

# Apuntes sobre energía y unidades

Primavera 2003 (actualizado el 13 de febrero de 2003)

## Energía

La palabra “energía” hace referencia comúnmente a tres cosas:

1. ¿Cuánta **energía eléctrica** utiliza una fuente?
2. ¿Cuánta **energía radiante** emite una fuente?
3. ¿Qué potencia cree el observador humano que tienen una fuente (**energía luminosa**)?

Principalmente, nos ocuparemos del segundo tipo de energía (denominada “energía radiométrica”). Las fuentes de luz transforman la energía eléctrica en energía radiante con una eficacia de conversión que viene dictada por la física de la fuente de luz. La energía radiante de la fuente se mide en vatios (una unidad “radiométrica”). Si quisiéramos conocer el brillo que tiene la fuente desde la perspectiva del observador humano, podríamos escalar la energía radiante de la fuente por medio de una curva que refleje la sensibilidad del ojo en longitudes de onda diferentes. El resultado se denomina “energía luminosa” y se mide en lúmenes (una unidad fotométrica, en lugar de una radiométrica). Por ejemplo, una fuente de luz roja intensa y una fuente de luz verde pueden tener la misma energía radiométrica pero, puesto que el ojo humano es menos sensible a la luz roja, la fuente de luz verde posee una luminosidad superior a la de la fuente de luz roja..

Pregunta: cuando calculamos la exposición de una película holográfica o una película fotográfica en blanco y negro, ¿deberíamos utilizar unidades radiométricas o fotométricas? Razone su respuesta.

## Unidades

La **energía radiante** de una fuente de luz (en nuestro caso, normalmente será un láser), se mide en vatios (o milivatios, o microvatios). Un vatio equivale a un julio/seg. Un láser es una gran fuente, ya que distribuye toda su energía en un pequeño haz de luz que podemos dirigir y manipular. Sin embargo, por lo general, nos preocupamos más de la luz que se distribuye a una superficie como, por ejemplo, una placa holográfica / fotográfica, que de la energía total de salida de la fuente. El nombre correcto de este valor es **irradiancia**, pero se conoce comúnmente como **intensidad** y se mide en vatios por metro cuadrado ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , o  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , etc).

Pasemos a añadir ahora el eje de tiempo. La **energía radiante** total (julios o ergios; estos últimos equivalen a  $10^{-7}$  julios) es la energía radiante distribuida en el tiempo. La potencia es proporcional al número de fotones por segundo que abandonan una fuente,

mientras que la energía es proporcional al número total de fotones que abandonan la fuente en un intervalo dado.

Cuando exponemos un segmento de película holográfica / fotográfica, tenemos que aplicar energía (potencia en el tiempo) a una intensidad dada (en un área para láminas de películas) para que se produzca un proceso químico en la propia película que la vuelva negra. La **densidad de energía** se mide en vatios-segundos por metro cuadrado o, para nosotros,  $\mu\text{W}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ , o  $\text{ergios}/\text{cm}^2$ . Los ergios son unidades CGS y  $1 \mu\text{W}\cdot\text{seg} = 1 \mu\text{J} = 10 \text{ ergios}$ .

## En la práctica

A continuación, mostramos cómo utilizar estas unidades en la práctica. Un luminómetro mide la energía total recibida en el área de su sensor. El sensor también posee diferentes sensibilidades para diferentes frentes de onda de luz. En primer lugar, se debe calibrar el luminómetro para compensar la sensibilidad de su frente de onda y el tamaño de su sensor. Una vez realizada la calibración, el contador se leerá en una unidad como el  $\text{uW}/\text{cm}^2$ .

La película que está utilizando tendrá una exposición meta dada, que dependerá de su composición química y del procesamiento que llevará a cabo. Le proporcionaremos estos datos. Para una película Agfa 8E75, una buena exposición meta es  $600 \text{ ergios}/\text{cm}^2$ , o  $60 \mu\text{W}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ . Observe que este valor es sólo el tiempo X veces de intensidad. Dado este valor, simplemente divida por la lectura del luminómetro (intensidad) para hallar el tiempo, que es el tiempo de exposición para la película.

(Observe que la relación entre el tiempo de exposición y la intensidad de la película (cómo es de oscura la película expuesta y procesada) no es totalmente lineal – una exposición muy prolongada a bajas intensidades o unas exposiciones muy cortas a altas intensidades pueden producir menos intensidad de la esperada).

Por lo tanto:

1. Asegúrese de calibrar el luminómetro según la longitud de onda que esté utilizando.
2. Halle la exposición requerida (la sensibilidad) del material fotosensible. Pase los valores a  $\mu\text{W}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$  o  $\text{mW}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ .
3. Mida la intensidad de la luz en el punto de exposición.
4. Divida la exposición deseada por la intensidad para así obtener el tiempo de exposición.

## ***Stops***

En ocasiones, verá que el término *stop* se utiliza en conexión con las exposiciones holográfica y fotográfica. Un *stop* es un cambio de uno o dos factores en la luminosidad: la frase “un *stop* más” significa multiplicar por dos la exposición, “un *stop* menos” significa dividir por la mitad la exposición. Este cambio se puede hacer en intensidad (“un *stop* más brillante” o “un *stop* más tenue”) o tiempo (“dos *stops* más de tiempo” es cuatro veces el tiempo de exposición, mientras que “tres *stops* menos de tiempo” es ocho veces menos el tiempo de exposición). Puesto que el sistema visual humano posee, en cierto modo, una sensibilidad logarítmica, los cambios *stop-a-stop* en luminosidad parecen ser más o menos igualmente perceptibles.

La palabra *stop* proviene de los diafragmas mecánicos de la lente de una cámara, que permiten que la lente se abra para ajustarse a diferentes tamaños. Los números que se aplican a estos “f-stops” son los ratios del diámetro de apertura de la lente a la distancia focal de la lente. Para cambiar el área por un factor de dos (y dejar pasar dos veces la cantidad de luz o la mitad de luz), se debe cambiar el diámetro por la raíz cuadrada de dos. Esa es la razón por la cual los números en la lente de una cámara de 35mm corresponden a la siguiente secuencia perpendicular: 4; 5,6; 8; 11; 16 y 22.