

Comprobación de la Ley de Lambert-Beer.

Hernández, Y.¹, Nieves, J.¹

¹ Cuarto Año. Facultad de Física. Universidad de La Habana. Cuba.

E-mail: yeslaine.hernandez@estudiantes.fisica.uh.cu

Tutor(es): Dr. Gustavo ¹

¹ Facultad de Física, Universidad de La Habana.

Resumen

En este proyecto de Electrónica Digital, utilizamos las ventajas de un Arduino Nano y la aplicación, para teléfonos Android, Phyphox para medir la intensidad de la luz que atraviesa distintas cantidades de capas de un plástico traslúcido. El objetivo de este montaje es la comprobación de la ley de Lambert Beer para un sólido y determinar el coeficiente de absorción del material, además de poner en práctica los conocimientos adquiridos en la asignatura Electrónica Digital II.

Palabras Clave: Servomotor, Ley de Lambert Beer, Arduino, Phyphox.

2. ¿A qué se llama servomotor?

1. Introducción

La ley de Beer fue descubierta de modo independiente (y por distintos métodos) por Pierre Bouguer en 1729, Johann Heinrich Lambert en 1760 y August Beer en 1852. Más tarde, Wilhelm Beer y Johann Lambert propusieron que la absorbancia de una muestra a determinada longitud de onda depende de la cantidad de especie absorbente con la que se encuentra la luz al pasar por la muestra.

En óptica, la ley de Beer-Lambert, o ley de Beer-Lambert-Bouguer es una relación empírica que relaciona la absorción de luz con las propiedades del material atravesado.

La ley de Lambert-Beer afirma que “a mayor concentración, mayor absorbancia”, asegura que la cantidad de luz absorbida por un cuerpo depende de la concentración en la solución.

Podemos considerar esta ley como un modelo matemático para describir cómo la materia absorbe la luz. Además, posee gran importancia en la ciencia y la industria, pues esta ley permite determinar las concentraciones de disoluciones, a partir de una recta de calibrado obtenida midiendo las absorbancias de disoluciones patrón de concentraciones conocidas.

En este proyecto realizamos el montaje de un circuito que permite confirmar el cumplimiento de la Ley de Lambert-Beer para un cuerpo sólido.

Un servomotor es un dispositivo eléctrico autónomo que gira partes de una máquina con alta eficiencia y precisión. El eje de salida de este motor se puede mover a un ángulo, posición y velocidad particulares que un motor normal no tiene.

Los motores de CC son motores de rotación rápida y continua que se utilizan principalmente para cualquier cosa que necesite girar a una alta rotación por minuto, por ejemplo, ruedas de coche, ventiladores, etc. Por otro lado, los servomotores son de alto par, rotación rápida y precisa en un ángulo limitado.

Un servo es aquel que contiene un decodificador que convierte el movimiento mecánico (giros del eje) en pulsos digitales interpretados por un controlador de movimiento. También utilizan un driver, que en conjunto forman un circuito para comandar posición, torque y velocidad.

Los servomotores componen un sistema de circuito cerrado y se componen de un circuito de control; un motor eléctrico, que es el encargado de generar el movimiento a través de su eje; un sistema de regulación, formado por engranajes, amplificador y un resolutor, por los cuales puede aumentar la velocidad o disminuirla; un potenciómetro, conectado al eje central y que permite en todo momento saber el ángulo en el que se encuentra el eje del motor.

El controlador es la parte más importante del

dispositivo, la mejora del rendimiento se produce debido a que la electrónica de control utiliza un microcontrolador para enviar más pulsos de control al motor aumentando la precisión de movimiento y el rendimiento.

Algunos criterios para clasificar los servomotores es el tipo de corriente utilizada: CA o CD, o el campo de rotación de los motores: si la rotación es síncrona o asíncrona.

Los servomotores se aplican en muchos campos como la automatización industrial y la robótica. Se utiliza un servomotor en cada “junta” de un robot para realizar su ángulo de movimiento preciso.

Otros ejemplos de aplicaciones de servos son en las puertas de ascensores o en el enfoque automático de las cámaras fotográficas, donde se usa un servomotor integrado que corrige con precisión la posición de la lente para enfocar las imágenes desenfocadas.

Una de las ventajas de la utilización de un servomotor es que ya existe una librería (“*servo.h*”) dentro las librerías estándares de arduino que facilita mucho el control de este dispositivo. Además de que nos permite controlar con gran precisión la posición angular en la que sitúa nuestro dispositivo. Además este dispositivo funciona con 5 V y con muy baja corriente eléctrica, lo que permite utilizarlo directamente desde el arduino sin tener que acoplarle otro circuito que lo alimente.

Como desventaja de la utilización de este dispositivo se encuentra el hecho de que solo es capaz de recorrer 180° , lo que limita a la mitad la cantidad capas que podemos añadirle a nuestro dispositivo.

3. ¿Qué se entiende por la Ley de Beer-Lambert?

La ley de Beer-Lambert relaciona la intensidad de luz entrante en un medio con la intensidad saliente después de producirse la absorción en dicho medio. La relación entre ambas intensidades puede expresarse a través de la siguiente relación:

$$\frac{I_n}{I_0} = 10^{-\alpha l}$$

Donde α es el coeficiente de absorción y l es la longitud de la muestra que atraviesa la luz. La ley afirma que hay una relación exponencial entre la transmisión de luz a través de una sustancia y la concentración de la sustancia, así como también entre la transmisión y la longitud del cuerpo que la luz atraviesa. Si conocemos l y α , la concentración

de la sustancia puede ser deducida a partir de la cantidad de luz transmitida.

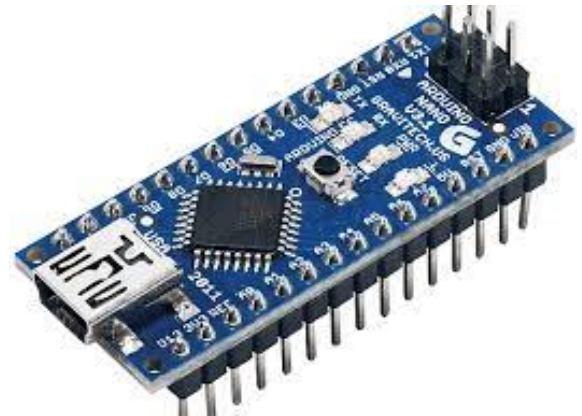
El valor del coeficiente de absorción α varía según los materiales absorbentes y con la longitud de onda para cada material en particular. La ley de Lambert-Beer tiende a no ser válida para concentraciones muy elevadas, especialmente si el material dispersa mucho la luz.

4. Materiales y métodos

Para el montaje de nuestro experimento esencialmente utilizamos un servomotor (ver Fig. 1a), un Arduino Nano (ver Fig. 1b), una fuente de luz y la aplicación Phyphox en un teléfono con sistema operativo Android.



(a) Servomotor sg90 rc 9g



(b) Arduino Nano

Figura 1: Dispositivos electrónicos usados para la construcción del dispositivo

Para la construcción del dispositivo empleado, tomamos la parte superior de un pomo plástico

traslúcido y le acoplamos el servomotor a su tapa. Luego, se recortaron varias plaquitas del mismo material del pomo y se adhirieron a dicho dispositivo, de tal modo que el grosor de las capas plásticas iba en aumento a medida que motor gira.

Más tarde, colocamos una fuente de luz fija en el interior del pomo, de tal forma que cuando el servomotor hace girar al dispositivo la luz va atravesando distintos grosores de plástico.

Para medir la intensidad de la luz atravesada por el dispositivo para cada uno de sus ángulos, utilizamos la aplicación Phyphox que emplea los sensores del teléfono móvil, en nuestro caso usamos específicamente el sensor de luz.

Para controlar el movimiento del eje del servomotor (ángulo de giro), empleamos el Arduino Nano. Este recibe por el puerto de serie el ángulo deseado y coloca al dispositivo en la posición angular correspondiente.

Adicionalmente escribimos un script en el lenguaje de programación Python que, usando la librería “PySerial”, le envía por el puerto de serie al arduino la posición angular en la que el servomotor debe colocar al dispositivo.

La aplicación Phyphox tiene la opción de crear un host de datos para compartir las mediciones realizadas con los sensores del teléfono celular, y adicionalmente provee una interfaz de programación de aplicaciones (API) que permite enviarle algunos comando de control básicos a la aplicación, como por ejemplo, iniciar o detener las mediciones.

De esta forma, usando la librería “requests” de Python, podemos controlar cuando la aplicación comienza a medir y cuando se detiene, también podemos indicarle que exporte los datos medidos en un archivo con formato “xls” o “csv”, o que borre los datos recolectados hasta el momento.

5. Resultados y Discusión

Una vez realizado el experimento para diferentes posiciones angulares, cada una con su correspondiente grosor de plástico a atravesar, los resultados obtenidos de la aplicación Phyphox son exportados en un archivo “xls”. Estos se muestran en la Fig. 2:

Los datos obtenidos son procesados en python usando las librerías “pandas” y “numpy” para relacionar cada valor de la intensidad de la luz con la cantidad de capas que esta tuvo que atravesar. Esta relación es mostrada en la Fig. 3.

Para poder aplicar nuestro modelo a los datos recolectados primero se deben normalizar los

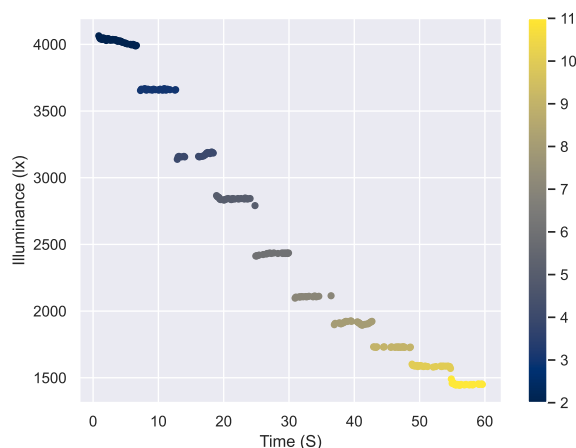


Figura 2: Gráfica de Iluminancia vs. Tiempo. El color de los puntos representa la cantidad de capas atravesadas por la luz.

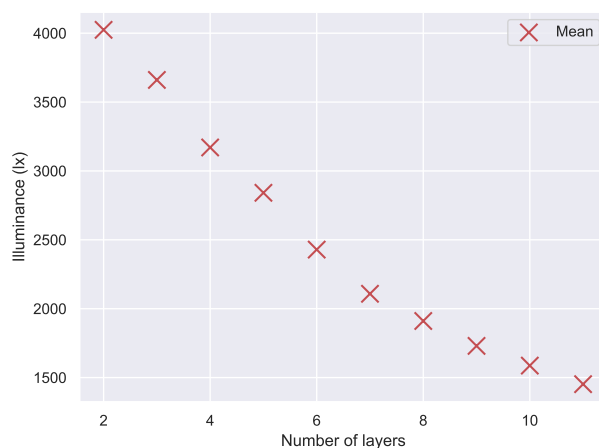


Figura 3: Gráfica de Iluminancia vs. Cantidad de Capas.

valores de la iluminación en base al mayor valor obtenido, que corresponde con el menor número de capas. Además se debe restar la cantidad de capas de la medición que usamos para normalizar al resto de las mediciones. Por último calculamos el \log_{10} a las mediciones de la iluminación ya normalizada.

Luego de realizadas estas transformaciones podemos aplicar un ajuste lineal a los datos. Los datos transformados y el ajuste realizado son mostrados en la Fig. 4. Teniendo en cuenta la ley de Lambert-Beer, se concluye que la pendiente del ajuste representa el término $\alpha \cdot e$, donde α es la coeficiente de absorción del material para esa longitud de onda y e representa el espesor de una sola capa plástico.

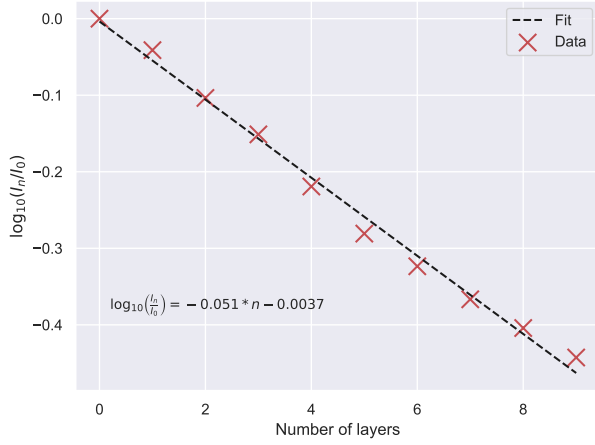


Figura 4: Ajuste lineal de la gráfica 2.

Luego, se tiene que $\alpha \cdot e \approx 0,051$

Este ajuste tuvo un $r^2 \approx 0,9929$, lo que indica que nuestros datos, luego de normalizados y de calculado el logaritmo, se ajustan bastante bien a una función lineal con pendiente negativa.

Además, como puede apreciarse el intercepto es de 0.0037 aproximadamente, bastante cercano al cero (valor teórico esperado). Esto puede deberse a las reflexiones de la luz en el material, lo cual no se tuvo en cuenta en el experimento o incluso a posibles ruidos en nuestras mediciones.

6. Conclusiones

En este trabajo integramos varios dispositivos electrónicos como el Arduino Nano y el servomotor, escribiendo un programa en Arduino y otro en Python para el control de nuestro experimento. Finalmente, logramos comprobar que la absorción de la luz por los materiales sigue una ley de carácter exponencial en función del espesor de la muestra atravesada, y determinamos las constantes del ajuste.

Recomendaciones

El trabajo puede recibir muchas mejoras, entre ellas aumentar el número de capas para poder realizar una mayor cantidad de mediciones. Esto se puede lograr si se usa un objeto cilíndrico de mayor radio al usado por nosotros, también se puede sustituir el servomotor o modificarlo para lograr que recorra 360° .

También recomendamos incluir el tratamiento de las incertidumbres en las mediciones realizadas para luego presentar este trabajo como una propuesta de experimental para el laboratorio de Óptica.