En la tabla 3 se dan algunos valores de la longitud de onda de los colores del espectro de la luz. Este se extiende desde unos 4000 A° en el violeta hasta unos 7500 A° en el rojo.

TABLA 3. Espectro de la luz visible.

Color	Longitud de onda en A°
Violeta	4000 - 4500
Azul	5000 - 5700
Verde	5700 - 5900
Naranja	5900 - 6100
Rojo	6100 - 7500

Con los valores de la tabla 3 y la velocidad de la luz podemos calcular la frecuencia de cualquier calor.

Ejemplo 4. El color verde tiene una longitud de onda (límite superior) de 5700 A°. ¿Cuál será la frecuencia para este color?

Datos:

$$\lambda = 5700 \text{ A°}$$

$$c = 3x10^8 \text{ m/seg}$$

Solución:

De la ecuación $v = \lambda f$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

donde (f) es la frecuencia, v la velocidad y λ la longitud de onda. Pero v = c donde (c) es la velocidad de la luz en el vacío, (3×10^8 m/seg), quedando:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Para estudiar los espectros, los científicos ultilizan los aparatos llamados *espectroscopios*, o sea que son aparatos que forman espectros de la luz que los atraviesa. Si se construye un espectroscopio para que las medidas se puedan hacer directamente, el aparato se llama *espectrómetro*. Todos los espectros que se forman por la luz emitida por los cuerpos luminosos se llaman *espectros de emisión*. Existen tres clases de espectros de emisión que son: *espectros continuos*, se producen por sólidos y líquidos incandescentes o por gases incandescentes a alta presión. *Espectro de líneas brillantes*, este es otro espectro de emisión que es producido por los átomos de un gas incandescente y *espectros de bandas*, que son producidos por las moléculas de gases incandescentes.

El color de un objeto depende de la intensidad de iluminación y también del color de la luz. Por ejemplo, cuando se pone una mica color roja a un foco, éste emitirá luz color roja, o sea que la mica tiene la propiedad de filtrar la luz, o sea que deja pasar únicamente la luz con longitud de onda igual. El color que refleja todos los colores es el blanco, mientras que el que los absorbe todos es el negro. Esto sirve también para cuestiones de calor. Como la luz es energía y ésta es absorbida por los cuerpos negros, éstos se calentarán más que los otros de cualesquier color.

En la figura 9 muestra una disposición de los colores primarios y secundarios en una estrella de 6 puntos, la disposición es tal que los colores complementarios son opuestos.

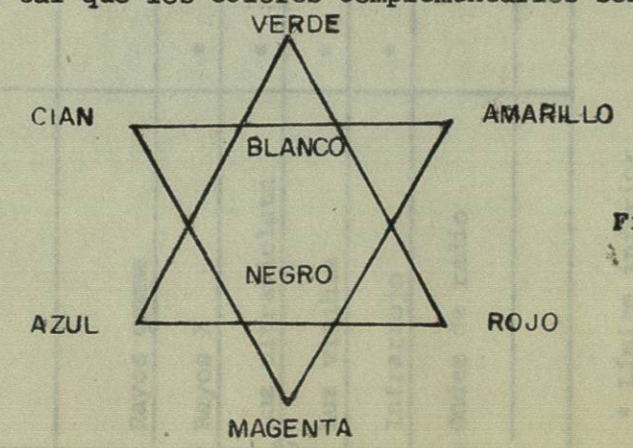

Fig. 9.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Para poder sustituir, los datos del problema, tenemos que transformar las unidades de la longitud de onda a metros:

$$= \frac{3 \times 10^{8} \text{ m/seg}}{5.7 \times 10^{-7} \text{ m}}$$

$$= 5.26 \times 10^{14} \text{ /seg}$$

El espectro electromagnético está compuesto también por rayos electromagnéticos que pueden ser superiores en frecuencia que el color violeta, éstos no causan sensación luminosa y se llaman *luz ultravioleta*. Al igual que la luz ultravioleta, existen también en el espectro electromagnético, rayos cuya frecuencia es menor que la luz roja visible, a este tipo de rayos se les denomina *rayos infrarrojos*. Estos rayos constituyen los rayos caloríficos y térmicos.

Las *ondas de radio* son parte también del espectro electromagnético, son creadas en antenas en las que los electrones son obligados a oscilar rápidamente hacia un lado y otro constituyendo así la fuente vibrante que crea la onda. De aquí que las *ondas electromagnéticas* se definan como ondas que consisten en fluctuaciones de campos eléctricos y magnéticos producidos por la oscilación de electrones.

A continuación se da una tabla de algunos valores de frecuencia y longitud de onda para varios elementos del espectro electromagnético.

TABLA 4. Espectro electromagnético.

Tipo de radiación	Longitud de onda en el aire o en el vacío (metros)	Frecuencia (ciclos/ seg)
Rayos gamma	menos que 10^{-10}	más de 10^{18}
Rayos X	* 10^{-11} a 10^{-8} **	* $3x10^{16}$ a $3x10^{18}$ **
Luz ultravioleta	* 10^{-8} a $3.8x10^{-7}$ **	* $8x10^{14}$ a $3x10^{16}$ **
Luz visible	* $3.8x10^{-7}$ a $7.5x10^{-7}$ **	* $4x10^{14}$ a $8x10^{14}$ **
Infrarrojo	* $7.5x10^{-7}$ a 10^{-4} **	* $3x10^{12}$ a $4x10^{14}$ **
Ondas de radio	de unos pocos mm a miles de m.	menos que 10^{13}

* Límite inferior.
** Límite superior.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

La formación de los colores puede llevarse a cabo ya sea mezclando dos de los tres colores primarios en diversas proporciones, o colorantes de los colores secundarios en diferentes proporciones. La mezcla de luces se llama *mezcla aditiva de colores* porque es un proceso de suma de luces; mientras que la mezcla de colores es llamada *mezcla sustractiva* porque los colorantes absorben luz de todos los colores, excepto de su color, el cual reflejan, y en este sentido, el proceso es sustractivo.

La relación que guardan los colores queda perfectamente clara de la estrella. De acuerdo a ésta, si mezclamos aditivamente cualquier par de colores primarios en la misma proporción, obtenemos el complementario entre ellos y la mezcla de los tres da el blanco en el centro. Por otra parte, si mezclamos sustractivamente (mezcla de colorantes) cualquier par de coloranres secundarios en la misma proporción, obtenemos el primario aditivo entre ellos y la mezcla de los 3 da el negro.

Los colores se llaman *complementarios* porque la mezcla de luces de los colores opuestos produce luz blanca, o si iluminamos colorantes de *color secundario* con luz de su color opuesto en la estrella, obtenemos el negro.

Para una mayor comprensión de lo que se acaba de explicar, se incluye en la figura 10 un ejercicio que cada estudiante deberá realizar. Se trata de que cada uno coloree los círculos como se indica y mencione los colores que se forman; (se deberá obtener en el grupo de la derecha, una aproximación al negro y en el izquierdo un color parecido al blanco, ya que se trata de una mezcla sustractiva y una aditiva respectivamente).

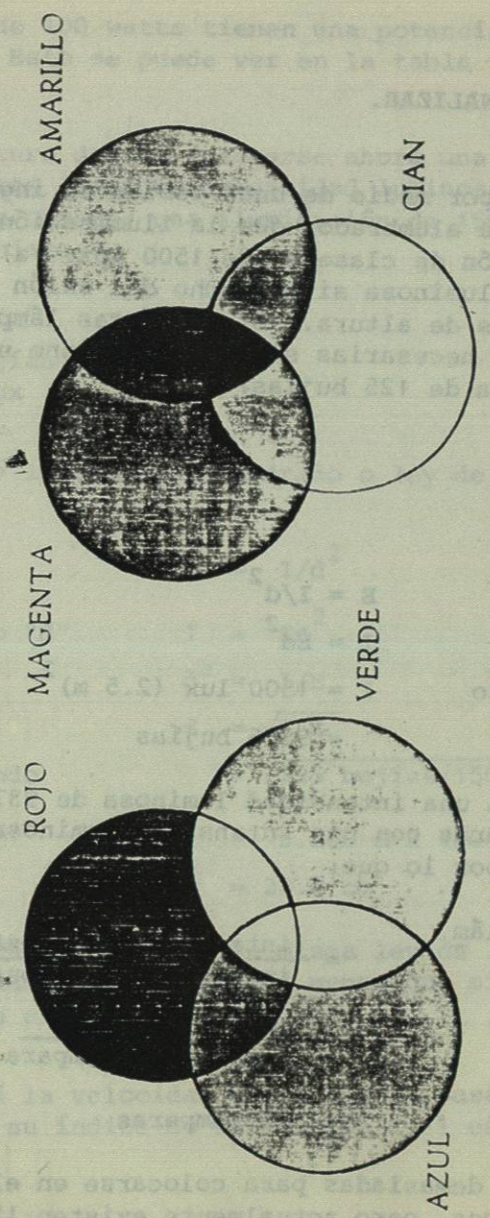

Fig. 10.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

PROBLEMAS PARA ANALIZAR.

1.- Se obtiene por medio de unas tablas de ingeniería, de un manual de alumbrado, que la iluminación requerida para un salón de clase es de 1500 lux. a) Calcular la intensidad luminosa si el techo del salón se encuentra a 2.5 metros de altura. b) ¿Cuántas lámparas de 100 watts serán necesarias si cada una tiene una intensi-- dad luminosa de 125 bujías?

Datos:

E= 1500 lux
d= 2.5 m
I= ?

$$E = I/d^2$$

despejando $I = Ed^2$

sustituyendo $I = 1500 \text{ lux } (2.5 \text{ m})^2$

$= 9375$ bujías

Se necesita una intensidad luminosa de 9375 bujías y tenemos lámparas con una intensidad luminosa de 125 bujías cada una, por lo que:

Número de lámparas:

$$= \frac{\text{intensidad luminosa total}}{\text{intensidad luminosa/lámpara}}$$

$$= \frac{9375 \text{ bujías}}{125 \text{ bujías/lámpara}}$$

$= 75$ lámparas

que serían demasiadas para colocarse en el techo del salón de clases, pero actualmente existen lámpara fluor-- escentes que poseen una intensidad luminosa mucho mayor, (con una potencia de 16,000 lumenes mientras que las

lámparas de 100 watts tienen una potencia de sólo 1580 lúmenes. Esto se puede ver en la tabla 1 de este li-- bro).

2.- ¿A qué altura deberá colocarse ahora una sola lámpara de 100 watts (con una intensidad luminosa de 125 bu- - jías) para obtener una iluminación de 1500 lux en el salón de clases?

Datos:

I= 125 bujías
E= 1500 lux
d= ?

Por la ley inversa del cuadrado o ley de la ilumina- - ción:

$$E = I/d^2$$

despejando "d" $I = Ed^2$

$d^2 = I/E$

$d = \sqrt{I/E}$

sustituyendo $= \sqrt{125 \text{ bujías}/1500 \text{ lux}}$

$= 0.288 \text{ m} \times 100 \text{ cm/cm}$

$= 28.8$ cm

Deberá notarse que, por la misma ley de la iluminación, el área iluminada será mucho menor que si se colocara la lámpara en el techo.

3.- ¿Cuál será la velocidad de la luz al pasar por un dia-- mante, si su índice de refracción (μ) es de 2.42?

Solución:

De la fórmula: $\mu = c/v$

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

sabemos que el valor de c es $3x10^8$ m/seg, y despejando:

$$\mu v = c$$
$$v = c/\mu$$
$$= \frac{3x10^8 \text{ m/seg}}{2.42}$$
$$= 1.24 \times 10^8 \text{ m/seg}$$

Por lo tanto, la velocidad de la luz en el diamante es $1.24x10^8$ m/seg.

4.- ¿Cuál será el índice de refracción de un material en que la velocidad de la luz en él sea $3x10^8$ m/seg? ¿De qué material se trata?

Solución:

Por la fórmula: $\mu = c/v$

donde $c = 3x10^8$ m/seg, sustituyendo:

$$= \frac{3x10^8 \text{ m/seg}}{3x10^8 \text{ m/seg}}$$
$$= 1$$

El material en el cual la velocidad de la luz en él es igual a la velocidad de la luz en el medio, (μ=1.00) es el aire.

5.- ¿Cuál será la frecuencia de la luz ultravioleta si ésta tiene una longitud de onda de 3000 A°?

Solución:

Los datos para este problema son:

$$\lambda = 3000 \text{ A°}$$

que transformada a metros sería:

$$\lambda = \frac{3x10^3 \text{ A°}}{10^{10} \text{A°/m}}$$
$$= 3x10^{-7} \text{ m}$$

y sabemos que la velocidad de la luz en el vacío es:

$$c = 3x10^8 \text{ m/seg}$$
$$v = \lambda f$$
$$f = v/\lambda$$

donde v= c: $f = c/\lambda$

$$= \frac{3x10^8 \text{ m/seg}}{3x10^{-7}\text{m}}$$
$$= 1x10^{15} \text{ ciclos/seg}$$

que está dentro de los límites de la tabla 4.

6.- Enconyrar la longitud de onda y el tipo de rayos a que pertenecen, si se mide la frecuencia de ellos y se encuentra que es $3x10^{18}$ ciclos/seg. Encontrar el resultado de longitud de onda y metros y en angstroms. (Ver la tabla 8 para responder a la pregunta del tipo de radiación).

Datos:

f= $3x10^{18}$ciclos/seg
c= $3x10^8$ m/seg

$$v = \lambda f$$

donde v=c, y: $\lambda = c/f$

$$= \frac{3x10^8 \text{ m/seg}}{3x10^{18}\text{ciclos/seg}}$$
$$= 1x10^{-10}\text{m}$$

que transformada a angstroms sería:

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

$$= 1x10^{-10} m \times 10^{10} A°/m$$

$$= 1 A°$$

De la tabla 8, encontramos que el tipo de radiación es: Rayos X.

AUTOEVALUACIÓN DEL CAPÍTULO III.

1.- Una lámpara se encuentra en el techo de una casa a 2.75 m de altura. Si proporciona una iluminación de 8 lux, ¿cuál será la intensidad luminosa de la fuente?
{I= 60.5 bujías}

2.- Una lámpara de un arbotante se encuentra a 6 m de la superficie iluminada. ¿Cuál será la intensidad luminosa que proporciona dicha lámpara si la iluminación es de 4.7 lux?
{I= 169.2 bujías}

3.- ¿A qué altura debe colocarse una lámpara que tiene una intensidad luminosa de 200 bujías para que proporcione una iluminación de 6 lux?
{d= 5.77 m}

4.- Una lámpara se encuentra iluminando un escenario de teatro a razón de 8 lux. Si la distancia de la lámpara a la superficie iluminada es de 3 m, ¿cuál será la intensidad luminosa que se recibe?
{I= 72 bujías}

5.- ¿Cuál será la iluminación que se recibe en una superficie que se encuentra a una distancia de 6 m de una fuente que tiene una intensidad luminosa de 720 bujías?
{E= 20 lux}

6.- La iluminación recibida de una lámpara es de 12 lux. Si la intensidad luminosa de la lámpara es de 2500 bujías, ¿cuál será la distancia a la que debe de ser colocada la fuente?
{d= 14.43 m}

7.- Se tienen dos lámparas una de 75 watts que proporciona una intensidad luminosa de 90 bujías y la otra de 40 watts que proporciona 46 bujías. Si la lámpara de 75 watts está colocada a 3m de la superficie y la de 40

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

a 2 m. ¿Cuál de las dos lámparas proporcionará mayor iluminación?

{La de 40 watts proporcionará 11.5 lux
La de 75 watts proporcionará 10 lux}

8.- En una habitación se tienen 2 lámparas de 40 watts c/u y proporcionan una iluminación de 5.4 lux entre las dos. Si tienen cada una intensidad luminosa de 46 bujías, a) ¿a qué distancia se encuentran las lámparas? b) Si las dos lámparas se sustituyen por una sola de 60 watts, que tiene una intensidad luminosa de 66 bujías, ¿a qué distancia debe colocarse la nueva lámpara para proporcionar la misma iluminación?
{a) d= 2.91 m, b) d= 3.49 m}

9.- Si la velocidad de la luz en un cuerpo es de 1.24x10 m/seg, a) ¿cuál será el índice de refracción? b) ¿De qué material se trata?
{a) =2.42, b) diamante}

10.- La luz se traslada en un cuerpo con una velocidad de $2x10^8$ m/seg. a) ¿Cuál es el índice de refracción? b) ¿De qué material es el cuerpo?
{a) μ=1.5, b) vidrio}

11.- ¿Cuál es la velocidad de la luz en el agua, si el índice de refracción es de 1.33?
{v= $2.25x10^8$ m/seg}

12.- Un rayo de luz, incide sobre un témpano de hielo. Calcular la velocidad con que se trasladará la luz en el témpano de hielo.
{v= $2.29x10^8$ m/seg}

13.- Si la velocidad de la luz en un determinado material es de $2.05x10^8$ m/seg, calcular: a) su índice de refracción, b) el tipo de material.
{μ = 1.46, b) cuarzo}

14.- ¿Cuál será la frecuencia del color verde si tiene una longitud de onda de 5000 A°?

{f= $0.6x10^{15}$ ciclos/seg}

15.- Una onda tiene una frecuencia de $5x10^{-14}$ vibraciones/seg. ¿Qué color es?
{λ= 6000 A°, color naranja}

16.- Una onda viaja con una velocidad igual a la de la luz. Si tiene una frecuencia de $3x10^{12}$ ciclos/seg, ¿cuál será a) su longitud de onda, b) a qué tipo de ondas pertenecerá?
{a) λ= 1x10 A°, b) Rayos infrarrojos.}

17.- Una onda de radio tiene una frecuencia de 680 Kc. ¿Cuál será su longitud de onda?
{λ= 0.44 x 10^{13} A°}

18.- Una onda tiene una longitud de $1x10^{-10}$ m. Calcular a) su longitud en A°, b) su frecuencia, c) a qué tipo de radiación pertenece.
{ a) 1 A°, b) $3x10^{18}$ m, c) Rayos ultravioleta.}

19.- ¿Cuál será el color cuya frecuencia es de 7.5 $x10^5$ vibraciones/seg?
{λ= 4000 A°, color violeta.}

20.- Un color tiene una frecuencia de $4x10^{14}$ vibraciones/seg. a) ¿Cuál es su longitud de onda? b) ¿Qué color es?
{λ = 7500 A°, color rojo.}

21.- Los límites de longitud de onda del color verde son: 5700 A° y 5900 A°. ¿Cuál será el valor de las frecuencias correspondientes?
{a) f_1= $0.52x10^{15}$ ciclos/seg
b) f_2= $0.508x10^{15}$ ciclos/seg }

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

22.- Los límites de la longitud de onda del color rojo son 6100 A° y 7500 A°. ¿Cuál será a) las longitudes de onda en m, b) las frecuencias correspondientes?
{a) $f_1 = 0.49 \times 10^{15}$ ciclos/seg
b) $f_2 = 0.4 \times 10^{15}$ ciclos/seg}

LENTES Y ESPEJOS.

Cuando colocamos una lente de aumento debajo del agua... ¡casi no aumenta! Cuando la lente que se sumerge es divergente, también se nota cómo pierde en gran parte su propiedad de disminuir. Si hacemos este experimento no en el agua, sino en otro líquido que tenga un índice de refracción mayor que el vidrio, la lente convergente disminuirá los objetivos y la divergente los aumentará.

La lente convergente aumenta en el aire porque el vidrio refracta más la luz que el aire que lo rodea, pero entre la refrigencia del vidrio y la del agua hay poca diferencia; por esto, cuando introducimos una lente en el agua, los rayos de luz, al pasar de esta última al vidrio, no se desvían mucho. Esto es la razón de que las lentes convergentes aumentan menos debajo del agua que en el aire y de que los divergentes disminuyan menos.

OBJETIVOS.

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

2.- Enunciar y diferenciar los diferentes tipos de lentes que existen y decir cuál es su función.

3.- Resover problemas donde se utilice la ecuación de las lentes.

4.- Localizar imágenes por el método analítico (por medio de fórmulas), a partir de datos apropiados.

5.- Diferenciar correctamente una imagen real de una virtual.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA