

## De vampiros, gatos y espejos

**D. Estrada Wiese**

Instituto de Energías Renovables, UNAM

**J. Antonio del Río Portilla**

Instituto de Energías Renovables, UNAM

Academia de Ciencias de Morelos

Estamos viendo una película de vampiros cuando Drácula intenta morder a la chica guapa de la película pasando frente a un espejo y... sorpresa, vemos el reflejo de la chica, pero no el reflejo del vampiro. En la mayoría de las novelas vampíricas, esta ausencia de reflejo es lo que delata a los vampiros. Estamos de acuerdo que esto es fantasía y no forma parte de los asuntos que explica la ciencia; pero el tema de espejos tiene muchas facetas interesantes. Es sorprendente ver a un gatito enfrentarse por primera vez a su imagen reflejada en un espejo, seguramente lo veremos ansioso y hasta engrifado. Para nosotros es totalmente normal vernos en el espejo, tanto que nos sorprendería encontrar algo que no se refleje o que

no lo haga de la manera esperada. Sin embargo, seguramente, alguna vez te habrás preguntado ¿cómo reflejan los espejos?

### Cómo reflejan los espejos

Para poder entender como funcionan los espejos primero debemos comprender a la luz. Si en una habitación oscura encendemos una lámpara los cuerpos que nos rodean, hasta entonces invisibles, se harán visibles. La luz que incide sobre los cuerpos es reflejada, otra parte es absorbida y otra puede ser transmitida a través de ellos, como en los cuerpos transparentes. La luz reflejada de los objetos llega a nuestros ojos formando una imagen y así podemos visualizar lo que hay en la habitación.

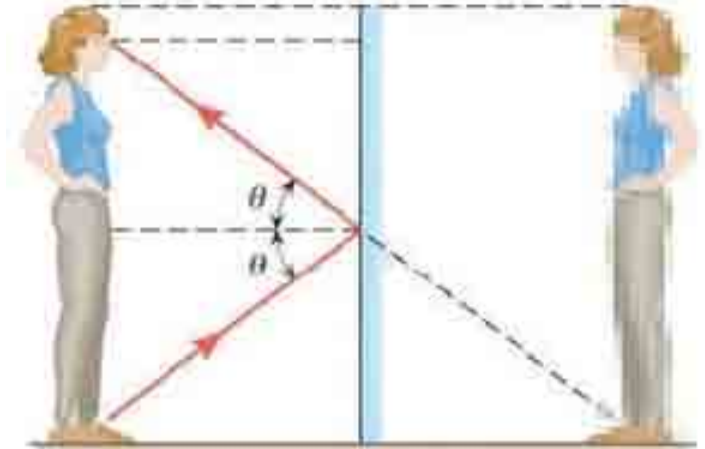
Si la luz incide sobre una superficie lisa, como un charco de agua, un vidrio o un espejo, la luz refleja toda la imagen sin alterarla. Esto se rige siguiendo la ley de reflexión que nos explica que cuando un rayo de luz incide en una superficie reflejante, rebota de una manera específica, como una pelota de ping pong al

aventarla contra la pared. El ángulo de incidencia siempre será igual al ángulo con que deja la superficie, llamado el ángulo de reflexión. Una consecuencia directa de esta ley es que podemos encontrar el tamaño mínimo necesario de un espejo para poder vernos de cuerpo completo en un espejo. Claramente si el espejo es de nuestro tamaño al alejarnos nos vemos reflejados completamente en él; es más al alejarnos vemos parte de lo que está arriba y abajo de nosotros, pero en un pequeño espejo de una polvera nunca nos podremos ver completamente. Entonces hay un tamaño mínimo del espejo necesario para poder vernos de cuerpo completo. Al tener clara la ley de reflexión sabemos que la luz que viaja en línea recta de nuestros pies a nuestros ojos reflejándose en el espejo forma el mismo ángulo como lo mostramos en la figura 1. Por esta razón el espejo debe tener una longitud de por lo menos la mitad de nuestra altura para vernos completamente. Si el espejo es más pequeño nunca podremos vernos de cuerpo completo. Si hemos explicado este problema te será fácil resolver el mismo problema si nuestros ojos estuvieran colocados a la mitad de nuestro cuerpo. ¿Habría algún cambio en la longitud de este espejo mínimo?

Otra experiencia interesante sobre los espejos es cuando entramos a la casa de los espejos de la feria. Seguramente nos divertimos mirándonos en espejos que nos hacen ver más gordos, más altos, más delgados, con grandes cabezas y pies enormes; nuestras imágenes están siendo alteradas por los espejos. La manera en que podemos cambiar cómo funcionan los espejos es variando su curvatura dependiendo de la imagen que queremos obtener. Así que la próxima vez que vayas a la feria explora qué tipo de curvatura resulta en cuál imagen.

### Otros usos de los espejos

Pero ¿podemos usar espejos para algo más que peinarnos por las mañanas o divertirnos en la feria? Como bien sabemos, la respuesta es sí. En la cotidianidad vemos espejos en todos lados: en los automóviles, en el dentista, en los supermercados, etc.; pero también se utilizan reflectores como componentes en diversos dispositivos tales como los telescopios, televisores de alta definición, como parte integral de las plantas termosolares, y muchos más. Para este tipo de aplicaciones son buenos los espejos metálicos, compuestos por una delgada capa de aluminio o plata cubierta por un vidrio. Pero, si nos interesa utilizar espejos de este tipo para algún uso de concentración solar, se degradarían con facilidad. Es importante aclarar un punto: la



**Figura 1:** El tamaño del espejo debe ser de la mitad de la altura de la persona si desea verse de cuerpo completo. El rayo de luz procedente del pie es reflejado en el espejo con el mismo ángulo que el rayo incidente.

reflexión total no existe en los espejos metálicos, de tal manera que solamente se refleja una parte (por cierto, grande) de la energía, pero otra (pequeña) se absorbe. Esta energía que absorben los espejos los calienta; cuando la energía del Sol es concentrada, la temperatura aumenta mucho en los espejos y éstos se van degradando. Recordemos que el aluminio tiene una temperatura de fusión de 660.3 °C y cuando la temperatura se acerca a este punto el aluminio empieza a deformarse.

### Los espejos metálicos tienen la propiedad de que pueden reflejar luz con diferentes energías.

Comentemos algunos otros aspectos de la luz para entender esta idea: La luz es una onda electromagnética, es decir la oscilación de un campo magnético y un campo eléctrico acoplados que se propagan en el espacio a una velocidad determinada. La cantidad de veces que oscilan los campos en un segundo es definido como la frecuencia, misma que es directamente proporcional a la energía de la onda electromagnética, o bien, la luz. Podemos entonces clasificar a las ondas de acuerdo a su energía / frecuencia como: rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja, ondas de terahertz, microondas y ondas de radio, ordenadas de mayor a menor frecuencia [ver referencia 1]. El conjunto de todas estas ondas es llamado espectro electromagnético. Regresando al tema de los espejos podemos ahora comprender la posibilidad de reflejar luz de frecuencias diferentes, es decir, reflejar un amplio rango del espectro electromagnético. Por ejemplo, el espejo de nuestro baño refleja las ondas en el rango del visible e incluso parte del infrarrojo. Sin embargo, podríamos necesitar un espejo que refleje solo un color para usarlo en un láser, o un espejo que se pueda utilizar como sensor que refleje solamente la luz emitida por una molécula en un equipo para diagnósticos médicos. Podríamos seguir indagando para idear más y más usos para re-

flectores con diferentes características, pero ahora presentamos el tipo de espejo que es capaz de cumplir con las propiedades que mencionamos: los espejos dieléctricos. Es importante hacer un paréntesis y decir que la mayoría de los materiales dieléctricos son transparentes a la radiación electromagnética, esto es una diferencia de los metales que reflejan esta radiación. De aquí lo sorprendente de poder construir espejos que reflejan la luz con materiales dieléctricos. Estos espejos están formados por capas alternantes de diferentes materiales dieléctricos y tienen múltiples ventajas sobre los espejos metálicos. La estructura periódica no permite que la luz se propague dentro del material compuesto, ya que las reflexiones de cada capa interfieren destructivamente, formando un espejo casi perfecto (ver figura 2). Escogiendo el tipo y espesor de cada capa dieléctrica, es posible diseñar espejos que reflejen un color específico (cierta frecuencia de la luz) o un rango de colores determinado. En la figura 3 mostramos cómo se vería una imagen reflejada en un espejo dieléctrico que solamente refleje el color azul.

Aparte de escoger el rango de frecuencias que deseamos reflejar, podemos diseñar espejos para que sólo reflejen para ángulos de incidencia específicos. Por ejemplo, espejos que vistos de lado (digamos, a 45°) no reflejen ninguna imagen, pero que si los observamos justamente por encima (0°), muestran nuestro reflejo.

Entre muchas otras aplicaciones para los espejos dieléctricos, nos encontramos con las relacionadas a concentración solar. En el Instituto de Energías Renovables, UNAM, nos interesa el desarrollo e investigación en la tecnología para la captación, acumulación y distribución de la energía solar. En particular, para un sistema de concentración solar se pueden usar espejos secundarios hechos de materiales dieléctricos. La ventaja que presentan estos reflectores sobre los metálicos es que se degradan con mayor dificultad y no



# Asilo de Animales

PHILIP E. KAHAN

## No compres animales

# ADPTA

Zempoala #55, Col. Adolfo Ruiz Cortines  
C.P. 62180 Cuernavaca, Mexico.  
Por subida a Chalma

Diciembre 2014  
50 Aniversario

www.asociacionprotectoradeanimalesdecuernavaca.com

MAIL: philip.ekahan@gmail.com  apac01

Llámanos al 380 02 65

HORARIO DE ADOPCIONES

Lunes a Viernes:  
11:30 a 13:00 hrs. Y 15:30 a 16:30

Sábados:  
11:30 a 13:00 hrs. Y 14:30 a 15:30

Lunes a Viernes:  
11:30 a 15:00 hrs.

ATENCIÓN MÉDICA

- Consulta
- Vacunas
- Desparasitaciones
- Adopciones
- Pensión



# ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx

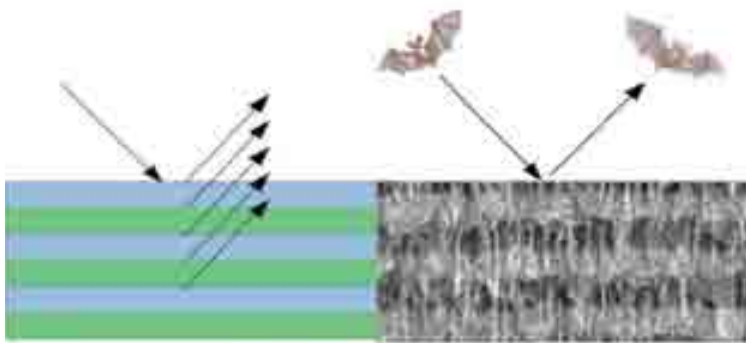


Figura 2: La luz incidente es reflejada debido a la estructura periódica de las capas. Las múltiples reflexiones interfieren destructivamente evitando la propagación de la luz hacia abajo. Al lado derecho mostramos una imagen obtenida con un microscopio electrónico de barrido de una sección transversal de un espejo dieléctrico de Silicio Poroso que fabricamos en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM en Temixco, Morelos.



Figura 3: Nuestro gato seguro se sorprendería mucho al mirar su imagen en un espejo dieléctrico que refleja sólo el color azul.

presentan un incremento de temperatura tan elevado como un espejo de aluminio por ejemplo [referencia 2]. Podemos diseñar y fabricar nuestros espejos de manera que sean más reflectivos que los metálicos y así lograr un dispositivo de concentración solar más eficiente al no presentar pérdidas por absorción de energía o degradación. Los espejos que nosotros fabricamos están compuestos por un material dieléctrico nanoestructurado llamado Silicio Poroso (P-Si). Dependiendo de las condiciones de preparación del P-Si podemos modificar la porosidad y por lo tanto las propiedades ópticas del mismo. La manera en que la luz viaja dentro del material depende

de sus características, tales como el índice de refracción o el coeficiente de absorción. Escogiendo la porosidad y espesor adecuado para cada capa podemos fabricar estructuras de multicapas de P-Si para formar espejos con una alta reflectividad. Recientemente propusimos un método para diseñar el arreglo de las capas y poder fabricar espejos altamente reflectivos que además cubren un amplio rango del espectro electromagnético [referencia 3]. Con esta herramienta somos capaces de fabricar espejos para cualquier tipo de aplicación, no solamente para concentración solar.

Ahora, si te preguntas si es posible

producir espejos para delatar a Drácula tendremos que desilusionarlo: No creemos que exista este vampiro humano; pero definitivamente, sí, podemos fabricar reflectores que asusten a su gato. ¿Algún interesado

en participar?

Referencias

[1] El espectro radioeléctrico es propiedad de la nación, W. Luis Mochoan,

La Unión de Morelos, pag. 34 y 35, (22-04-2013) <http://bit.ly/146kVlh>  
 [2] M.B. de la Mora et al, Sol. Energ. Mat Sol. C. 93, 1218, (2009).  
 [3] Tesis Maestría en Ciencias (Física), Denise Estrada Wiese, UNAM, (2014).

**JAVIER ESTRADA Y FAMILIA**  
**TE REGALAN TUS ESTUDIOS**

**¡Vámonos a la UGV!**

Inscripción Gratuita en Universidad y Preparatoria

**UNIVERSIDAD GUIZAR Y VALENCIA**  
 Verto In Prosperum  
 UNIVERSIDAD • PREPARATORIA

La primera Institución Educativa de Latinoamérica

**Atacomulco s/n (Frente a las fuentes Danzarinas)**  
 Tels: (777) **242 4553**  
**243 1034**

**LICENCIATURAS EN:**

- Ciencias de la Comunicación
- Biología y Medio Ambiente
- Deporte y Cultura Física
- Administración
- Enfermería Bilingüe
- Pedagogía
- Derecho

**PREPARATORIA GUIZAR Y VALENCIA**

**¡JAVIER ESTRADA Y FAMILIA TE REGALAN TUS ESTUDIOS!**

**TE OFRECEMOS:**

- Modelo educativo constructivista.
- Con nuestra disciplina fomentamos valores.
- Constante actualización docente.
- Enseñanza del idioma Inglés conforme a nivel.
- Modelo de evaluación integral.
- Seguridad.
- Atención personalizada.

**INSCRIPCIÓN ¡GRATIS!**

Av. Atacomulco, Esq. Morelos s/n Tels. 242-45-53 y 243-10-34

**APARTE DESDE HOY!!**

**RESTAURANTE PAELLA DEN JUAN**

**Pavo Relleno**  
 con salsa gravy y adobo.

**Pierna, Lomo y Lechón**  
 Incluye: Ensalada de frutas a la crema con nuez, salsa gravy y adobo.

Además, exquisito **Bacalao Noruego**

Presupuestos y Pedidos  
 Paseo del Conquistador • 6 Col. Maravillas al Tel: **313-3006**