

Implementación de Práctica Experimental de Laboratorio del Decaimiento Radiactivo del Estroncio-90 para el Área de la Salud

HERSON ÁLVAREZ¹ Y MARIO COTO²

¹Escuela de Física - UNAH, mail: herson2000@gmail.com

²Escuela de Física - UNAH, mail: antunezm14@gmail.com

Recibido: 14 de Octubre de 2016 / Aceptado: 24 de Noviembre de 2016

Resumen

This paper presents the development of an experimental laboratory of radioactive decay, using Strontium-90, this experiment is presented as part of the content of the subject of biophysics for medicine students in the area of Modern Physics. The experiment is divided into two main parts, which are the calculations of the decay constant (λ) and making the graph of decay counts per second versus the elapsed time for this practice will be done using a SPECTRUM meter TECHNIQUES ST-160 provide counts per second of the radioactive sample, in this case Strontium-90. The use of radioisotopes is very important today in medicine as therapeutic and diagnostic agents for that reason the importance of such experiments for students to understand and become familiar with these physical phenomena.

Keywords: radioactive decay, Strontium-90, decay constant, counts per second.

El presente artículo expone el desarrollo de una practica experimental de laboratorio de decaimientos radiactivos, utilizando Estroncio-90, este experimento se presenta como parte del contenido de la asignatura de Biofísica para los estudiantes de la carrera de medicina en el área de Física Moderna. El experimento se divide en dos partes fundamentales, que son el calculo de la constante de decaimiento (λ) y la realización de la gráfica de decaimiento de los conteos por segundo versus el tiempo transcurrido, para realizar dicha practica se hará uso de un medidor SPECTRUM TECHNIQUES ST-160 que proporcionará los conteos por segundo de la muestra radiactiva, en este caso Estroncio-90. El uso de radio isotopos es de mucha importancia actualmente en la medicina como agentes terapéuticos y de diagnostico, por tal razón la importancia de realizar este tipo de experimentos para que los estudiantes entiendan y se familiaricen con estos fenómenos físicos.

Palabras clave: decaimiento radiactivo, Estroncio-90, constante de decaimiento, conteos por segundo.

I. INTRODUCCIÓN

LA realización e implementación de esta práctica de laboratorio de decaimientos radiactivos, parte de dos situaciones, primero la necesidad de tener una práctica de laboratorio experimental sobre este tema, ya que anteriormente existía una práctica virtual utilizando un applet sobre desintegración radiactiva (http://www.walter-fendt.de/ph14s/lawdecay_s.htm), y la segunda situación corresponde a la adquisición por parte del departamento de física de los módulos SPECTRUM TECHNIQUES ST-160 que no estaban siendo utilizados y que se comenzó a ser manejados con el objetivo de poder realizar una práctica de laboratorio con dichos módulos para el área de la salud mas específicamente para la clase de biofísica de la carrera de medicina, además los módulos podrían utilizarse en otras asignaturas donde el tema de decaimientos radiactivos sea parte de su contenido como ser electricidad y magnetismo para ingeniería química.

Las dos situaciones anteriormente mencionadas provocaron la elaboración de una práctica experimental de laboratorio del decaimiento radiactivo del estroncio-90 usando dichos módulos, y que dicha práctica se implemente actualmente como parte de laboratorios de la asignatura de biofísica de la carrera de medicina.

II. MARCO TEÓRICO

El fenómeno de la radiactividad fue descubierto casualmente por HENRI BECQUEREL en 1896. Él estudiaba los fenómenos de fluorescencia y fosforescencia, para lo cual colocaba un cristal de Pechblenda, mineral que contiene uranio, encima de una placa fotográfica envuelta en papel negro, cuando desenvolvía la placa la encontraba velada, hecho que atribuía a la fosforescencia del cristal. La única explicación era que la sal de uranio emitía radiación muy penetrante.

MARIE CURIE junto a su esposo PIERRE CURIE, em-

pezaron a estudiar el raro fenómeno que había descubierto BECQUEREL. Demostraron que la radiactividad no era resultado de una reacción química, sino una propiedad elemental del átomo. El fenómeno de la radiactividad era característico de los núcleos de los átomos. En 1898 descubre dos nuevas sustancias: el radio y el polonio, mucho más activas que el uranio[4].

PIERRE CURIE probó el radio sobre su piel y el resultado fue una quemadura y una herida, pronto el radio serviría para tratar tumores malignos. Era el comienzo de las aplicaciones medicas que MARIE CURIE daría a la radiactividad. En 1903 recibieron el premio nobel de física con BECQUEREL por el descubrimiento de la radiactividad natural.

Los experimentos demostraron que existen tres tipos de radiación emitida por los isotopos radiactivos, que se le llamaron: alfa, beta y gamma.

Hoy en día algunos isotopos que existen radiactivos pueden usarse para tratamiento medico, por lo general para condiciones cancerosas. Un ejemplo es el Cobalto-60 que se usa para tratar cáncer, ya que dicho isotopo emite rayos gamma energéticos que destruye las células cancerosas del tumor[4].

En una muestra de material radiactivo los núcleos no decaen todos a la vez, si no que lo hacen de forma aleatoria a una tasa característica. Es imposible decir exactamente cuando decaerá un núcleo inestable particular. Sin embargo, lo que si se determina es cuantos núcleos en una muestra decaerán durante un periodo de tiempo dado.

La **actividad** (R) de una muestra de un nucleido radiactivo se define como el número de desintegraciones nucleares o decaimientos por segundo.

$$R = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N \quad (1)$$

Donde N es el número de núcleos presentes en la muestra. El signo menos en la ecuación 1 indica que N disminuye con el tiempo. A λ (tiempo⁻¹) se le llama constante de decaimiento y es propia de cada elemento radiactivo.

La forma en que disminuye en el tiempo el número de núcleos N es de forma exponencial, entonces para el número de núcleos restantes (o que aún no decaen) en un tiempo t en comparación con el número en $t = 0$, está dado por la ecuación 2

$$N = N_0 e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2)$$

Aquí, N_0 representa el número inicial de núcleos presentes en $t_0 = 0$. La tasa de decaimiento de un núcleo se expresa comúnmente en términos de su vida media. La **vida media** ($t_{1/2}$) se define como el tiempo que tardan en decaer la mitad de los núcleos radiactivos en una muestra. Cuando $t = t_{1/2}$, entonces $N/N_0 = 1/2$. Tomando en cuenta esto para la ecuación 2 se llega a la ecuación 3.

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \quad (3)$$

El concepto de vida media es importante en las aplicaciones medicas, por ejemplo cuando se usan isotopos para el diagnóstico médico como el yodo-131 usado para probar la actividad de la glándula tiroides[4].

III. CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL

A. Medidor ST-160 Nuclear Lab Station Spectrum Techniques

Para poder realizar las mediciones de la muestra radiactiva, se utilizara un medidor SPECTRUM TECHNIQUES ST-160, el cual tiene una cavidad donde se encuentra el detector de radiación y bajo esta cavidad se colocan las muestras radiactivas, placas de diferentes materiales como plomo y plástica de diferentes espesores. En la figura 1 se muestra el medidor en mención.

B. Procedimiento de Configuración y Realización de Mediciones con el Medidor ST-160 Nuclear Lab Station Spectrum Techniques

Se requiere realizar mediciones de conteos por minuto, para simular el tiempo de decaimiento de la muestra radiactiva, se usaran placas de plomo para atenuar la radiación emitida por la muestra y donde cada placa de plomo representara un tiempo transcurrido. A continuación se detalla el procedimiento a seguir para poder realizar la medición de los conteos.

1. Conectar el medidor ST-160 a una fuente de voltaje (toma-corriente) de 110V.
2. Encender el medidor ST-160.
3. En el ST-160 se observará una serie de botones (COUNT, STOP, H.V., TIME, UP, DOWN), además de una pequeña pantalla, como se muestra en la figura 2, con los cuales se hace la programación del medidor.
 - a) Primero se presiona el botón con las siglas H.V. (High Voltage), luego se presiona el botón UP seguidamente hasta llegar a 460, presionamos nuevamente H.V. Con lo anterior se configura el voltaje con el que trabajara el medidor para realizar las mediciones.
 - b) Luego se presiona el botón TIME, despues se presiona UP hasta llegar a 20. Finalmente se presiona dos veces el botón TIME. Con los anterior configuramos el tiempo con que se realizaran los conteos de la muestra, que para este caso serían 20 segundos.

Con lo anterior ya se tiene configurado el medidor ST-160; cada vez que se presione el botón COUNT este se detendrá pasados 20 segundos y mostrará en pantalla el dato de conteos (conteos/segundo). Al volver a presionar el botón



Figura 1: Medidor SPECTRUM TECHNIQUES ST-160 utilizado en la practica de decaimientos radiactivos.

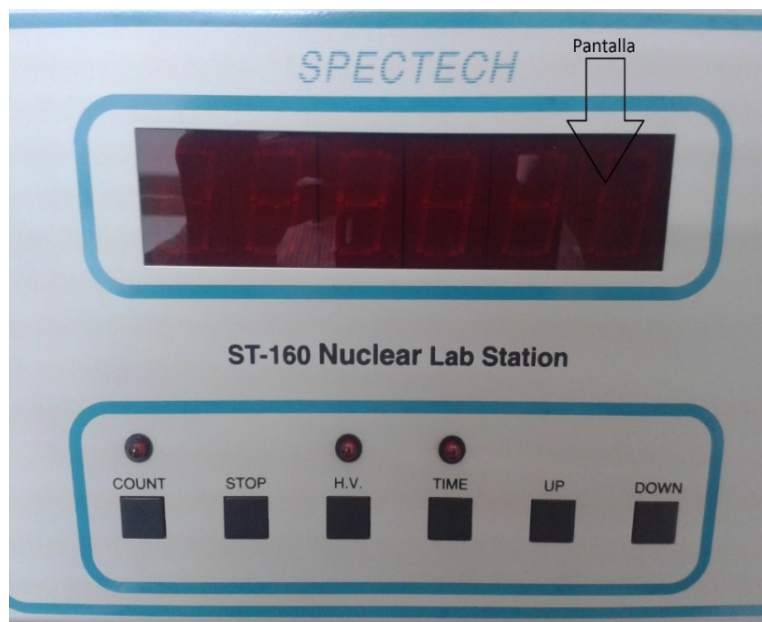


Figura 2: Fotografía donde se ilustra la pantalla y serie de botones para programar el medidor.

- COUNT, el medidor vuelve a arrojar los conteos desde cero. De esta manera se presiona dicho botón cada vez que desee una medición.
4. Después de la configuración del medidor se coloca dentro de la cavidad del medidor una pastilla radiactiva de Sr-90, en la segunda ranura (de abajo hacia arriba).
 5. Luego se mide la cantidad de conteos sin placa entre el medidor y la pastilla radiactiva; conteos para un tiempo igual a cero. Se realizarán cinco mediciones y luego se calculará el promedio. Hay que tener en cuenta que hay que esperar dos minutos después de cada medición para que el medidor pueda realizar los conteos de manera correcta.
 6. Una vez realizadas las mediciones sin ninguna placa, se toman cuatro placas del mismo número y se colocará una placa en la ranura que está arriba de la muestra de estroncio y realizar de nuevo cinco mediciones.
 7. Colocar de nuevo otra placa arriba de la placa indicada en el inciso (f), realizar cinco mediciones.
 8. Poner la tercera placa encima de las anteriores, realizar cinco mediciones. Poner la última placa en la última ranura (la de arriba) y realizar otra vez cinco mediciones.
 9. Como se mencionó en los incisos anteriores se realizarán cinco mediciones para cada placa y luego se

Módulo	Código de Placa y Grosor(pulg)	Densidad Superficial(mg/cm ²)	1	2	3	4	5	Promedio	
88990	#8 de 0.032	1120	Sin placa	12938	11570	11686	12737	11604	12107
			Placa 1	1409	813	806	558	797	876.6
			Placa 2	395	1281	857	334	954	764.2
			Placa 3	735	1050	745	331	1386	849.4
			Placa 4	579	1137	685	741	580	744.4
86966	#9 de 0.064	2066	Sin placa	711618	711156	710893	710772	710461	710980
			Placa 1	2647	2983	3426	3163	2535	2950.8
			Placa 2	2995	3533	2076	2351	2855	2762
			Placa 3	2562	1329	1902	2148	2787	2145.6
			Placa 4	2472	3773	1106	3185	3623	2831.8
86198	#10 de 0.125	3448	Sin placa	15838	14571	13812	16580	14848	15129.8
			Placa 1	804	515	671	893	1029	782.4
			Placa 2	549	934	873	232	604	638.4
			Placa 3	499	846	1218	473	528	712.8
			Placa 4	930	922	871	1169	737	925.8
88891	#11 de 0.250	7367	Sin placa	6020	5672	5970	6656	6063	6076.2
			Placa 1	230	195	350	243	379	279.4
			Placa 2	209	238	230	270	161	221.6
			Placa 3	246	256	178	265	342	257.4
			Placa 4	310	256	220	293	312	278.2

Tabla 1: Mediciones de cada modulo con sus respectivas placas.

calculará el promedio de cada una de las mediciones. Y se anotaron los datos en la tabla 1.

- No olvidar esperar dos minutos cada vez que agregue una placa para realizar mediciones como se mencionó en el inciso (e).
- Una vez tomados los datos se apaga el equipo y se realizan los cálculos respectivos.

IV. DATOS EXPERIMENTALES

En el almacén de equipo de la Escuela de Física de la UNAH, se tienen cuatro estaciones de trabajo ST-160. Se realizaron las mediciones en las cuatro estaciones que se listan por su número de inventario. Ver figura 1.

V. ANALISIS DE DATOS EXPERIMENTALES

Con los datos obtenidos en los diferentes módulos, se procede a calcular el tiempo transcurrido, que simula cada una de las placas de plomo. Utilizando la ecuación 2 se puede encontrar el tiempo que transcurre entre cada placa.

$$t = t_0 - \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{N}{N_0} \right) \quad (4)$$

Como se puede ver en la ecuación 4, se necesitaría la constante de decaimiento del estroncio-90, que tiene una vida media de 28 años, según los datos de la pastilla utilizada en el experimento.

Los datos de tiempo que se calcularán se pueden ver en la tabla 2, así mismo en la figura 3 podemos apreciar cuatro graficos correspondiente a la tabla 2, cada gráfico corresponde a un modulo.

VI. ENSAYO DEL EXPERIMENTO CON LOS ESTUDIANTES

A. Imágenes

Una vez realizadas las pruebas con los cuatro módulos mostrados anteriormente se procedió a realizar un ensayo del experimento con los estudiantes de la clase de biofísica que estudian la carrera de medicina, lo anterior para apoyar la parte experimental de esa clase en los temas de física moderna, específicamente en la parte de decaimientos radiactivos, para que los estudiantes puedan comprender mejor este concepto, ya que actualmente, los decaimientos radiactivos tienen mucha aplicación en la parte de la medicina en la utilización de isotopos radiactivos para tratamientos contra el cáncer.

A los estudiantes se les entregó una guía del laboratorio experimental, en el cual se realiza el mismo procedimiento que se explicó anteriormente en la configuración experimental. Los estudiantes tomaron datos muy similares a los que se tomaron para la realización de este grupo. En la figura 4 se muestra una fotografía de los datos tomados por uno de los grupos de estudiantes que fueron presentados en su reporte de laboratorio.

De los datos tomados por los estudiantes, que se muestran en la figura 5, se puede observar que son muy similares a los que fueron tomados para la realización de este trabajo, con cual se puede decir que los estudiantes realizaron la práctica de forma correcta.

VII. CONCLUSIONES

- Se logró elaborar un experimento de decaimiento radiactivo del estroncio-90, con el objetivo de que fuera aplicado a los estudiantes de la clase de biofísica de la Escuela de Física de la UNAH, para que dichos estudiantes puedan comprender de mejor manera conceptos como decaimiento radiactivo y vida

Módulo	Código de Placa		Promedio	Tiempo Años	Promedio en Años entre Placas
88990	#8	Sin placa	12107	0	5.19
		Placa 1	876.6	109.088	
		Placa 2	764.2	114.79	
		Placa 3	849.4	110.4	
		Placa 4	744.4	115.88	
86966	#9	Sin placa	710980	0	8.26
		Placa 1	2950.8	227.88	
		Placa 2	2762	230.63	
		Placa 3	2145.6	241.12	
		Placa 4	2831.8	229.59	
86198	#10	Sin placa	15129.8	0	7.96
		Placa 1	782.4	123.07	
		Placa 2	638.4	131.52	
		Placa 3	712.8	126.94	
		Placa 4	925.8	116.08	
88891	#11	Sin placa	6076.2	0	6.36
		Placa 1	279.4	127.95	
		Placa 2	221.6	137.58	
		Placa 3	257.4	131.36	
		Placa 4	278.2	128.13	

Tabla 2: Promedios y tiempo en años que simulan las placas en cada módulo.

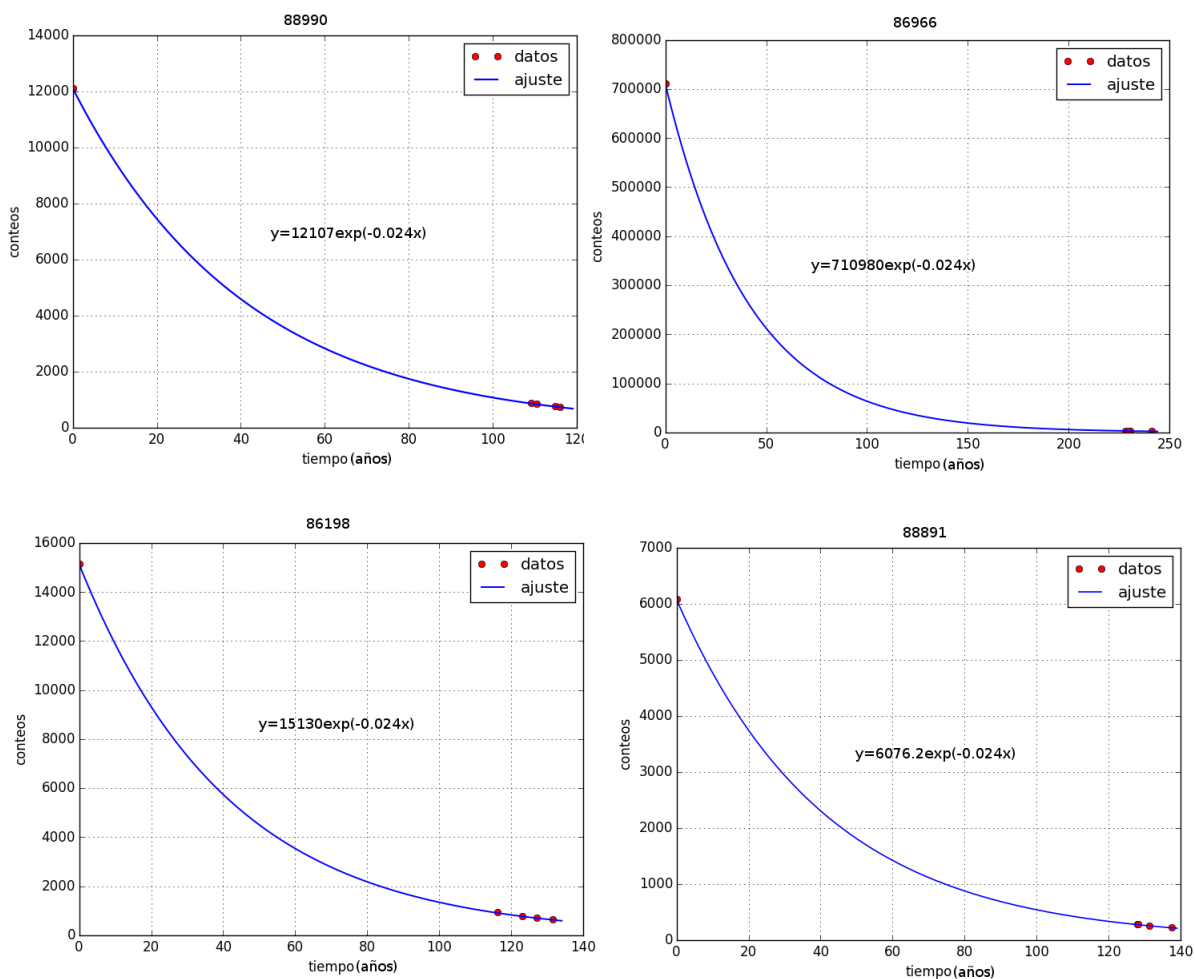


Figura 3: Graficos de la tabla 2



Figura 4: Estudiantes en laboratorio de Biofísica haciendo uso de los módulos en la práctica de decaimientos radiactivos.

N° de Mediciones	Placas	Conteos (Minutos /segundo)					Conteos $\langle N \rangle$
1	Sin Placa	2077	2160	2164	2175	2162	2091.4
2	1	201	318	315	194	281	262.4
3	2	144	197	220	346	259	243.2
4	3	242	270	224	152	184	204.4
5	4	186	179	159	229	203	191.2

Constante de Decaimiento:
 $\lambda = 2.48 \times 10^{-3} \text{ años}^{-1}$

N° de Medición	Placas	Conteos Promuechos	Tiempo transcurrido (años)
1	Sin Placa	No-5581.4	0
2	1	262.4	123.38
3	2	243.2	126.34
4	3	204.4	132.38
5	4	191.2	136.04

Figura 5: Datos tomados por los estudiantes en el laboratorio.

media que son tan importantes y que tienen mucha aplicación en el área de la medicina moderna.

- Se consiguió darle un uso a los módulos utilizados en la práctica experimental, ya que desde que fueron adquiridos por la Escuela de Física, no se les había dado un uso para realizar una práctica de laboratorio y que fuera orientada al área de la salud.
- A través de los experimentos tomados de cada módulo y los cuales fueron graficados, se puede observar que el decaimiento radiactivo tiene el patrón de una exponencial decreciente, que es uno de los conceptos fundamentales que los estudiantes deben aprender en esta práctica de laboratorio.
- Se observó por parte de los alumnos mucha motivación y curiosidad sobre la implementación de la práctica de decaimientos radiactivos y también la realización correcta de la práctica, lo cual queda demostrado en los datos tomados por los estudiantes, en la figura 5, donde se observa un promedio de 4.33 años.

REFERENCIAS

- Cember, H. y Johnson, T. (2009). *Introduction to Health Physics: Fourth Edition*. McGraw-Hill Education.
- Krane, K. (1987). *Introductory Nuclear Physics*. Wiley.
- SPECTECH (2009). *ST160 Nuclear Lab Station: Operating and Service Manual*.
- Wilson, J. y Buffa, A. (2003). *Física*. Pearson Educación.