

“Construcción y caracterización de un espectrofotómetro de absorción de luz”

Resumen

Para el desarrollo del presente trabajo se planteó inicialmente la siguiente pregunta: ¿Es posible determinar la concentración de soluto en una disolución haciendo pasar un haz de luz a través de ella y empleando una curva tipo?

Un espectrofotómetro es un instrumento basado en la física óptica. Con la espectrofotometría se puede medir la absorción de radiación por átomos y moléculas. El color o la longitud de onda de una radiación y la intensidad de la misma, serán determinantes en la obtención de lecturas adecuadas. La cantidad de luz que pasa a través de un tubo, que contiene una disolución, se verá afectada por la concentración de soluto. A menor proporción de soluto disuelto en el disolvente se espera tener una absorción menor de la luz y viceversa.

El objetivo fue construir un dispositivo que nos permitiera comprender el funcionamiento de un espectrofotómetro.

Se hicieron pruebas con diferentes diluciones a partir de una muestra inicial de concentración al 36 % m/v de azúcar. Se realizaron mediciones de la longitud del haz luminoso proyectado sobre una pantalla de papel milimétrico, después de hacerse pasar a través de un tubo que contenía la disolución de azúcar a diferentes concentraciones, registrando los valores en función de la concentración de soluto. Se ha planteado adaptar un diodo receptor de luz conectado a un multímetro, con el fin de obtener lecturas más precisas.

La información se capturó en hoja de cálculo y se generó la curva tipo que describe la relación de la longitud del haz luminoso en función de la concentración de la disolución; obteniéndose posteriormente el modelo matemático que describe la curva y que facilita el cálculo en la determinación de la concentración de soluciones problema.

Concluyendo, a una mayor concentración de soluto, corresponde una disminución de la longitud del haz luminoso. Con los resultados obtenidos fue

posible obtener un modelo exponencial de la curva tipo, con una asertividad del 95 % de acierto en las lecturas obtenidas.

Índice

	Página
Introducción	4
Objetivos	6
Marco teórico	7
Marco metodológico	8
Resultados	11
Conclusiones	13
Fuentes de información	14
Anexos	15

Construcción y caracterización de un espectrofotómetro de absorción de luz

Planteamiento del problema

¿Es posible determinar la concentración de glucosa, haciendo pasar un haz de luz a través de una disolución y empleando una curva tipo?

Introducción

Todo medición de la concentración de un componente en una disolución conlleva plantearse las siguientes cuestiones ¿de qué componente se trata?, y ¿cuánto hay de ese componente?, esto se puede medir a través de un método instrumental de análisis, como es la espectrofotometría con esto se puede medir la absorción de radiación ultravioleta y visible en átomos y moléculas, el color o la longitud de onda de una radiación e intensidad de la misma, serán determinantes en la obtención de lecturas adecuadas. Todo esto se puede llevar a cabo mediante el uso de un espectrofotómetro.

Un espectrofotómetro es un instrumento que se usa para la física óptica, sirve para la medición en función de la longitud de onda y la relación de diferentes valores de una misma magnitud fotométrica obtenidos a través de dos haces de radiaciones, tiene otros aspectos de desarrollo como en los laboratorios químicos, que es utilizado para la cuantificación de sustancias y microorganismos. Existen diferentes tipos de espectrofotómetros; los de absorción atómica y los de medición de masa. Un espectrofotómetro puede proyectar un haz de luz monocromática a través de diferentes muestras, en este caso disoluciones y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Dándonos la facultad de reconocer la naturaleza de la sustancia contenida, e indicar indirectamente que cantidad de sustancia está presente en dicha muestra.

El haz que ilumine la muestra deberá cubrir ciertos parámetros, es decir, deberá cumplir condiciones de estabilidad, distribución de energía espectral continua, y direccionabilidad, el haz usado en este espectrofotómetro será un

rayo LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) este es un dispositivo que utiliza la emisión inducida o estimulada, y genera un haz de luz en un medio adecuado siendo controlados su forma y su pureza.

El primer láser fue inventado en 1960 por Charles H. Townes y Arthur Leonard Schawlow, teniendo adelantos desde 1916 gracias al trabajo realizado por Albert Einstein, quien estableció los fundamentos para el desarrollo de los láseres basándose en la ley de radiación de Max Planck que trata los conceptos de emisión espontánea e inducida de radiación.

La cantidad de luz que pase a través de un tubo, que contiene una disolución, se verá afectada por la concentración del soluto, esto se refiere a la relación que existe entre la cantidad de soluto que es la sustancia que se disuelve, y la cantidad de disolvente que es la sustancia que disuelve al soluto, esto da como resultado una mezcla homogénea de estas dos partes. A menor proporción de soluto disuelto en el disolvente, menos concentrada está la disolución, y a mayor proporción más concentrada será esta.

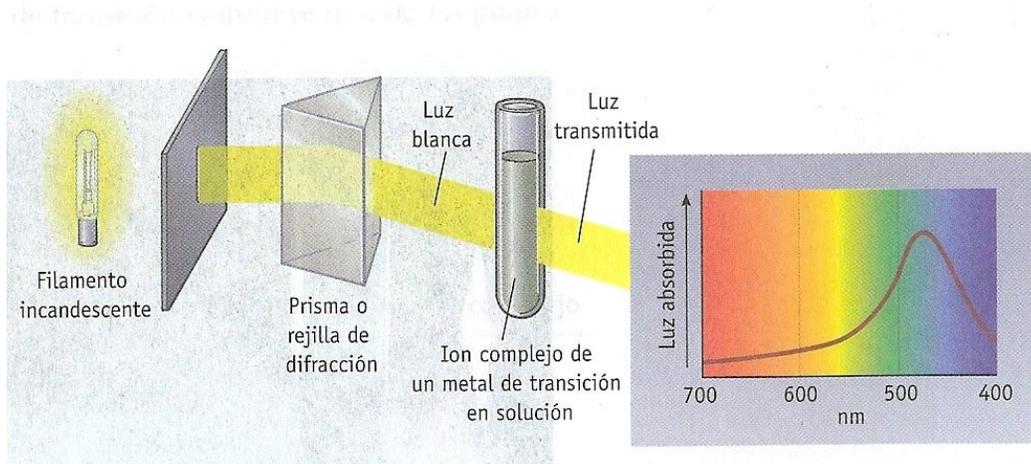


Figura 1. Espectrofotómetro de absorción.

En un espectrofotómetro de absorción (figura 1), se hace pasar un haz de luz blanca a través de un prisma o rejilla de difracción, que divide a la luz en sus longitudes de onda componentes. Tras pasar por la muestra, la luz llega al detector. El espectrofotómetro “escanea” todas las longitudes de onda de la luz y determina si es absorbida o no. El espectrofotómetro produce un espectro, u diagrama al graficar la absorción en función de la longitud de onda (o la frecuencia) (Kotz, 2005).

Objetivo general

- Construir un dispositivo que nos permita comprender el funcionamiento de un espectrofotómetro.

Objetivos específicos

- Aplicar conocimientos básicos de física e informática aplicada a la ciencia y la industria.
- Realizar un estudio preliminar del comportamiento de la relación de la longitud de un haz de luz que incide sobre una pantalla y la concentración de glucosa en la disolución.
- Obtener un modelo matemático que nos permita determinar la concentración de glucosa en soluciones problema.

Marco teórico

La absorbancia, es la cantidad de intensidad de luz que una muestra puede llegar a absorber. La absorbancia es proporcional al grosor de una muestra y a la concentración de una sustancia, esto va en contraste de la transmitancia la cual puede variar dependiendo del grosor y la concentración.

Transmitancia se refiere al porcentaje de luz que puede pasar por un objeto cuando un rayo de luz incide a través de él. Transmitancia y absorbancia son dos conceptos totalmente opuestos.

Luz colimada es la luz que posee rayos paralelos entre sí, lo que se puede lograr de diferentes formas, se podría decir que la luz colimada está enfocada en el infinito. El flujo de la energía es unidireccional, de modo que cada rayo del haz puede considerarse paralelo a cualquier otro. Dentro de ciertas aproximaciones acerca de la fuente primordial puede obtenerse un haz colimado mediante un sistema de dos lentes, el láser suele estar colimado y coherente debido a que se genera en el interior de una cámara entre dos espejos cóncavos.

Un espectrofotómetro está conformado por las siguientes partes:

- Fuente de luz: Lámpara que emite las longitudes de onda.
- Colimador: Lentes que enfocan la luz convirtiéndola en un haz de rayos paralelos.
- Monocromador: Dispositivo que selecciona luz de una única longitud de onda.
- Detector fotoeléctrico: Transductor de luz en electricidad. La luz provoca el desplazamiento de electrones en el metal del detector, produciendo una corriente eléctrica que es proporcional a la intensidad de la luz recibida.
- Registrador: Mide la señal del detector, la compara y genera una medida en una escala determinada.

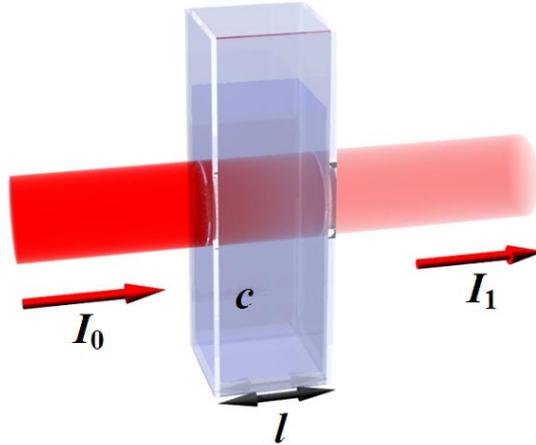


Figura 2. Al hacer incidir un haz de luz de cierta intensidad (I_0), la intensidad de luz que atraviesa el medio (I_1), depende de la longitud por la que atraviesa (l) y de la concentración de la sustancia absorbente del medio (c).

El funcionamiento de un espectrofotómetro tiene su fundamento en la ley de Beer-Lambert-Bouguer, relaciona la absorción de luz con las características del material a través del cual atraviesa, así como de la longitud de la muestra, siendo posible determinar la cantidad de luz que logra atravesar la muestra.

Marco metodológico

Para la construcción del espectroscopio se requirieron los siguientes materiales:

- Un láser
- Computadora
- Once tubos de ensaye
- Dos pinzas para soporte
- Tres soportes universales
- Una hoja de papel milimétrico
- Una pinza para tubo de ensayo
- Disoluciones de $C_6H_{12}O_6$ en diferentes concentraciones

En función de los recursos disponibles el dispositivo se armó como a continuación se describe:

1. Montar los tres soportes universales y colocarlos linealmente, uno a continuación del otro. En el primer soporte se debe colocar el láser, fijándolo con las pinzas. A continuación el soporte con las pinzas para tubo de ensaye y finalmente, el tercer soporte servirá para fijar la hoja de papel milimétrico que funcionará como pantalla.



Figura 3. Dispositivo utilizando originalmente en la toma de resultados preliminares.

2. Marcar en un tubo de ensayo un círculo por donde pasará el rayo láser, este tubo será empleado como “cubeta” receptora de la muestra. Un cambio de tubo tendría como consecuencia una variación continua debido a la variación del espesor de las paredes del tubo. Aunque las cubetas de los espectrofotómetros deben ser de cristal y no de vidrio, a falta del recurso utilizaremos los materiales disponibles.



Figura 4. Tubo de depósito de la muestra, con las marcas en ambos lados se busca minimizar la variación en las lecturas, por efecto de la diferencia de grosor de las paredes del tubo.

3. Se debe colocar el tubo de ensayo marcado en el segundo soporte, a la altura del haz de luz.
4. Se preparará una solución de glucosa a diferentes concentraciones, como se muestra en la siguiente tabla.
5. Previo a la medición de la longitud del haz de luz, se deberá determinar la longitud del haz al aire, al hacerle pasar a través del tubo vacío y del tubo con agua destilada, esto servirá como referencia para observar el efecto de la presencia de glucosa y como blanco.
6. Se depositará la solución de glucosa en el tubo de la muestra y se hará incidir la luz través del tubo. En la pantalla (hoja milimétrica) se observará y medirá la longitud del haz de luz que atraviesa. Registrando los datos de concentración de glucosa y longitud del haz de luz.

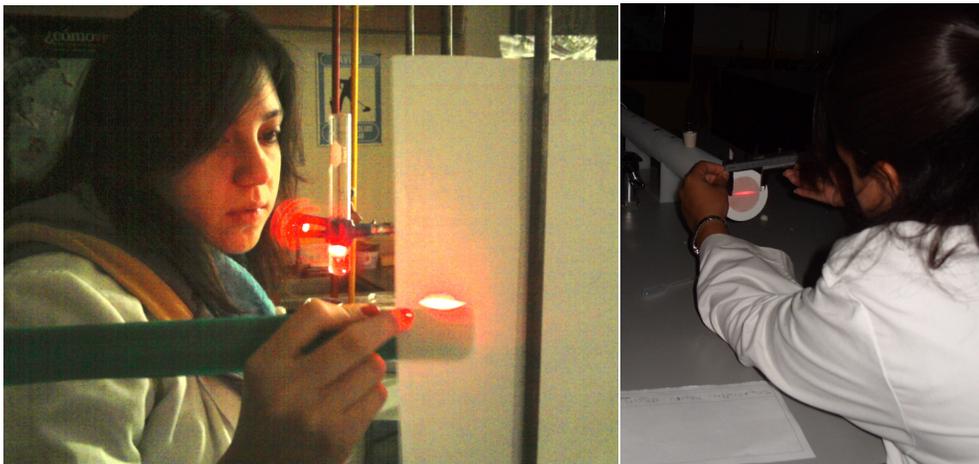


Figura 5. Medición de la longitud del haz de luz proyectado sobre una pantalla de papel milimétrico. Dispositivo inicial y dispositivo mejorado.

7. Es preciso enjuagar con agua destilada el tubo receptor de la muestra a cada cambio de concentración, esto para minimizar el error en la lectura de las diferentes muestras. Asimismo, se debe iniciar la lectura por la muestra de menor hasta la de mayor concentración.

Se hicieron pruebas con cinco diferentes concentraciones, a partir de diluciones de una muestra inicial de concentración 36 % m/v de glucosa, de acuerdo a la tabla siguiente:

Tubo	Factor de dilución	Agua destilada (ml)	C₆H₁₂O₆ 36% (ml)
1	1:2	5.0	5.0
2	1:3	6.7	3.3
3	1:4	7.5	2.5
4	1:5	8.0	2.0
5	1:6	8.3	1.7

Resultados

Con base en las lecturas realizadas de la longitud del haz de luz proyectado sobre la pantalla milimétrica, se han obtenido los siguientes resultados:

Longitud del haz al aire: 5mm

Longitud del haz del tubo con agua destilada 14 mm

Tubo	Concentración (g/ml)	Longitud promedio (mm)
1	0.190	31.5
2	0.120	33.5
3	0.095	36.5
4	0.076	39.0
5	0.065	42.0

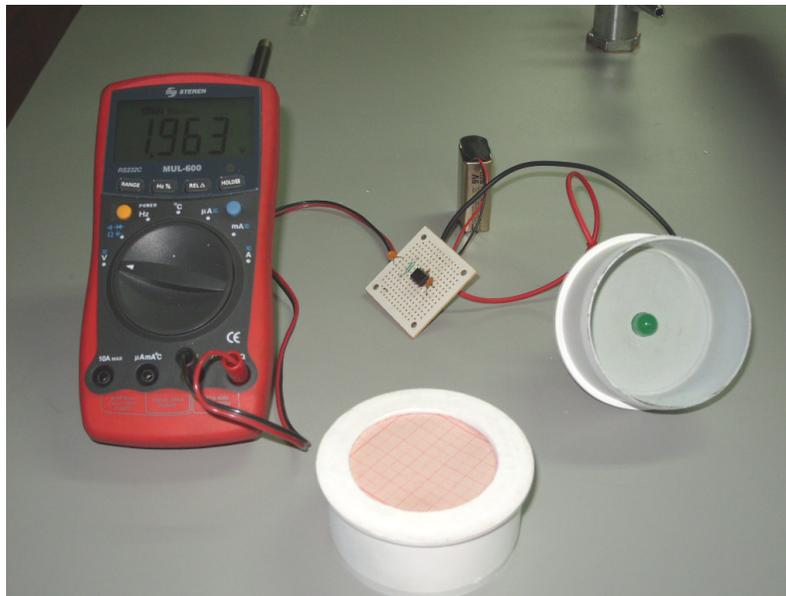
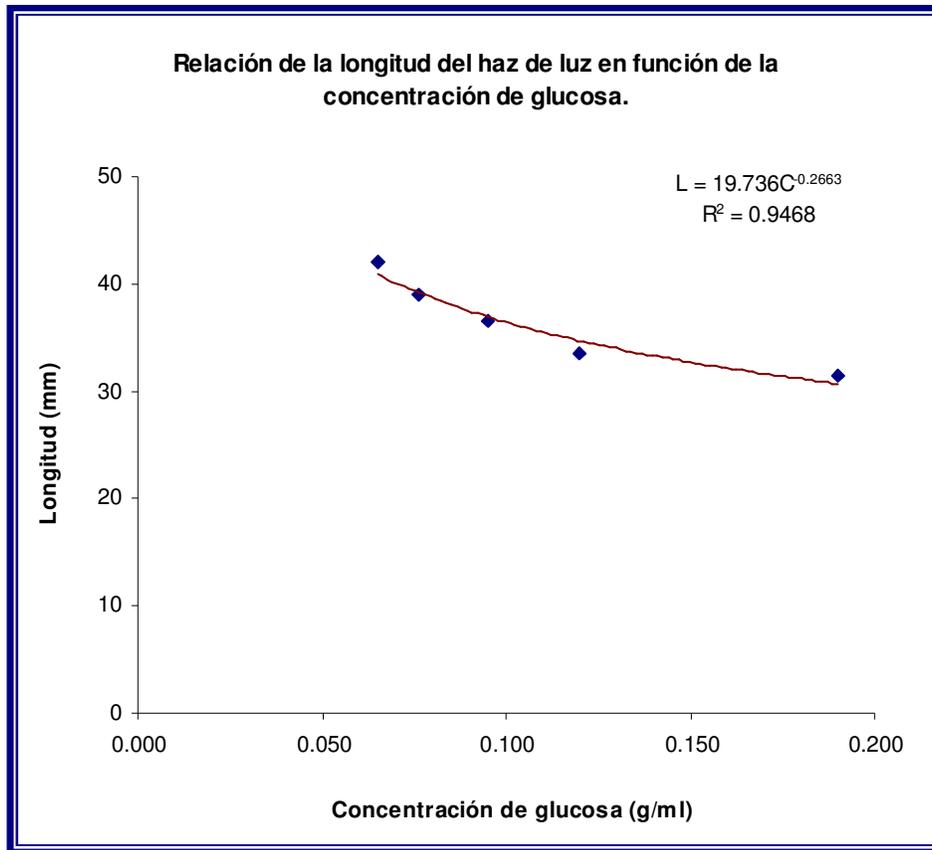


Figura 6. Pantalla de papel milimétrico y dispositivo electrónico con diodo receptor de luz, se pretende agregar este dispositivo para la mejora de lecturas mediante el uso de un multímetro conectado mediante interfaz a una computadora. Ambas tapas son intercambiables para el dispositivo diseñado.

Conclusiones

- Como se puede observar en los resultados preliminares, existe una relación entre la concentración de glucosa y la longitud del haz medido. A una mayor concentración de soluto, corresponde una disminución de la longitud del haz de luz.
- Con los resultados obtenidos hasta el momento, ha sido posible obtener un modelo exponencial de la curva tipo, con un coeficiente de correlación lineal de 0.95. Este modelo nos permitiría determinar la concentración de glucosa de una muestra problema a partir de la medición de la longitud del haz de luz.
- Si se acopla un diodo receptor de luz y éste a su vez se conecta a un medidor de voltaje y a una computadora, es posible obtener medidas más precisas de la relación de ambas variables, este es el objetivo final del presente trabajo.
- Es necesario realizar nuevas mediciones con el dispositivo electrónico de lectura para caracterizar al instrumento.
- Es necesario investigar sobre las dimensiones de la molécula de glucosa y de la longitud de onda del láser empleado, para comprender de mejor manera, cómo es el mecanismo de respuesta a la variación de la longitud del haz del láser y la concentración de glucosa.

Bibliografía y fuentes de información

- Ball, D. *Fisicoquímica*. Editorial Thomson Learning. México (2006).
- Blaedel, W. y Meloche, V. *Elementary quantitative analysis*. Segunda edición. Editorial Harper and Row. New York (1970).
- Hecht, E. *Física*. Segunda edición. Editorial Thomson Learning. México (1999).
- Hewitt, P. *Física conceptual*. Novena edición. Editorial Pearson Education. México (2004).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Beer-Lambert
- Kotz, J., Trechel, P. y Weaver, G. *Química y reactividad química*. Sexta edición. Editorial Thomson. México (2005).

Anexo I. Diagrama de flujo del proceso de operación del espectrofotómetro de absorción de luz.

