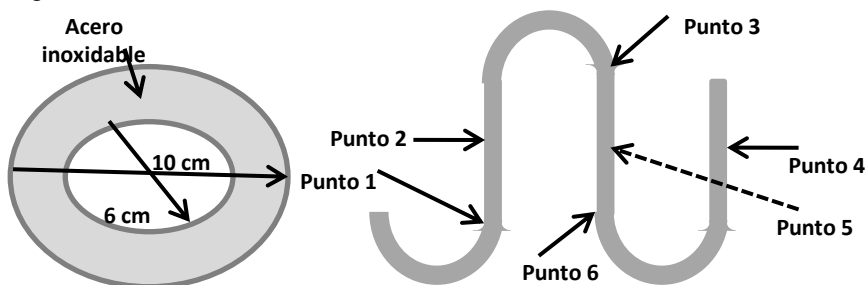




## Química Analítica Inorgánica

### Interacción y Aplicaciones de las Radiaciones

**1-** Trabajas para una empresa que realiza asesoramientos para la industria química. Debes hacer un estudio sobre el estado de una cañería por la cual circula un líquido de enfriamiento. Para dicho asesoramiento se cuenta con: una sonda de centelleo sólido de NaI(Tl), una fuente emisora gamma de energía 700 keV cuya actividad inicial es de 15000 cpm. La cañería a estudiar es de acero inoxidable 304, con un diámetro interno de 6 cm y uno externo de 10 cm. El acero inoxidable 304 tiene un coeficiente de absorción de 0,071 cm<sup>2</sup>/g para 700 keV y una densidad de 8 g/cm<sup>3</sup>. Realizas 6 medidas en diferentes puntos de la cañería, como se muestra en la siguiente figura y obtienes los siguientes datos:



	Actividad (cpm)
<b>BG</b>	300
<b>Punto 1</b>	5015
<b>Punto 2</b>	1805
<b>Punto 3</b>	5005
<b>Punto 4</b>	1985
<b>Punto 5</b>	1998
<b>Punto 6</b>	4999

¿Cuál es el estado general de la cañería? ¿Hay puntos de corrosión? Justifica su respuesta.

**2-** En una fábrica de perfiles de aluminio se quiere medir el espesor de un perfil de manera de controlar la calidad del mismo. Para ello se mide el espesor de dicho perfil colocando una fuente de <sup>137</sup>Cs de un lado y del otro el detector. A las 12:00 hs se obtienen los siguientes resultados:

$A_0 = 8560$  cpm (actividad medida de la fuente)

$A_{BG} = 313$  cpm

$A = 8402$  cpm

$\mu_{\text{Aluminio}} = 0.21$  cm<sup>-1</sup>

Informa si a esa hora el perfil cumple con la siguiente especificación de calidad: espesor 0,08-0,12 cm.

**3-** Es necesario controlar si una cañería ha sufrido corrosión, y la única forma de hacerlo es controlar el espesor de la misma introduciendo una fuente radioactiva y midiendo la actividad en el exterior. Para ello se dispone de dos fuentes, A y B, de diferentes energías, y conoces el  $D_{1/2}$  del material para cada una de ellas.

a) Si sabes que el espesor original de la cañería es de 9 g/cm<sup>2</sup>, ¿cuál de las dos fuentes elegirías para realizar el estudio?

b) Se quiere determinar si la cañería sufrió corrosión en un punto X. Luego de realizar las medidas se obtienen los siguientes valores:

$A_0$  (actividad de la fuente afuera de la cañería): 43502 cpm

$A$  (actividad de la fuente estando dentro de la cañería en el punto X): 32943 cpm.

¿Qué espesor tiene la cañería en el punto X? ¿Consideras que la cañería sufrió corrosión en ese punto?

Datos

$D_{1/2}$  para la fuente A: 0,01 g/cm<sup>2</sup>

$D_{1/2}$  para la fuente B: 5 g/cm<sup>2</sup>

4- La figura muestra el esquema de un sistema de gammagrafía industrial y la gammagrafía de una pieza obtenida sobre una "placa" sensible a la radiación gamma. Indica la afirmación correcta.

- a) La pieza tiene un orificio central circular cuyo borde presenta una zona que se ha engrosado, por tanto absorbe más radiación y en la placa se observa gris.
- b) El orificio central de la pieza se ve negro porque la radiación no es absorbida e incide directamente en la placa.
- c) El aro exterior de la pieza se ve blanco porque, por ser de metal, absorbe la radiación y ésta no llega a la placa.
- d) Todas las anteriores son correctas.



5- Se tiene un tanque de cobre recubierto con una capa de aluminio de 3 mm de espesor. Debes determinar el espesor de la pared del tanque de cobre. Para ello se coloca dentro del tanque una fuente de  $^{137}\text{Cs}$  (emisor gamma puro) y un detector fuera del mismo. Realizas las medidas correspondientes obteniendo los siguientes datos:

$A_0 = 7230$  cpm (actividad medida de la fuente)

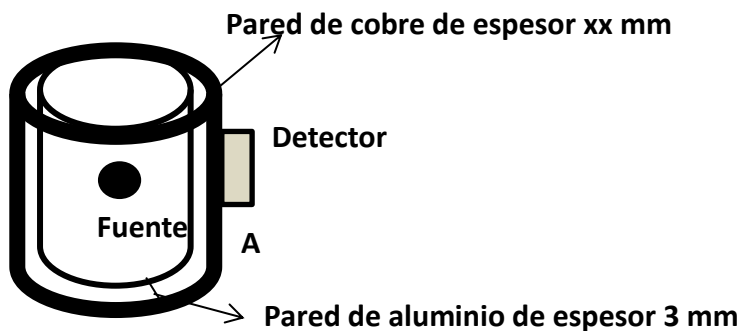
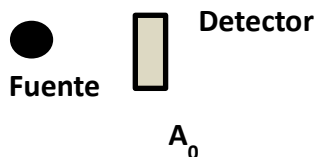
$A_{BG} = 247$  cpm

$A = 4053$  cpm

$\mu_{\text{Aluminio}} = 0.21 \text{ cm}^{-1}$

$\mu_{\text{Cobre}} = 0.68 \text{ cm}^{-1}$

Desprecia la absorción debida al aire entre la fuente y el detector.



Informa el espesor obtenido de cobre en cm.

6- Se desea blindar una fuente de  $^{63}\text{Ni}$ , emisor beta puro con un recipiente de aluminio. La actividad de la fuente sin blindar es de 7920 cps. Indica qué espesor en cm debe tener el recipiente para que el detector Geiger pegado a la pared externa del mismo de un conteo neto de 138 cps.

Datos:  $\mu$  másico = 0.099 cm<sup>2</sup>/mg

densidad Al 2700 mg/cm<sup>3</sup>

**7-** Una persona fue baleada en la zona del tórax. Mediante una radiografía:

- a) No puede localizarse la bala, porque su densidad es similar a la de los órganos humanos
- b) No puede localizarse la bala, porque el plomo que la forma no absorbe rayos X
- c) En una "placa de rayos X" la bala y los huesos se verán blancos y los órganos grises
- d) En una "placa de rayos X" la bala se verá negra, los huesos blancos y los órganos grises

**8-** A raíz de un accidente, una persona tiene una pieza rectangular (1 cm x 3 cm) de tungsteno en una costilla. Un médico que desconoce tal cosa, solicita se le haga a esa persona una radiografía de tórax para observar los pulmones.

- a) En la radiografía no se observarán los pulmones porque la pieza de tungsteno absorberá todos los rayos X
- b) En la "placa de rayos X" la pieza de tungsteno se verá como un rectángulo negro
- c) Es peligroso que la persona se realice una radiografía porque la pieza de tungsteno quedará radioactiva
- d) En la radiografía se van a observar los pulmones, pero alguna lesión pulmonar puede quedar oculta por la imagen de la pieza de tungsteno

**\*Nota:** Cuando se dice que la actividad medida es de por ejemplo 1000 cpm, esta medida incluye la radiación de fondo o BG por lo que para los cálculos debe ser extraído el BG.

Cuando la letra dice por ejemplo: "actividad de la fuente luego de atravesar el material", en este caso el BG ya fue sustraído y por lo tanto los cálculos se realizan con los valores dados.

### Resolución de ejercicios

1- Primero podemos hacer una observación general de los valores de actividad medida en los diferentes puntos.

Sabiendo que cuando el espesor del material absorbente es mayor, éste absorbe más radiación, se puede concluir si la cañería presenta puntos donde el espesor de la misma es menor que en otros. Por ejemplo: en los puntos 1, 3 y 6 se detecta una actividad mayor que en los puntos 2, 4 y 5 lo que implica que en los primeros puntos atraviesa más radiación. El motivo de esta diferencia es que el espesor en los puntos 1,3 y 6 es menor que en los puntos 2, 4 y 5, lo que implica que la cañería en esos puntos presenta corrosión.

Aplicando la ecuación de atenuación de la radiación podemos calcular el espesor en cada punto ya que contamos con los datos de BG, coeficiente de atenuación ( $\mu$ ), actividad inicial ( $A_0$ , la medida sin nada interpuesto entre el detector y la fuente) y la actividad luego de atravesar la cañería ( $A$  en los diferentes puntos).

Tomaremos los puntos 1 y 2 como ejemplo.

$$A = A_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

A las actividades medidas siempre se les debe **restar la radiación de fondo medida o background (BG)**.

Entonces para el punto 1-

$$A = 5015 - 300 \text{ cpm} = 4715 \text{ cpm}$$

$$A_0 = 15000 - 300 \text{ cpm} = 14700 \text{ cpm}$$

$$\mu_{\text{máscico(acero inox)}} = 0.071 \text{ cm}^2/\text{g} \text{ entonces } \mu_{\text{lineal}} = 0.071 \text{ cm}^2/\text{g} * 8 \text{ g/cm}^3 = 0.568 \text{ cm}^{-1}$$

Ahora que tenemos el coeficiente de atenuación lineal podemos emplear el valor de espesor en cm para sustituir en la ecuación (1).

Debemos despejar el espesor de la cañería  $x$ , para ello debemos aplicar Ln (Logaritmo neperiano) en ambos lados de la ecuación quedando:

$$\text{Ln}(A) = \text{Ln}(A_0) - \mu x$$

$$\frac{\text{Ln}\left(\frac{A}{A_0}\right)}{-\mu} = x$$

Sustituyendo los valores antes calculados en la ecuación obtenemos un  $x$  de 2.00 cm

Pero....estos 2 cm son de las dos paredes de la cañería y si comparamos con la cañería original que era de 8cm (4cm cada pared), sin duda que la cañería ha sufrido corrosión en el punto 1 y en los otros que dieron casi la misma actividad (1, 3 y 6)

Hacemos lo mismo para el punto 2 por ejemplo

$$A = 1805 - 300 \text{ cpm} = 1505 \text{ cpm}$$

y obtenemos como resultado un  $x$  de 4cm. Este punto como el 4 y 5 también han sufrido corrosión pero menos que los anteriores.

### Ejercicio 2

Datos:

$$A_0 = 8560 \text{ cpm}$$

$$A_{BG} = 313 \text{ cpm}$$

$$A = 8402 \text{ cpm}$$

$$\mu_{Al} = 0.21 \text{ cm}^{-1}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación (1) y despejando  $x$  obtenemos un valor de 0.09 cm

La especificación de calidad es  $0.08 \text{ cm} < x < 0.12 \text{ cm}$ . Nuestro espesor se encuentra en el rango por lo que el perfil de aluminio cumple con la especificación de calidad.

### Ejercicio 3

a- Elegiría la fuente B porque si elijo la A la intensidad de la fuente se va a absorber completamente antes de llegar al exterior.

Sin embargo, con la fuente B voy a lograr medir una actividad diferente al BG.

Explicación:

Espesor original de la cañería  $9 \text{ g/cm}^2$

$$D_{1/2} (A) = 0.01 \text{ g/cm}^2$$

$$D_{1/2} (B) = 5 \text{ g/cm}^2$$

El  $D_{1/2}$  es el espesor necesario para reducir la intensidad de la fuente a la mitad. Entonces, como  $D_{1/2}$  para la fuente (A) es mucho menor que el correspondiente para la fuente (B), implica que en un menor espesor la actividad de la fuente A caerá a la mitad (en  $9 \text{ g/cm}^2$ ) caerá casi completamente y no voy a poder medir ninguna actividad proveniente de la muestra en el detector.

Con la fuente B se necesitan  $5 \text{ g/cm}^2$  para que caiga a la mitad entonces en  $9 \text{ g/cm}^2$  caerá a casi  $\frac{1}{4}$  la actividad inicial, pudiéndose medir igualmente.

b- Para analizar si la cañería sufrió corrosión debemos calcular el nuevo espesor en el punto X. Para ello empleamos la ecuación de atenuación de la radiación (1) y los datos de la fuente B para hallar el  $\mu$ .

Fuente B:

$$D_{1/2} (B) = 5 \text{ g/cm}^2$$

$$D_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu_{\text{másico}}}$$

$$\mu_{\text{másico}} = 0.139 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$x = 2.00 \text{ g/cm}^2$$

X es menor que el valor del espesor de la cañería informado en la letra, por lo tanto ha sufrido corrosión.

**Ejercicio 4**

Respuesta correcta d

La opción a es correcta porque la pieza puede ser de metal (un aro) y presenta un hueco en el centro. Este hueco se ha ensanchado levemente en el borde donde se encuentra la zona gris. Esta zona no es vacía ni es maciza de metal por lo que absorbe un poco menos de radiación que el aro y un poco más que el hueco.

La opción b es correcta porque efectivamente, donde llega toda la radiación a la placa se observa negro (así como se observa en las placas de Rayos X que nos tomamos en el hospital)

Finalmente la opción c es válida por lo mismo que la opción anterior. El metal (o cualquier material diferente del aire) absorbe la radiación, ésta no llega o llega muy poco a la placa y de esta manera se observa blanco (como los huesos que son más densos que los músculos).

**Ejercicio 5**

Al 3mm



Cu x mm

En este caso absorben ambos materiales la radiación por lo que deben ser tenidos en cuenta los coeficientes de atenuación de ambos en la ecuación.

Entonces:

$$A = A_0 e^{-(\mu_{Al}x_{Al} + \mu_{Cu}x_{Cu})}$$

Despejando  $x_{Cu}$  obtenemos un valor de 7.99 mm

**Ejercicio 6**

Este es un ejercicio típico de cálculo de espesor (como los anteriores) pero con un fin de seguridad.

Los datos que tenemos son  $A_0 = 7920$  cps

$A = 138$  cps

Y nos dan  $0.099$  cm<sup>2</sup>/mg el coeficiente másico

Entonces nuevamente sustituimos los valores que tenemos en la ecuación de atenuación de la radiación y despejamos  $x$ .

En este caso el espesor que se debe poner de Al para blindar la radiación gamma de la fuente de <sup>63</sup>Ni es de 0.015 cm

**Ejercicio 7**

Por lo mismo que en el Ejercicio 4, los materiales con mayor densidad se observarán de un color claro (blanco o gris claro) y los materiales menos densos no se observarán o tendrán un color más oscuro. Por tanto, como la bala es de metal y los metales son más densos que los órganos, así como también lo son los huesos, éstos dos últimos se verán más claros. Por tanto, la opción correcta es la C.

**Ejercicio 8**

Por las mismas razones expuestas en el ejercicio 4 y 7 la opción correcta es la d.