

Planteamiento

Se encuadra dentro del bloque de física moderna de Física de 2º de Bachillerato, asociado al bloque de física nuclear, con desintegración radiactiva. La idea del problema me vino de Luis Alfonso Gámez en twitter <https://twitter.com/lagamez/status/584030727865561088> donde se cita este artículo suyo <http://magonia.com/2003/11/16/la-cruzada-la-sabana-santa/> que a su vez cita <http://www.shroud.com/nature.htm> con datos. Creo que los problemas de desintegración de PAU Madrid son simples, y este problema aporta también una visión histórica sobre un tema que puede suele llevar asociada desinformación. Además me parece interesante ver el tema del tipo de prueba a ciegas para validación múltiple y cruzada evitando dudas, datación por espectroscopía para usar poca muestra, e incluso la visión cultural de citar varios elementos históricos de varias fechas. También se puede citar el tema de que las fechas son antes de 1950, ya que los ensayos nucleares afectaron a la cantidad de C-14. Creo que aporta una visión científica de un tema controvertido, y creo que permite tener ideas claras a los alumnos de cómo hacer una afirmación científica a prueba de dudas, y por supuesto que tengan claro que la sábana santa es un timo.

También sirve para usar en física el mol, viendo que hay temas comunes a física y química, no exclusivos de física o exclusivos de química: el concepto de mol se suele asociar a química, pero se puede manejar el mol hablando de fotones, átomos y electrones, y puede aplicar a física.

Otras referencias:

<http://naukas.com/2010/10/18/el-carbono-14-para-torpes/>

Enunciado

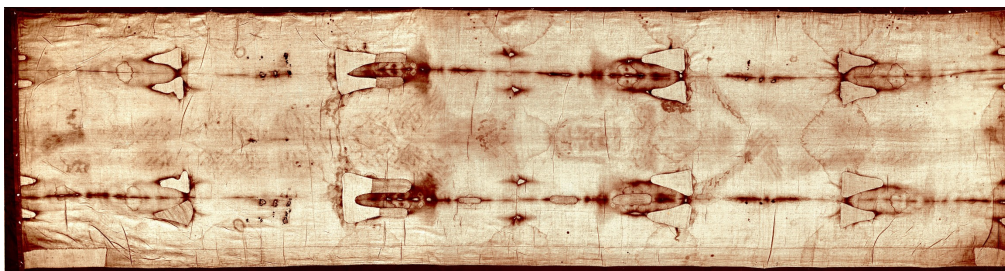
El Vaticano aceptó en 1988 que se sometiera la conocida como sábana santa / sudario de Turín a la datación mediante carbono 14. La datación se hizo por tres laboratorios que recibieron cada uno cuatro muestras de los mismos tejidos no etiquetadas, una era del sudario, otra de una tumba nubia (sXI), otra de una momia egipcia y otra de una capa medieval (año 1300), de modo que las otras tres muestras sirvieran de control. El informe final indicó "Los resultados de las pruebas de radiocarbono de Arizona, Oxford y Zurich datan el lino del sudario de Turín entre 1260 y 1390 (± 10 años) con una fiabilidad del 95%.". La datación no se hizo midiendo actividad (necesita mucha muestra), sino por AMS (Accelerator Mass Spectrometry) y calculando el número de átomos de cada isótopo.

- Si cada una de las muestras de la sábana era de 50 mg, y tras su combustión el CO_2 se convirtió a grafito obteniendo 22,5 mg de C, calcula el porcentaje de C-14 que no se había desintegrado y el número de átomos de C-14 que quedaba en el fragmento.
- Si en otra de las muestras también con 22,5 mg de C se obtiene que el número de átomos de C-14 es $8,7575 \cdot 10^8$, indica de cual de las tres muestras de control se trata según su datación.
- Calcula la actividad en unidades del SI de la muestras del apartado a.

Datos: semivida del C-14 = 5730 años, Número de Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;

Masa molar de C=12 g/mol (el 98,89% es C-12, y el 1,11% es C-13, ambos estables)

Porcentaje de isótopos de C-14 en la naturaleza viva: 0,000000001% ($10^{-10} \%$)



[Sudario de Turin, wikipedia, dominio público](#)

Solución

- Inicialmente cuando el tejido del lino era parte de un organismo vivo, tendríamos



$$22,5 \cdot 10^{-3} \text{ g C} \cdot \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ átomos C}}{1 \text{ mol C}} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-10} \text{ átomos C-14}}{100 \text{ átomos C}} = 1,1291 \cdot 10^9 \text{ átomos C-14}$$

Tomamos datación de la sábana el valor medio del intervalo 1260 y 1390: $(1260+1390)/2=1325$, por lo que si se elaboró en 1988, el tiempo transcurrido son $1988-1325=663$ años.

Se nos indica la semivida, calculamos la constante de desintegración

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{0,69}{5730} = 0,000121 \text{ años}^{-1}$$

Utilizando la ley de desintegración radiactiva $N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-0,000121 \cdot 663} = 0,9229$

El porcentaje de núcleos de C-14 sin desintegrar es el 92,29%, luego el número de átomos de C-14 sin desintegrar era $1,1291 \cdot 10^9 \cdot 0,9229 = 1,042 \cdot 10^9$ átomos C-14

$$\text{b) } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{8,7575 \cdot 10^8}{1,1291 \cdot 10^9} = e^{-0,000121 \cdot t} \Rightarrow \ln(0,7756) = -0,000121 \cdot t \Rightarrow t = 2100 \text{ años}$$

Se trata de la muestra de control asociada a una momia egipcia.

c) Calculamos la actividad en 1988 para usar datos apartado a. $A = \lambda N$. Con los datos de apartado a, $A = 0,000121 \cdot 1,042 \cdot 10^9 = 126082$ desintegraciones/año $= 126082 / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,004$ Bq