Light-gummy interaction: absorption and transmission of light

Interacción luz-gominola: absorción y transmisión de luz

A. Gargallo^{1,S*}, A. I. Gómez-Varela^{1,S}

1. Departamento de Física Aplicada (Área de Óptica), Universidade de Santiago de Compostela, Facultade de Óptica e Optometría (Campus Vida), 15782, Santiago de Compostela, Spain

(*) E-mail: ana.gargallo@usc.es

S: miembro de SEDOPTICA / SEDOPTICA member

Received / Recibido: 11/05/2015

Accepted / Aceptado: 29/05/2015

DOI: 10.7149/OPA.48.2.145

ABSTRACT:

The picture below shows three gummy bears of various colors (white, red and green) illuminated with different light sources (white LED, red laser and green laser). This basic experiment aims to teach students the characteristics of light interaction with objects and color properties, through visual demonstration of absorption and transmission.

Key words: light properties, optics education, color, absorption, gummy bear experiment.

RESUMEN:

La composición de las imágenes presentadas muestra ositos de gominola de colores (blanco, rojo y verde) iluminados con distintas fuentes de luz (LED blanco, láser rojo y láser verde). Este experimento básico pretende enseñar a los estudiantes las características de la luz y el color al interactuar con los objetos, mediante la demostración visual de absorción y transmisión.

Palabras clave: propiedades de la luz, educación en óptica, color, absorción, experimento con ositos de gominola

Fig 1. Demostración de la absorción y transmisión de luz con ositos de gominola. En (a) se ven los ositos iluminados con luz ambiente, en (b) se observa la transmisión de luz blanca LED a través de los 3 ositos. Las imágenes (c) y (d) muestran la absorción y transmisión de un láser rojo y un láser verde respectivamente.

REFERENCES AND LINKS / REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] T.P. Sakmar, *Adler: Fisiología del ojo*. Cap.23, Visión Cromática. Elsevier (2004).
 - [2] E. Hecht, *Óptica*. Madrid, Addison Wesley Iberoamericana (2000).
 - [3] R.J.D. Tilley, *Colour and the Optical Properties of Materials*. John Willey & Sons (2011).
 - [4] R.W.G. Hunt, M.R. Pointer, *Measuring Colour*. John Wiley & Sons (2011).
<http://dx.doi.org/10.1002/9781119975595>
 - [5] G. Wyszecki, W.S. Stiles, *Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. 2nd edition. Wiley Classics (2000)
 - [6] J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer, *Biochemistry*. 5th Edition. Section 19.2, Light Absorption by Chlorophyll Induces Electron Transfer. New York, W.H. Freeman (2002)
 - [7] L. El Chaar, L.A. lamont, N. El Zein, "Review of photovoltaic technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **15** (V), 2165-2175 (2011)
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.004>
-

1. Introducción

La radiación electromagnética de longitud de onda entre 380 y 760nm induce fotorreacciones en la retina humana que dan origen a la experiencia visual. Por ello, a esta parte del espectro se le conoce como luz visible o luz blanca. El cerebro es capaz de discriminar estos estímulos luminosos por su longitud de onda asignándoles un color. Por tanto, el color es una percepción subjetiva de la luz que llega a nuestros ojos [1].

A menudo, antes de llegar a nuestras retinas, la luz que sale de una fuente emisora se encuentra con objetos a su paso y el color percibido es el resultado de las interacciones luz-materia. La naturaleza dual de la luz hace que las interacciones con el material sean descritas en términos de difusión y absorción.

Cuando un rayo de luz alcanza un material, si su energía no es suficiente, interacciona con los átomos de éste y puede difundirse, es decir, cambiar su dirección de propagación sin alterarse. Generalmente, al cambio de dirección de la luz sin cambio de medio desde una superficie se le llama *reflexión*, y al cambio al atravesar un nuevo medio transparente se le denomina *refracción*. Sin embargo, si el fotón asociado a la radiación incidente tiene una energía equivalente a la de los estados excitados, el átomo *absorberá* la luz, realizando un salto cuántico hasta un nivel más alto de energía [2].

Por tanto, cuando la luz incide en un objeto puede ser transmitida, absorbida o reflejada. En muchos casos los tres ocurren en mayor o menor medida, de manera que la intensidad de luz incidente será igual a la suma de las intensidades de luz reflejada, transmitida y absorbida de acuerdo a la expresión:

$$I_0 = I_r + I_t + I_a \quad (1)$$

Todos estos procesos son dependientes de la longitud de onda y son los responsables de que veamos los objetos de un color determinado. Un material que no absorbe ni refleja luz se dice que es transparente, ya que todo se transmite a través de él; en el caso de que absorba todo el espectro visible será un material opaco, ya que no permite el paso de luz. La *absorción selectiva* de la luz que atraviesa un material es la responsable de la producción de luz coloreada a partir de luz blanca [3].

La absorción selectiva ha sido usada durante siglos para producir color. Un claro ejemplo es el empleo de filtros coloreados, que absorben en gran medida unas longitudes de onda y otras las transmiten. Las mezclas sustractivas consisten en restar longitudes de onda o colores a la luz blanca. Los colores sustractivos primarios son el cian, que absorbe el rojo y transmite el azul y el verde, el magenta que absorbe el verde y transmite el azul y el rojo, y el amarillo que absorbe el azul y transmite el verde y el rojo. Si se mezclan estos colores en proporciones iguales se obtendrá el negro porque cada color primario absorbe su complementario en igual proporción [4].

En el caso de la luz monocromática que atraviesa una solución con un cromóforo que absorba luz en la misma frecuencia que ésta, la luz absorbida tiene una relación exponencial con la densidad del cromóforo. Así a concentraciones mayores más luz será absorbida y menos transmitida de acuerdo a ley de Beer-Lambert. Esta relación entre concentración y absorbancia se utiliza en espectroscopía para la detección de sustancias [5].

En este trabajo ilustramos de una manera sencilla como absorben la luz los objetos con materiales cotidianos. Muchos estudiantes tienen una concepción errónea del color, atribuyendo esta propiedad a los objetos. El objetivo del experimento de la fotografía (figura 1), es demostrar a los alumnos de secundaria que el color es una propiedad de la luz y vemos los objetos de colores por la interacción de ambos.

2. Así se hizo

2.a. Material empleado

Realizamos este experimento con alumnos de 3º y 4º de la ESO y de bachillerato de diferentes colegios de Santiago de Compostela y de Ourense. A cada grupo de alumnos se le entregaron tres osos de gominola de diferentes colores (uno verde, uno rojo y uno transparente) y tres fuentes de luz, dos monocromáticas (láser verde y láser rojo) y una de luz blanca (linterna LED).

2.b. Preparación

Se dividió a los estudiantes en grupos de 5-6 personas y se les suministró el material necesario para realizar el experimento. Después de instruirles sobre las normas del uso y seguridad láser, se les pidió que colocaran los osos sobre una superficie blanca como en la figura 1.a.

A continuación los alumnos procedieron a iluminar cada osito con cada una de las fuentes de luz disponibles. Primero con la linterna LED blanca y después con los láseres rojo y verde. Cada grupo debía anotar sus observaciones y discutir con la clase lo que encontró.

Para tomar las fotografías de la figura 1 se utilizó una cámara Canon EOS 1100D con un objetivo de focal fija 50 mm. Para realizar las tomas se utilizó un trípode y una iluminación ambiente baja. El tiempo de exposición fue de 2,5 segundos mientras se iluminaba con la linterna LED blanca. Para las capturas con los láseres rojo y verde la exposición fue mayor, de 3,5 segundos, para poder iluminar consecutivamente los 3 ositos con el mismo láser. Posteriormente se hizo la composición con Adobe® Photoshop® CC.

3. Resultado

La luz blanca LED atravesará los tres ositos pero se teñirá del color de cada osito que atraviesa (figura 1.b). Cuando se iluminan con luz monocromática roja, ésta atravesará los ositos rojo y transparente, coloreándose este último de rojo. El osito verde, sin embargo, se verá más oscuro y la luz no lo atravesará (figura 1.c), contrariamente a lo que ocurre con el láser verde (figura 1.d).

Cuando se ilumina un osito de gominola verde con el LED blanco, parece que es el osito el que le añade el color verde a la luz. Sin embargo, lo que ocurre es que absorbe todas las longitudes de onda del espectro visible menos la verde, además refleja parte de esa luz verde por lo que lo vemos con ese color. La luz del láser es monocromática, de manera que si iluminamos el osito con una longitud de onda que no sea verde la absorberá, como en el caso del láser rojo.

La absorción de luz no solo es importante para dar color a los objetos, también es imprescindible para la vida. Un ejemplo de este fenómeno en la naturaleza es la fotosíntesis. Las hojas de las plantas se ven verdes a la luz del sol porque tienen una sustancia que absorbe las longitudes de onda azul y roja y refleja principalmente la verde. Esta sustancia es la clorofila. La absorción de luz por parte de los electrones generalmente se transforma en calor, sin embargo en la clorofila esta absorción hace que se desaten una serie de procesos que convierten la energía lumínica en energía química [6].

Los fenómenos de absorción de luz por los materiales y la posterior liberación de energía por parte de los electrones al volver a su estado de reposo, es la base de las tecnologías fotovoltaicas. El desarrollo de estas tecnologías basadas en la luz ha permitido obtener energía más limpia, como es la procedente de la luz solar [7].

4. Conclusiones

Este sencillo experimento es muy útil para demostrar que el color de los objetos es el resultado de la interacción luz-materia, en concreto se visualiza el fenómeno de absorción de luz por parte de los materiales.