

El desfile dorado de los faraones

■ Ángel Lucas de la Cruz
Colegio San Gabriel (Viladecans, Barcelona)

- ① 1º - 2º ESO
- ② 3º - 4º ESO
- ③ 1º - 2º BACH.

Esta actividad está dirigida a alumnos de 2º de Bachillerato con la finalidad de relacionar e interpretar una parte de la física nuclear con las funciones exponenciales.

Su propósito es consolidar el uso de la notación científica y la interpretación de la gráfica de la función exponencial gracias al código QR.



CONTEXTO

El 3 de abril de 2021 los egipcios presenciaron un desfile de los antiguos gobernantes de su país. Por las calles de El Cairo (Egipto) desfilaron 22 momias, 18 reyes y 4 reinas que fueron transportadas desde el Museo Egipcio al nuevo Museo Nacional de la Civilización Egipcia. Se siguió un orden cronológico de reinados, se empezó por el gobernante de la dinastía XVII, Seqenenre Taa II, hasta Ramsés IX, que reinó en el siglo XII a.C.



¿SABÍAS QUÉ...?

¿Cómo saben los científicos la antigüedad de un objeto o de unos restos biológicos? ¿Qué métodos utilizan y cómo funcionan?

MÉTODO POR CARBONO 14 (^{14}C)

La datación por ^{14}C es una forma de determinar la edad de ciertos restos arqueológicos de origen biológico hasta alrededor de unos 60 000 años de antigüedad. Se utiliza para fechar huesos, telas, madera, fibras, ... momias, de un pasado relativamente reciente. Este método se basa en una serie de principios, de los cuales destacan:

- 1 Los seres vivos contienen una proporción constante $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ (1 a 1 billón).
- 2 En el momento de la muerte de un organismo, la relación $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ comenzará a cambiar. La cantidad de ^{12}C permanecerá constante, pero la cantidad de ^{14}C disminuirá.
- 3 Para datar un fósil los científicos se basan en el cambio que se produce en la proporción $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$.



ACTIVIDAD

Una muestra de un organismo presenta, en el momento de morir, una actividad radiactiva de 0,25 Bq (bequerelios), correspondiente al isótopo ^{14}C . Se sabe que dicho isótopo tiene un período de semidesintegración de 5 730 años:

1. ¿Cuál es el valor de la constante radiactiva del isótopo de ^{14}C ?
2. ¿Cuál es el número de núcleos de ^{14}C de la muestra?
3. ¿Cuál es la representación gráfica de la desintegración del átomo de ^{14}C ?
4. ¿Qué edad tenía una de las momias trasladadas con una actividad en el ^{14}C de 0,163 Bq?

1 año = 365 días
1Bq = 1 desintegración / s

Formulario

Función de desintegración natural de los núcleos: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

$N(t)$ = número de núcleos que quedan transcurrido un tiempo t .
 N_0 = cantidad inicial de núcleos.
 λ = constante radiactiva (o de semidesintegración) (propiedad característica de cada sustancia).

Período de semidesintegración: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
Tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los núcleos iniciales.

Actividad radiactiva: $A = \lambda \cdot N$

Es la velocidad de desintegración, el número de núcleos que desaparecen por unidad de tiempo.

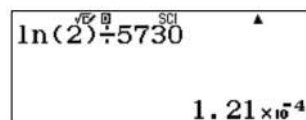
SOLUCIÓN

1. Se configura la calculadora para trabajar en notación científica con 3 cifras:

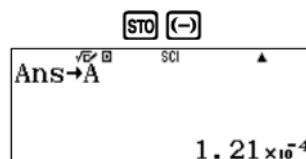
SHIFT MENU 3	2	3
1:Entrada/Salida 2:Unidad angular 3:Formato número 4: Símb ingeniería	1:Fijar decimales 2:Not científica 3:Normal	1:Fijar decimales 2:Not científica 3:Normal Cientif:Selec 0~9

La constante radiactiva del ^{14}C es $1,21 \cdot 10^{-4}$ años $^{-1}$:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$



Se introduce en la memoria A este resultado para utilizarlo en otros apartados de la actividad:



2. A partir de la ecuación $A=\lambda \cdot N$, se obtiene el número de núcleos que se pide. Para que exista coherencia en las unidades, se convierten las unidades de λ a segundos⁻¹:

ALPHA (←) =

A 1.21×10^{-4}	$Ans \times \frac{1}{365} \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{3600}$ 3.84×10^{-12}
----------------------------------	--

En la muestra hay $6,52 \cdot 10^{10}$ núcleos de ^{14}C :

$$N = \frac{A}{\lambda}$$

0.25

Ans

6.52×10^{10}

Este valor se guarda en la memoria B para utilizarlo en posteriores apartados:

STO B

Ans → B

6.52×10^{10}

3. Se crea una tabla de valores de la función exponencial de la desintegración natural de los isotopos del ^{14}C utilizando los valores almacenados en las memorias A y B:

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

SHIFT STO

A=1.20968×10 ⁻⁴	B=6.5174×10 ¹⁰
C=0	D=0
E=0	F=0
M=0	X=0
Y=0	

En el menú **Tabla** se escribe la función y el rango deseado:

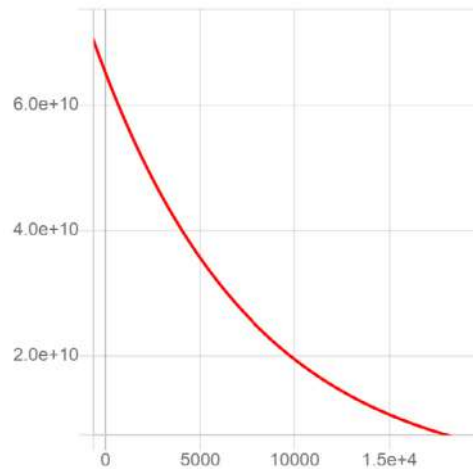
$f(x) = B \times e^{-(A \times x)}$	Rango tabla Inic.: 0 Final: 9000 Paso : 500
-------------------------------------	--

<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th>x</th><th>f(x)</th></tr> <tr><td>0</td><td>6×10^{10}</td></tr> <tr><td>500</td><td>6×10^{10}</td></tr> <tr><td>1000</td><td>5×10^{10}</td></tr> <tr><td>1500</td><td>4×10^{10}</td></tr> </table> 5.44×10^{10}	x	f(x)	0	6×10^{10}	500	6×10^{10}	1000	5×10^{10}	1500	4×10^{10}	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th>x</th><th>f(x)</th></tr> <tr><td>10</td><td>4500</td></tr> <tr><td>11</td><td>5000</td></tr> <tr><td>12</td><td>5500</td></tr> <tr><td>13</td><td>6000</td></tr> </table> 3.78×10^{10}	x	f(x)	10	4500	11	5000	12	5500	13	6000	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th>x</th><th>f(x)</th></tr> <tr><td>16</td><td>7500</td></tr> <tr><td>17</td><td>8000</td></tr> <tr><td>18</td><td>8500</td></tr> <tr><td>19</td><td>9000</td></tr> </table> 2.19×10^{10}	x	f(x)	16	7500	17	8000	18	8500	19	9000
x	f(x)																															
0	6×10^{10}																															
500	6×10^{10}																															
1000	5×10^{10}																															
1500	4×10^{10}																															
x	f(x)																															
10	4500																															
11	5000																															
12	5500																															
13	6000																															
x	f(x)																															
16	7500																															
17	8000																															
18	8500																															
19	9000																															





Para visualizar la gráfica de la función se genera el código QR pulsando **(SHIFT)** **(OPTN)** :



Se observa que a medida que pasa el tiempo, la cantidad de isótopos de ^{14}C en un organismo disminuye y tiende a cero.

4. La momia trasladada tiene una actividad radiactiva en el ^{14}C de 0,163 Bq, por lo que hay $4,25 \cdot 10^{10}$ núcleos de ^{14}C presentes en estos restos:

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> A <div style="text-align: right;"> 1.21×10^{-4} </div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $\text{Ans} \times \frac{1}{365} \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{3600}$ <div style="text-align: right;"> 3.84×10^{-12} </div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $\frac{0.163}{\text{Ans}}$ <div style="text-align: right;"> 4.25×10^{10} </div> </div>
--	--	--

Se introduce el resultado en la memoria C para utilizarlo en el siguiente cálculo:

√E[□] SCI ▲
Ans→C

4.25×10^{10}

Con este número de átomos, se utiliza la ecuación de desintegración para encontrar la edad de la momia. Despejando el tiempo (en años):

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{-\lambda}$$

Antes de realizar este cálculo, se configura de nuevo la calculadora para que no esté en notación científica:

	3	2
1:Entrada/Salida 2:Unidad angular 3:Formato número 4:Simb ingeniería	1:Fijar decimales 2:Not científica 3:Normal	1:Fijar decimales 2:Not científica 3:Normal Normal:Selec 1~2
<div style="text-align: right;"> √E[□] SCI ▲ $\frac{\ln\left(\frac{C}{B}\right)}{-A}$ 3535.731627 </div>		

La momia data aproximadamente de una antigüedad de 3 535 años.