.0198411	7	4473
3	90129	8	40475	3	96437	8	3334
4	84257	9	37087	4	94432	9	2205
5	78443	3.40	33733	5	92547	4.50	1090
6	72688	1	34012	6	90631	1	0.0109935
7	66989	2	27124	7	88734	2	8390
8	61348	3	23869	8	86855	3	7307
9	55762	4	20547	9	84997	4	6734
2.90	50232	5	17456	4.00	0.0183156	5	5572
1	44757	6	14298	1	1334	6	4521
2	39337	7	11170	2	0.0179530	7	3530
3	33970	8	08074	3	7743	8	2549
4	28657	9	05009	4	5975	9	1529
5	23397	3.50	01974	5	4224	4.60	0518
6	18189	1	0.0293969	6	2490	1	0.0099513
7	13033	2	95994	7	0774	2	8523
8	07228	3	93049	8	0.0169075	3	7548
9	02874	4	90133	9	7392	4	6577
3.00	0.0497871	5	87246	4.10	5727	5	5515
1	92917	6	84383	1	4078	6	4665
2	88012	7	81559	2	2445	7	3723
3	83156	8	78757	3	0829	8	2790
4	78349	9	75983	4	0.0159229	9	1857
5	75389	3.60	73237	5	7644	4.70	0953
6	68877	1	70518	6	6076	1	0048
7	64212	2	67827	7	4523	2	0.0089152
8	59593	3	65162	8	2985	3	8265
9	55020	4	62523	9	1463	4	7385
3.10	50492	5	59911	4.20	0.0149955	5	6517
1	46010	6	57325	1	8464	6	5655
2	41572	7	54765	2	6985	7	4804
3	37178	8	52230	3	5524	8	3960
4	32828	9	49720	4	4076	9	3125
5	28521	3.70	47235	5	2642	4.80	2297
6	24257	1	44775	6	1223	1	1477
7	20036	2	42340	7	0.0139818	2	0663
8	15857	3	39928	8	8427	3	0.0079855
9	11719	4	37541	9	7049	4	9071
3.20	07622	5	35177	4.30	5686	5	8234
1	03565	6	32837	1	4335	6	7505
2	0.0399551	7	30521	2	2999	7	6734
3	95575	8	28227	3	1675	8	5970
4	91639	9	25956	4	0365	9	5214
5	87742	3.80	23708	5	0.0129068	4.90	4465
6	83894	1	21432	6	7784	1	3725
7	80064	2	19278	7	6512	2	2991
8	76283	3	17096	8	5254	3	2265
9	72538	4	14936	9	4007	4	1545
3.30	68832	5	12797	4.40	2773	5	0834
1	65162	6	10630	1	1552	6	0129
2	61528	7	08584	2	0342	7	0.0069431
3	57931	8	06503	3	0.0119145	8	8741
4	54370	9	04453	4	7959	9	8057

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
5.0	0.0067379	5	0.0002035	30	¹³ 0.093576	5	²⁵ 0.000059
1	60967	6	1841	1	34424	6	00022
2	55166	7	1666	2	12664	7	00008
3	49916	8	1507	3	04658	8	00003
4	45166	9	1364	4	01715	9	00001
5	40868	9.0	0.0001234	5	¹⁵ 0.063051	70	²⁹ 0.039754
6	36979	1	1117	6	23195	1	14625
7	33460	2	1010	7	08533	2	05380
8	30276	3	0914	8	03139	3	01979
9	27394	4	0827	9	01154	4	00728
6.0	0.0024783	5	0749	40	¹⁵ 0.000424835	5	³⁰ 0.000268
1	22429	6	0677	1	00156882	6	00099
2	20294	7	0613	2	00057495	7	00036
3	18363	8	0555	3	00021151	8	00013
4	16616	9	0.0000502	4	00007781	9	00005
5	15034	10	0.0453998	5	¹⁵ 0.000002862	80	³⁴ 0.018048
6	13604	1	167017	6	00001053	1	06639
7	12309	2	061442	7	00000387	2	02442
8	11138	3	022603	8	00000142	3	00898
9	10078	4	008315	9	00000052	4	00330
7.0	0.0009119	5	⁵ 0.0027255	50	²⁰ 0.001928749	5	³⁵ 0.001216
1	8251	6	011253	1	00709547	6	00447
2	7466	7	004139	2	00261027	7	00165
3	6755	8	001522	3	00096026	8	00061
4	6113	9	000560	4	00035326	9	00022
5	5531	20	⁸ 0.020612	5	²⁰ 0.000012995	90	³⁹ 0.081940
6	5005	1	07582	6	00004780	1	30144
7	4528	2	02789	7	00001758	2	11089
8	4097	3	01026	8	00000647	3	04079
9	3707	4	00377	9	00000238	4	01500
8.0	0.0003355	5	¹⁰ 0.013887	60	²⁵ 0.008757	5	⁴⁰ 0.005521
1	3035	6	05109	1	03221	6	02031
2	2747	7	01879	2	01185	7	00747
3	2485	8	00691	3	00436	8	00275
4	2249	9	00254	4	00160	9	00101
						100	⁴⁰ 0.000037

TABLA DE LAS FUNCIONES $e^{-\lambda t}$ y $(1-e^{-\lambda t})$

$t/t_{\frac{1}{2}}$	$(e^{-\lambda t\%})$	$(1-e^{-\lambda t\%})$	$t/t_{\frac{1}{2}}$	$(e^{-\lambda t\%})$	$(1-e^{-\lambda t\%})$	$t/t_{\frac{1}{2}}$	$(e^{-\lambda t\%})$	$(1-e^{-\lambda t\%})$
0,00	100,00	0,00	0,40	75,79	24,21	0,79	57,84	42,16
0,01	99,31	0,69	0,41	75,26	24,74	0,80	57,44	42,56
0,02	98,62	1,38	0,42	74,74	25,26	0,81	57,04	42,96
0,03	97,94	2,06	0,43	74,23	25,77	0,82	56,64	43,36
0,04	97,26	2,74	0,44	73,71	26,29	0,83	56,25	43,75
0,05	96,59	3,41	0,45	73,20	26,80	0,84	55,86	44,16
0,06	95,93	4,07	0,46	72,70	27,30	0,85	55,48	44,52
0,07	95,26	4,74	0,47	72,20	27,80	0,86	55,09	44,91
0,08	94,61	5,39	0,48	71,70	28,30	0,87	54,71	45,29
0,09	93,95	6,05	0,49	71,20	28,80	0,88	54,34	45,66
0,10	93,30	6,70	0,50	70,71	29,29	0,89	53,96	46,04
0,11	92,66	7,34	0,51	70,22	29,78	0,90	53,59	46,41
0,12	92,02	7,98	0,52	69,74	30,26	0,92	52,85	47,15
0,13	91,38	8,62	0,53	69,26	30,74	0,93	52,49	47,51
0,14	90,75	9,25	0,54	68,78	31,22	0,94	52,12	47,88
0,15	90,13	9,87	0,55	68,30	31,70	0,95	51,76	48,24
0,16	89,50	10,50	0,56	67,83	32,17	0,96	51,41	48,59
0,17	88,88	11,12	0,57	67,36	32,64	0,97	51,05	48,95
0,18	88,27	11,73	0,58	66,90	33,10	0,98	50,70	49,30
0,19	87,66	12,34	0,59	66,43	33,57	0,99	50,35	49,65
0,20	87,05	12,95	0,60	65,97	34,03	1,00	50,00	50,00
0,21	86,45	13,55	0,61	65,52	34,48	1,02	49,31	50,69
0,22	85,86	14,14	0,62	65,07	34,93	1,04	48,63	51,37
0,23	85,26	14,74	0,63	64,62	35,38	1,06	47,96	52,04
0,24	84,67	15,33	0,64	64,17	35,83	1,08	47,30	52,70
0,25	84,09	15,91	0,65	63,73	36,37	1,10	46,65	53,35
0,26	83,51	16,49	0,66	63,29	36,71	1,12	46,01	53,99
0,27	82,93	17,07	0,67	62,85	37,15	1,14	45,38	54,62
0,28	82,36	17,64	0,68	62,42	37,58	1,16	44,75	55,25
0,29	81,79	18,21	0,69	61,99	38,01	1,18	44,13	55,87
0,30	81,22	18,78	0,70	61,56	38,44	1,20	43,53	56,47
0,31	80,66	19,34	0,71	61,13	38,87	1,22	42,93	57,07
0,32	80,11	19,89	0,72	60,71	39,29	1,24	42,34	57,66
0,33	79,55	20,45	0,73	60,29	39,71	1,26	41,75	58,25
0,34	79,00	21,00	0,74	59,87	40,13	1,28	41,18	58,82
0,35	78,46	21,54	0,75	59,46	40,54	1,30	40,61	59,39
0,36	77,92	22,08	0,76	59,05	40,95	1,32	40,05	59,95
0,37	77,38	22,62	0,77	58,64	41,36	1,34	39,50	60,50
0,38	76,31	23,16	0,78	58,24	41,76	1,36	38,96	61,04

$t/t_{\frac{1}{2}} \left(e^{-\lambda t} \right) \left(1 - e^{-\lambda t} \right)$
 $t/t_{\frac{1}{2}} \left(e^{-\lambda t} \right) \left(1 - e^{-\lambda t} \right)$
 $t/t_{\frac{1}{2}} \left(e^{-\lambda t} \right) \left(1 - e^{-\lambda t} \right)$

1,38	38,42	61,58	2,14	22,69	77,31	2,82	14,16	85,84
1,40	37,89	62,11	2,15	22,53	77,47	2,84	13,97	86,03
1,42	37,37	62,63	2,16	22,38	77,62	2,85	13,87	86,13
1,44	36,85	63,15	2,18	22,07	77,93	2,86	13,77	86,23
1,46	36,35	63,65	2,20	21,76	78,24	2,88	13,58	86,42
1,48	35,85	64,15	2,22	21,46	78,54	2,90	13,40	86,60
1,50	35,36	64,64	2,24	21,17	78,83	2,92	13,21	86,79
1,52	34,87	65,13	2,25	21,02	78,98	2,94	13,03	86,97
1,54	34,39	65,61	2,26	20,88	79,12	2,95	12,94	87,06
1,56	33,91	66,09	2,28	20,59	79,41	2,96	12,85	87,15
1,58	33,45	66,55	2,30	20,31	79,69	2,98	12,67	87,33
1,60	32,99	67,01	2,32	20,03	79,97	3,00	12,50	87,50
1,62	32,53	67,47	2,34	19,75	80,25	3,05	12,07	87,93
1,64	32,09	67,91	2,35	19,61	80,39	3,10	11,66	88,34
1,66	31,64	68,36	2,36	19,48	80,52	3,15	11,27	88,73
1,68	31,21	68,79	2,38	19,21	80,79	3,20	10,88	89,12
1,70	30,78	69,22	2,40	18,95	81,05	3,25	10,51	89,49
1,72	30,35	69,65	2,42	18,69	81,31	3,30	10,15	89,85
1,74	29,94	70,06	2,44	18,43	81,57	3,35	9,81	90,19
1,75	29,73	70,27	2,45	18,30	81,70	3,40	9,48	90,52
1,76	29,53	70,47	2,46	18,17	81,83	3,45	9,15	90,85
1,78	29,12	70,88	2,48	17,92	82,08	3,50	8,84	91,16
1,80	28,72	71,28	2,50	17,68	82,32	3,55	8,54	91,46
1,82	28,32	71,68	2,52	17,44	82,56	3,60	8,25	91,75
1,84	27,93	72,07	2,54	17,19	82,81	3,65	7,97	92,03
1,86	27,55	72,45	2,55	17,08	82,92	3,70	7,70	92,30
1,88	27,17	72,83	2,56	16,96	83,04	3,75	7,43	92,57
1,90	26,79	73,21	2,58	16,73	83,27	3,80	7,18	92,82
1,92	26,43	73,57	2,60	16,49	83,51	3,85	6,93	93,07
1,94	26,06	73,94	2,62	16,27	83,73	3,90	6,70	93,30
1,95	25,88	74,12	2,64	16,04	83,96	3,95	6,47	93,53
1,96	25,70	74,30	2,65	15,93	84,07	4,00	6,25	93,75
1,98	25,35	74,65	2,66	15,82	84,18	4,10	5,83	94,16
2,00	25,00	75,00	2,68	15,60	84,40	4,20	5,44	94,56
2,02	24,66	75,34	2,70	15,39	84,61	4,30	5,08	94,92
2,04	24,32	75,68	2,72	15,18	84,82	4,40	4,74	95,26
2,05	24,15	75,85	2,74	14,97	85,03	4,50	4,42	95,58
2,06	23,98	76,02	2,75	14,87	85,13	4,60	4,12	95,88
2,08	23,65	76,35	2,76	14,76	85,24	4,70	3,85	96,15
2,10	23,33	76,67	2,78	14,56	85,44	4,80	3,59	96,41
2,12	23,00	77,00	2,80	14,36	85,64	4,90	3,35	96,65

$t/t_{\frac{1}{2}}$	$(e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}})$	$(1-e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}})$	$t/t_{\frac{1}{2}}$	$(e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}})$	$(1-e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}})$	$t/t_{\frac{1}{2}}$	$(e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}})$	$(1-e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}})$
5,00	3,12	96,88	6,40	1,18	98,82	8,80	0,22	99,78
5,10	2,92	97,08	6,60	1,03	98,97	9,00	0,20	99,80
5,20	2,72	97,28	6,80	0,90	99,10	9,20	0,17	99,83
5,30	2,54	97,46	7,00	0,78	99,22	9,40	0,15	99,85
5,40	2,37	97,63	7,20	0,68	99,32	9,60	0,13	99,87
5,50	2,21	97,79	7,40	0,59	99,41	9,80	0,11	99,89
5,60	2,06	97,94	7,60	0,52	99,48	10,00	0,10	99,90
5,70	1,92	98,08	7,80	0,45	99,55	10,50	0,07	99,93
5,80	1,79	98,21	8,00	0,39	99,61	11,00	0,05	99,95
5,90	1,67	98,33	8,20	0,34	99,66	11,50	0,04	99,96
6,00	1,56	98,44	8,40	0,30	99,70	12,00	0,02	99,98
6,20	1,36	98,64	8,60	0,26	99,74	13,00	0,01	99,99