

SUPERFICIES LAMBERTIANAS. TROLAND

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, EEUU

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, EEUU

ESTE CAPÍTULO INCLUIRÁ UNA REVISIÓN DE:

- Luminancia e iluminancia
- Superficies lambertianas
- Iluminancia retiniana
- Radiadores de cuerpo negro y temperatura del color

LUMINANCIA E ILUMINANCIA

Las unidades fotométricas que se usan con mayor frecuencia son las de luminancia e iluminancia. Ambas aplican para fuentes o superficies extendidas. La unidad métrica básica para luminancia es el nit.

$$1 \text{ nit} = 1 \text{ candela/m}^2$$

La luminancia describe que tanta intensidad lumínica es emitida por una fuente o superficie extendida (en términos de superficie proyectada), lo que se correlaciona directamente con lo brillante que se ve. Una propiedad interesante de la luminancia es que no cambia con la distancia.

Q. ¿Puede explicar por qué la luminancia de un objeto no cambia con la distancia?

A. _____

La iluminancia describe la cantidad de luz que incide sobre una superficie. La unidad métrica básica es el lux. La iluminancia disminuye con el inverso del cuadrado de la distancia (*ley de cuadrados inversos*). Por ejemplo, si se aumenta la distancia de una fuente luminosa en un factor de 2, la iluminancia disminuye en un factor de 1/4. Incluso, una superficie recibirá una iluminación máxima si ésta se encuentra perpendicular a la fuente de luz. Si la superficie está inclinada, la iluminancia disminuirá en una proporción del coseno de la inclinación de la superficie, relativa a la perpendicular.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$$

SUPERFICIES LAMBERTIANAS

La mayoría de los objetos que percibimos no son luminosos por si mismos, sino que son iluminados por alguna fuente de luz- lo que vemos es la luz que se refleja desde el objeto. Las superficies muy pulidas generan reflexiones **especulares**. En el caso de reflexiones especulares, la mayoría de la luz se reflejará desde la superficie en una sola dirección. Un ejemplo podría ser un espejo o un objeto metálico que se vea brillante.

Otros objetos que no se ven brillantes, tienen una apariencia matte porque reflejan la luz en todas las direcciones. Estas superficies se conocen con el nombre de **reflectores difusos, superficies lambertianas o difusores coseno**. La **ley de coseno de Lambert** dice que la intensidad lumínica en cualquier dirección es directamente proporcional al coseno entre esa dirección y la dirección de incidencia (ángulo θ en la figura 6-1)

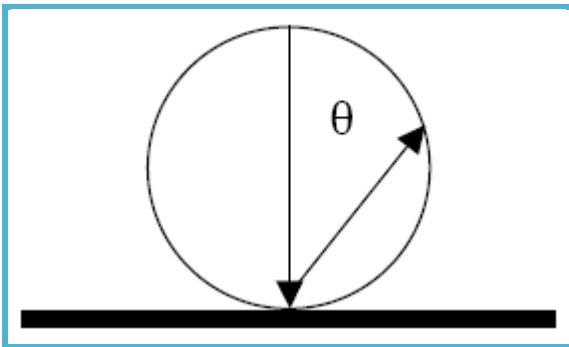


Figura 6-1: Ley de coseno de Lambert para reflectores difusos

Al mirar una superficie reflectante difusa, como un trozo de papel, su intensidad lumínica disminuye con el coseno del ángulo visual, pero el área proyectada (tamaño) del papel también disminuye con el coseno del ángulo visual. Esto conlleva a una propiedad interesante de las superficies lambertianas: *Al observarla desde cualquier ángulo, la luminancia (brillo) de una superficie lambertiana se mantiene constante.*

RELACIÓN ENTRE LUMINANCIA E ILUMINANCIA

Para una superficie lambertiana que refleja el 100% de la luz incidente (un trozo puro de papel blanco), la relación entre la iluminancia en lux y luminancia en nits se ilustra en la figura 6-2.

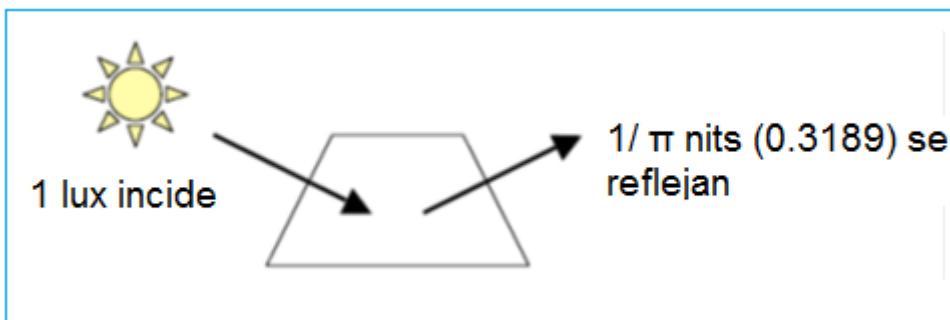


Figura 6-2: For a 100% reflecting Lambertian surface, 1 lux of illuminance produces $1/\pi$ nits of luminance.

Para simplificar los cálculos con las superficies lambertianas, se creó otra unidad de luminancia, el apostilb. Un apostilb es igual a $1/\pi$ nits, por tanto cuando se mide la luminancia en apostilbs, la relación entre luminancia e iluminancia se muestra en la Figura 6-3.

$$1 \text{ apostilb} = 1/\pi \text{ candelas/m}^2 = 1/\pi \text{ nits}$$

SUPERFICIES LAMBERTIANAS (CONT.)

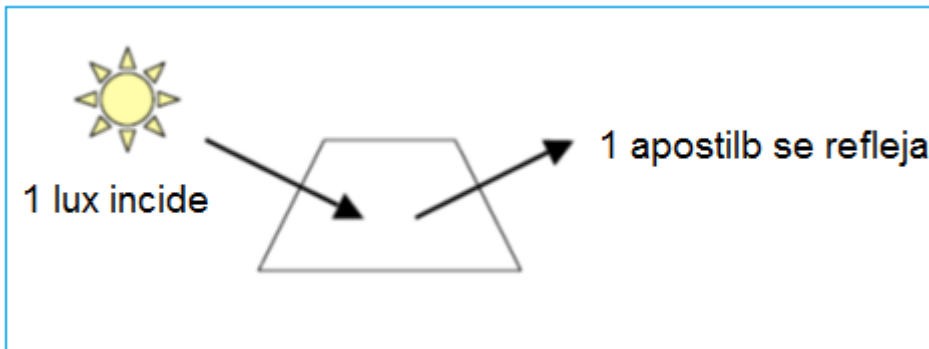


Figura 6-3: Relación entre iluminancia y luminancia cuando se usan apostilbs para luminancia. La relación de 1:1 Entre lux y apostilbs aplica solo para superficies lambertianas 100% reflectoras. Para superficies 50% reflectoras, la relación sigue siendo directa, pero, la relación lux – apostilb sería 2:1, como se muestra en la Figura 6-4.

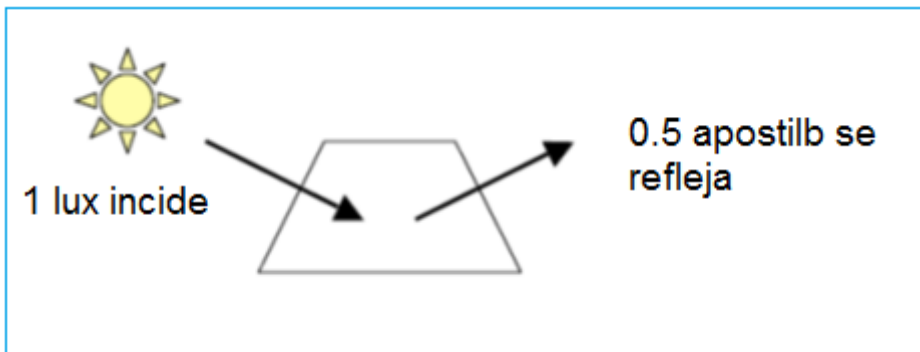


Figure 6-4: Ilustración de una superficie de Lambert que refleja el 50% de la luz incidente

Las unidades inglesas para iluminancia y luminancia (para superficies lambertianas) se resumen en la tabla 6.1. Note como son unidades métricas paralelas. Cuando se emplean unidades inglesas, la relación entre pie-candelas de iluminancia y pie-lambertiano de luminancia es la misma que se muestra en la figura 6.3, excepto en que las unidades son pie-candelas (iluminancia) y pie-lambertiano (luminancia); es decir, 1 pie-candela incidente genera 1 pie-lambertiano reflejado.

Tabla 6-1: Unidades métricas e inglesas para iluminancia y luminancia

CANTIDAD FOTOMÉTRICA	UNIDAD INGLESA	UNIDAD MÉTRICA
Iluminancia	Piecandela 1 lumen/ft ²	Lux 1 lumen/m ²
Luminancia (Superficies lambertianas)	Pielambertiano 1/π candelas/ft ²	Apostilb 1/π candelas/m ²

Nota: Estos ejemplos asumen que la superficie lambertiana refleja el 100% de la luz. No todas las superficies lambertianas reflejan el 100% de la luz. Por ejemplo, una superficie lambertiana gris refleja solo el 50% de la luz y la luminancia resultante se reduciría en un 50%.

SUPERFICIES LAMBERTIANAS (CONT.)

ILUMINANCIA RETINIANA

La iluminancia retiniana se refiere a la cantidad de luz que incide en la retina, asimismo la imagen retiniana de algún objeto. Se mantiene constante para cualquier objeto distante- si se observa un objeto, éste no se vuelve más oscuro mientras que se aleja. Sin embargo, de acuerdo a la ley de cuadrados inversos, la iluminancia que llega a un ojo disminuye con el cuadrado de la distancia.

La iluminancia retiniana es directamente proporcional a la luminancia del objeto y al área pupilar, se mide con la siguiente fórmula:

$$\text{Troland} = (\text{luminancia del objeto en nits}) \times (\text{área pupilar en mm}^2)$$

Un error bastante común es el de usar el diámetro pupilar en lugar del radio pupilar en los cálculos de iluminancia retiniana para calcular el área. Los siguientes ejemplos muestran como calcular la iluminancia retiniana.

Ejemplo 1

Suponga que está mirando un trozo de papel en un día soleado. ¿Cuál sería la iluminancia retiniana para la imagen de ese papel en la retina, asumiendo que la luminancia del papel en el sol es de 10000 nits (ver Schwartz, 2004 tabla 3-1) y su diámetro pupilar es de 2.0mm?

$$\text{Área pupilar} = \pi r^2 = (\pi 1^2) = 3.14 \text{ mm}^2$$

$$\text{Iluminancia retiniana} = (10,000 \text{ nits}) \times (3.14 \text{ mm}^2) = 31,400 \text{ trolands}$$

Ejemplo 2

¿Cuál sería la iluminancia retiniana si se está observando un trozo de papel bajo la luz de la luna (luminancia=0.0001 nits; ver Schwartz, 2004 tabla 3-1) y el diámetro pupilar es de 8mm?

$$\text{Área pupilar} = \pi r^2 = (\pi 4^2) = 50 \text{ mm}^2$$

$$\text{Iluminancia retiniana} = (0.0001 \text{ nits}) \times (50 \text{ mm}^2) = 0.005 \text{ trolands}$$

RADIADORES DE CUERPO NEGRO Y TEMPERATURA DEL COLOR

Una bombilla de luz incandescente produce luz cuando la electricidad pasa a través del filamento y la calienta, haciendo que brille. Se podría asumir que una luz blanca contiene la misma cantidad de poder radiante en todas las longitudes de onda, pero, esto no es del todo cierto. Algunas "luces blancas" producen más poder en las longitudes de onda larga, mientras que otras producen más en longitudes de onda corta. La energía relativa producida por una fuente de luz a lo largo del espectro visible, puede ser medida, lo que muestra tres tipos de fuentes de luz blanca. Se ilustran las luminarias estándar A, B y C. La luminaria A representa la bombilla de luz incandescente típica de todo hogar. Produce más energía en las longitudes de onda larga y por lo tanto tiene un leve tinte rojo. **La luminaria C estándar** se recomienda para muchos tests de la visión del color ya que se mantiene relativamente estable a lo largo del espectro visible

El espectro de energía producido por una fuente luminosa puede especificarse con las medidas mencionadas o por la **temperatura de su color**. Cada luminaria tiene su propia temperatura de color. Para cada temperatura del color existe un espectro de energía específico y esto se basa en el concepto del **radiador de cuerpo negro**.

Un radiador de cuerpo negro es un objeto hipotético que brilla al calentarse y emite una radiación electromagnética. El espectro de energía exacto depende de la temperatura del radiador de cuerpo negro. Para temperaturas bajas, brillará en longitudes de onda más largas; a medida que se aumenta la temperatura, el pico de longitud de onda (longitud de onda con la energía más alta) cambiará hacia longitudes de onda más cortas. Imagine que calienta un trozo de hierro. Al principio se vuelve rojo, pero, al aumentan más la temperatura se vuelve naranja, luego amarillo y luego azul.

RADIADORES DE CUERPO NEGRO Y TEMPERATURA DEL COLOR

Esto se menciona en la **ley de desplazamiento de Wein**, que dice que el pico de una longitud de onda es inversamente proporcional a la temperatura. La ley de **Stefan-Boltzman** dice que el poder total contenido en una fuente es proporcional a la temperatura aumentada al cuarto del poder. El pico del espectro de energía para un radiador de cuerpo negro con diferentes temperaturas cambia al aumentar la temperatura y el área bajo la curva (el poder total) también aumenta con la temperatura. Algunas fuentes de luz incandescentes producen un espectro de energía similar a un radiador de cuerpo negro a una temperatura determinada y se le conoce con el nombre de la temperatura de la fuente luminosa. Esta es una forma conveniente de especificar el espectro de salida de una fuente luminosa.

Nuestro sistema visual hace un buen trabajo para compensar las diferencias en el color de diferentes fuentes de luz blanca, pero, las cámaras no logran compensarlo de la misma forma. Con el fin de obtener un balance positivo del color para fuentes de luz “blanca” se debe ajustar el “balance de blancos”. La figura 6.5 muestra cuatro fotografías del mismo lugar tomadas con diferente balance de blancos. El cuarto estaba iluminado por luces fluorescentes, pero, también recibía bastante luz de las ventanas. Era un día nublado, cerca a las 11:00 AM al Oriente de Oklahoma. Trate de explicar por qué los diferentes ajustes generan el cambio de tinte en las fotografías.

FIGURA 6-5



Figura 6-5 (a): Incandescente



Figura 6-5 (b): Fluorescente



Figura 6-5 (c): Nublado



Figura 6-5 (d): Luz del día

FILTROS (DENSIDAD NEUTRAL Y DEL COLOR)

Schwartz, 2004 Chapter 4, pages 79-85 reviews colored and neutral density filters. Study those sections on your own.

LECTURAS RECOMENDADAS/REFERENCIAS

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004