12.- Un auto de carreras toma una recta con una velocidad de 320 Km/hr. ¿Cuál será su velocidad mach? (V sonido = 340 m/seg).
{N= 0.26}

13.- Un avión de reacción se desplaza con una velocidad de 1230 Km/hr. ¿Cuál será la velocidad mach del avión?
{N= 1.005}

14.- Si el automóvil Mustang Mach-1 corriera a esa velocidad, ¿cuánto valdría su velocidad a) en m/seg, b) en Km/hr?
{a) v= 340 m/seg, b) v= 1224 Km/hr}

15.- Un cuerpo se encuentra desplazándose en la atmósfera a una velocidad de 60 mach. ¿Qué velocidad posee ese cuerpo?
{v= 20,400 m/seg = 73,440 Km/hr}



2o. SEMESTRE. ÁREA I. UNIDAD VI.

## ESTUDIO DE LA LUZ.

La visibilidad depende de la acción de los cuerpos sobre la luz. Sabemos que los cuerpos pueden absorber, refractar o reflejar la luz. Si un cuerpo no absorbe, ni refleja, ni refracta la luz, no puede ser visto; así que si introducimos un trozo de vidrio en agua o mejor aún, en un líquido más denso que el agua, veremos que desaparece casi por completo porque la luz que incide sobre él a través del agua se refracta y refleja muy débilmente.

OBJETIVOS.

1.- Definir cada uno de los términos, conceptos, principios y leyes incluidos en este capítulo.

2.- Calcular, a partir de datos apropiados, la iluminación y la intensidad luminosa de una fuente.

3.- Calcular e interpretar el índice de refracción.

4.- Explicar por qué se refracta la luz que nos llega del sol.

5.- Escribir entre qué intervalo de longitudes de onda, tanto en milimicras y angstroms se encuentra el campo de la luz visible.

6.- Enlistar y diferenciar los tipos de espectros.

7.- Explicar la diferencia que existe entre los colores complementarios y los colores secundarios.

8.- Establecer el orden de mayor o menor longitud las siguientes radiaciones: infrarrojos, ondas de radio, ultravioleta, luz visible y rayos X.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

9.- Calcular la frecuencia de un rayo de luz de cualquier color, conociendo su longitud de onda.

PROCEDIMIENTO.

1.- Realiza una lectura en forma general del capítulo III, para que sepas el tema a tratar.

2.- Subraya lo más importante del capítulo.

3.- Extracta las definiciones y analízalas ampliamente.

4.- Realiza un resumen del capítulo.

5.- Escribe en una cartulina las ecuaciones de: la iluminación, índice de refracción y longitud de onda.

6.- Analiza detenidamente los problemas resueltos del capítulo y resuelve los que están en la autoevaluación.

NOTA:

Es pre-requisito entregar completamente resueltos los problemas nones de la autoevaluación del capítulo III en hojas tamaño carta.



# CAPÍTULO III.

# ESTUDIO DE LA LUZ.

## 3-1 PROPAGACIÓN RECTILÍNEA DE LA LUZ.

La luz se propaga rectilíneamente; el hecho de que los objetos puedan producir sombras bien perfiladas es una demostración de que la luz viaja "en líneas rectas" y este es otro modo de definir la *propagación rectilínea* de la luz.

Cuando se pone una figura o silueta delante de una fuente de luz, ésta producirá una sombra que será el contorno de la silueta o figura que se ponga, tal y como lo muestra la figura 1.

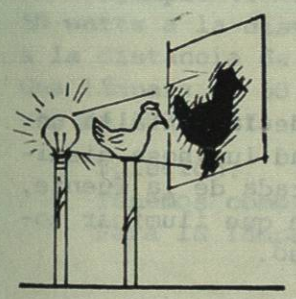


Fig. 1.

Si la pantalla se retira, la imagen aumentará de tamaño mientras que si se acerca, la imagen producida disminuirá hasta casi quedar del tamaño original.

Cuando alejamos la pantalla notamos que la imagen producida en ésta no es tan nítida como cuando está cerca de la imagen, esto se debe a que al alejar la pantalla aparecen dos regiones muy definidas, una región muy obscura llamada *sombra* y la otra que está en los contornos de la sombra y que se le llama *penumbra*.

## 3-2 INTENSIDAD LUMINOSA

Un término muy empleado para especificar la luz total emitida por una lámpara, es la bujía. Esta es una unidad que usan los científicos como medida de luminosidad o inten-

1020115814



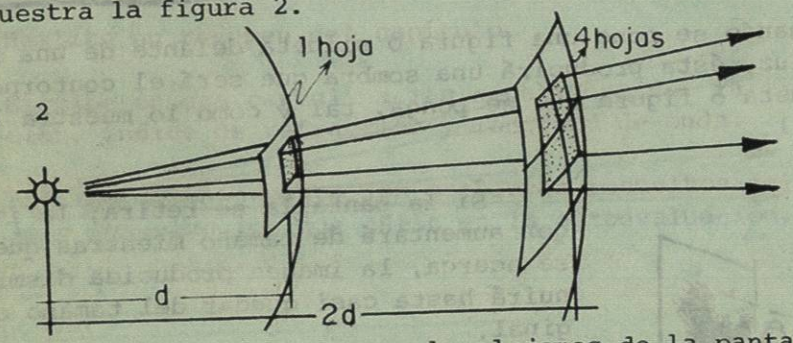
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

sidad (I) de una fuente luminosa.

Los focos modernos construidos con filamento de wolframio nos proporcionan aproximadamente un poco más de 1 bujía por watt de potencia,"por ejemplo una lámpara de 60 watts - tiene una intensidad (I) luminosa de 66 bujías.

En el libro anterior en el capítulo 3 se mencionó que la potencia es la energía (trabajo) por unidad de tiempo. La unidad de potencia de emisión de las fuentes luminosas es el *lumen*. Vamos a imaginarnos una fuente de una bujía que envía energía en proporción constante en todas direcciones, si se corta una abertura de 1 $m^2$ en una pantalla de cartón y se mantiene a un metro de distancia de la fuente, un flujo luminoso de un lumen pasará a través de esa abertura tal y como lo muestra la figura 2.

Fig. 2




Ahora bien, si la fuente la alejamos de la pantalla un poco más, nos damos cuenta que la intensidad luminosa disminuye, esto se debe a que al estar más retirada de la fuente, los rayos de ésta se dispersan más y tienen que iluminar toda el área nueva con el mismo flujo luminoso.

Este fenómeno es muy notable cuando estudiamos en una - mesa, si tenemos una lámpara cercana a la parte donde estamos escribiendo notamos que el flujo luminoso está concentrado en la parte donde queremos que esté iluminada, pero ¿ qué pasa si esa lámpara la empezamos a retirar ? Lo que pasa es que conforme se va retirando la iluminación va disminuyendo, o sea que se cubre más área, por ejemplo, cuando estudiamos en la mesa del comedor de nuestra casa con una lámpara cercana, ésta tendrá una intensidad más fuerte que las lámparas - que iluminan dicha pieza. Esto se debe a que la iluminación que recibe cada unidad de área es proporcional a la intensi-



dad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la - distancia que existe entre la fuente luminosa y la superficie iluminada.

Esta explicación es conocida normalmente con el nombre de *ley inversa del cuadrado o ley de la iluminación*. Expresada matemáticamente, tenemos:

$$\text{Iluminación} = \frac{\text{intensidad de la fuente}}{(\text{ distancia })^2} \qquad (1)$$

$$E = \frac{I}{d^2}$$

donde E es la iluminación sobre una superficie perpendicular a los rayos de la luz, a la distancia (d) de la fuente de intensidad (I). Si la intensidad luminosa está expresada en - bujías y d en metros, entonces (E) se expresará en lúmenes/ metro cuadrado; esta unidad también se llama *lux* o *bujía-metro*. Así el lux puede definirse como la iluminación que recibe una superficie perpendicular a los rayos luminosos que se encuentre a la distancia de 1 m de una fuente de luz de una bujía.

Ejemplo 1. Comparar la iluminación de una lámpara de - 50 watts a la distancia de 1 m con dos lámparas de 100 watts a la distancia de 6m.
Una lámpara de 50 watts tiene una intensidad de 55 bujías y una de 100 watts tiene una intensidad de 125 bujías.

Solución:
Tenemos como datos:
Para la lámpara de 50 watts

$I_1$ = 55 bujías

$d_1$ = 1 m.

Para la lámpara de 100 watts:

$I_2$ = 125 bujías

$d_2$ = 6 m.

Como son 2 lámparas de 100 watts las que van a proporcionar la iluminación, entonces la intensidad se debe multiplicar por dos:



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

$$I_{2,3} = 2(125 \text{ bujías}) = 250 \text{ bujías}$$

$$d_{2,3} = 6 \text{ m}$$

La iluminación de la lámpara de 50 watts será:

$$E_1 = \frac{I_1}{(d_1)^2}$$

$$= \frac{55 \text{ bujías}}{(1\text{m})^2}$$

$$= 55 \text{ lux}$$

De las lámparas de 100 watts, obtenemos una iluminación de:

$$E_{2,3} = \frac{I_{2,3}}{(d_{2,3})^2}$$

$$= \frac{250 \text{ bujías}}{(6 \text{ m})^2}$$

$$= 6.94 \text{ lux}$$

Por lo que una lámpara de 50 watts proporciona una iluminación $E_1 = 55$ lux y dos lámparas de 100 watts proporcionan una iluminación $E_{2,3} = 6.94$ lux. La razón de esto es que las lámparas de 100 watts se encuentran más alejadas de la superficie iluminada.

Ejemplo 2. Calcular la intensidad luminosa de una lámpara que proporciona una iluminación de 8 lux a una superficie que se encuentra a una distancia de 10 metros. ¿Cuál será la potencia de la lámpara expresada en watts?

Solución:

E = 8 lux
d = 10 m

Por la ley inversa del cuadrado o ley de la iluminación:

$$E = I/d^2$$



despejando: $I = Ed^2$

sustituyendo: $= 8 \text{ lux } (10 \text{ m})^2$

$= 800$ bujías

En la tabla 1 se dan algunos valores de intensidad luminosa para lámparas de diferentes potencias.

TABLA 1.

| Entrada watts | Salida bujías | Salida (lúmenes) | Eficiencia (lúmenes/watt) |
|---|---|---|---|
| 25 | 20.7 | 260 | 10.4 |
| 50 | 55.0 | 695 | 13.9 |
| 100 | 125 | 1580 | 15.8 |
| 200 | 290 | 3640 | 18.2 |
| 500 | 800 | 10050 | 20.1 |
| 1000 | 1640 | 20700 | 20.7 |

Podemos encontrar, por medio de la tabla, que la lámpara del ejemplo 2, la cual tiene una intensidad luminosa de 800 bujías, es de 500 watts de potencia.

Actualmente, se construyen aparatos que pueden medir directamente la intensidad luminosa, la mayoría emplean una célula fotoeléctrica de una y otra clase y se clasifican como *iluminómetros*, son muy usados tanto en fotografía como en las estaciones televisoras. Los experimentos, como ya se dijo, miden directamente la intensidad luminosa ya que poseen la célula fotoeléctrica que capta la energía luminosa y la transforma en energía eléctrica; ésta es medida por un aparato que está integrado en el exposímetro marcando por medio de una aguja sobre una carátula graduada tal y como lo muestra la figura 3.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## 3-3 LEY DE LA REFLEXIÓN.

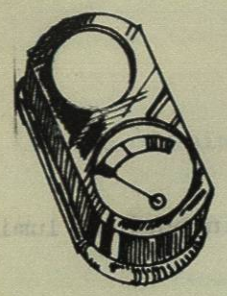


Fig. 3.

Cuando un cuerpo se refleja en un espejo plano, éste es reflejado con un ángulo igual al ángulo con el cual entra al espejo. Esto se puede explicar con la definición de la *ley de la reflexión* que dice: el ángulo de incidencia del rayo de luz sobre una superficie reflectora, es exactamente igual al del rayo reflejado por la misma superficie.

Sin embargo, estos ángulos no debemos tomarlos con respecto a la superficie sobre la cual se reflejan, sino que debemos tomarlos con respecto a un plano que está en ángulo recto a la superficie reflectora. A este plano se le llama *normal*.

En la figura 4 se ilustra cómo debe estar colocada la normal y cómo deben de ser los ángulos (en referencia) con respecto a la normal.

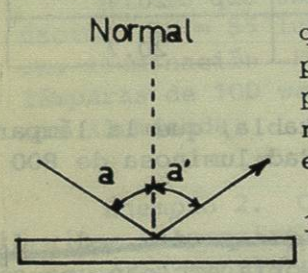



Fig. 4.

La segunda parte de esta ley establece que el rayo reflejado se encuentra en el plano de incidencia, que se define como el plano que contiene el rayo incidente; la normal y el rayo reflejado están situados en el mismo plano.

## 3-4 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA LUZ.

Galileo trató de medir la velocidad de la luz, sin éxito. Su fracaso se debió a que los reflejos humanos son muy tardados en comparación con la velocidad de la luz. El primer método terrestre para medir la velocidad de la luz, fue hecho por A. H.L. Fizeau en 1849, quien llegó a la conclusión de que la luz viajaba a una velocidad de 311,000 Km/seg. En 1926, Albert A. Michelson sobresalió por sus contribuciones y mejoras al aparato empleado por Fizeau; y en ese mismo año logró medir la velocidad de la luz sacando como conclusión que ésta era de 299,796 Km/seg. Michelson también midió la velocidad



de la luz en el agua y encontró que era de 225,000 Km/seg.

## 3-5 ÍNDICE DE REFRACCIÓN.

La relación que existe entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio se llama *índice de refracción del medio*. Expresado matemáticamente tenemos:

$$\text{Indice de refracción del medio} = \frac{\text{velocidad de la luz}}{\text{velocidad de la luz en el medio}}$$

$$\mu = \frac{c}{v} \qquad (2)$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío, v es la velocidad de la luz en el medio y μ es el índice de refracción en el medio.

A continuación se dan algunos valores de índice de refracción que tienen mayor uso en la vida diaria.

TABLA 2.

Diferentes índices de refracción para algunos materiales.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Agua | μ | = | 1.33 |
| Vidrio | μ | = | 1.50 |
| Aire | μ | = | 1.00 |
| Hielo | μ | = | 1.31 |
| Cuarzo | μ | = | 1.46 |
| Diamante | μ | = | 2.42 |



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Conociendo el índice de refracción se puede calcular la velocidad de la luz en un material.

Ejemplo 3. Calcular la velocidad de la luz si el índice de refracción del hielo es de 1.31.

Datos:

$$\mu = 1.31$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/seg}$$

Solución:

sabemos que, $\mu = \frac{c}{v}$

despejando, $v = \frac{c}{\mu}$

sustituyendo datos $v = \frac{3 \times 10^8 \text{m/seg}}{1.31}$

$$= 2.29 \times 10^8 \text{ m/seg}$$

## 3-6 REFRACCIÓN DE LA LUZ .

Cuando la luz cambia de un medio a otro, o sea que entre del aire al agua o del vacío al aire, etc.; ésta experimentará una desviación que va a depender del ángulo que tenga la luz al cambiar de medio. Willebroard Snell estudió estos fenómenos y llegó a la conclusión de que la relación que existe entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es la misma para todos los ángulos de incidencia y es igual al índice de refracción $\mu$ , ésta es conocida como la *ley de Snell* ; expresada matemáticamente, tenemos:

$$\boxed{\mu = \frac{\text{Sen } \Theta}{\text{Sen } \phi}} \qquad (3)$$



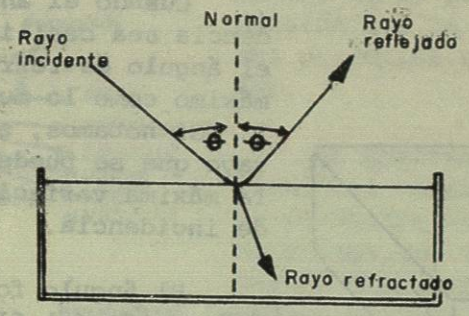



Fig. 5.

La luz que proviene del sol no nos llega directamente a nosotros, sino que al llegar a la atmósfera, se refracta y entra a la Tierra tal y como lo muestra la figura 6.

Fig. 6.

Al entrar los rayos de un medio a otro, éste no siempre se refractará y el ángulo de incidencia siempre será mayor que el de refracción; por esta razón habrá ángulos en los cuales no sea posible la refracción de la luz, por ejemplo, si tenemos un plano en la cual incide un rayo de luz tal y como lo muestra la figura 7, si variamos el ángulo de inci



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

dencia $\theta$ , variará el ángulo de refracción.

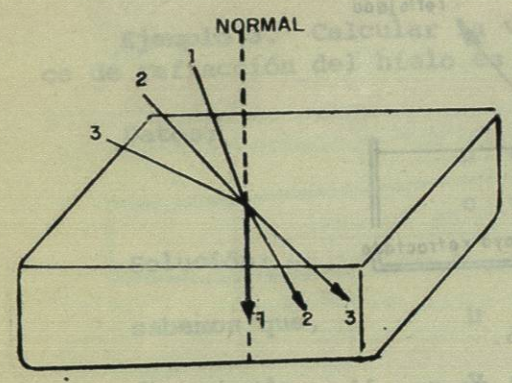



Fig. 7.

Cuando el ángulo de incidencia sea casi igual a 90°, el ángulo de refracción será máximo como lo muestra el rayo 3. Si notamos, el rayo 3 es el rayo que se puede obtener con la máxima variación del ángulo de incidencia.

El ángulo formado por la refracción del último rayo incidente y la normal, se le llama *ángulo crítico*.

## 3-7 DISPERSIÓN DE LA LUZ.

Ya hemos visto que la luz al cambiar de medio es refractada en el límite del medio, lo mismo sucede si se pasa por un prisma de caras paralelas. Newton fue el primero en demostrar que con prismas, los colores estaban presentes en la luz blanca y que la función del prisma triangular era refractar la luz blanca separándola en sus diferentes colores.

Con esto Newton demostró que los antiguos filósofos estaban equivocados al atribuir a los cristales los diferentes colores que de ellos emanaban cuando les daba la luz.

Con la luz blanca cada uno de los colores es refractado en diferente grado para producir su propio *ángulo de desviación*. La luz roja es la que menos se refracta y la luz violeta es la que más se refracta.



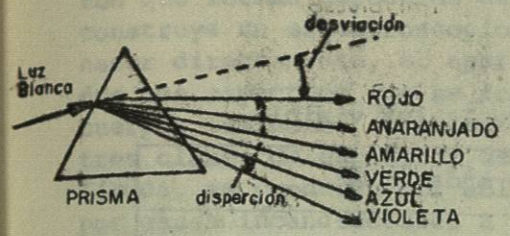



Fig. 8.

La separación de los colores producida al enviar luz blanca a través de un prisma se llama *dispersión* y a la banda de colores ahí producida se le llama *espectro*.

Al observar la lluvia a una distancia considerable, si el sol se encuentra detrás de nosotros, notaremos que se produce en la nube, la dispersión de la luz blanca, formando un espectro luminoso a causa de que las gotas de agua actúan como prismas al descomponer la luz en sus diferentes colores. Este fenómeno es comúnmente llamado "arco iris". Otra forma de obtener el arco iris es, rociando agua con el aspersor de una manguera de tal manera que se produzcan gotas diminutas iguales a las de la lluvia.

## 3-8 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

Hasta ahora hemos considerado la luz como tal, pero sin importarnos que es una onda y que también tiene frecuencia y longitud de onda. Los colores que señalan *los límites del espectro de la luz visible* son: el color violeta y el color rojo. El color violeta es el color que tiene mayor frecuencia mientras que el color que tiene menor frecuencia es el rojo. El color que tiene mayor longitud de onda es el rojo y el de menor es el violeta.

Las longitudes de ondas para la luz se miden en unidades Angstrom (A°) cuya equivalencia es la siguiente:

$$1 \text{ cm} = 10^{8} \text{ A°}$$
$$1 \text{ m} = 10^{10} \text{ A°}$$



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA