



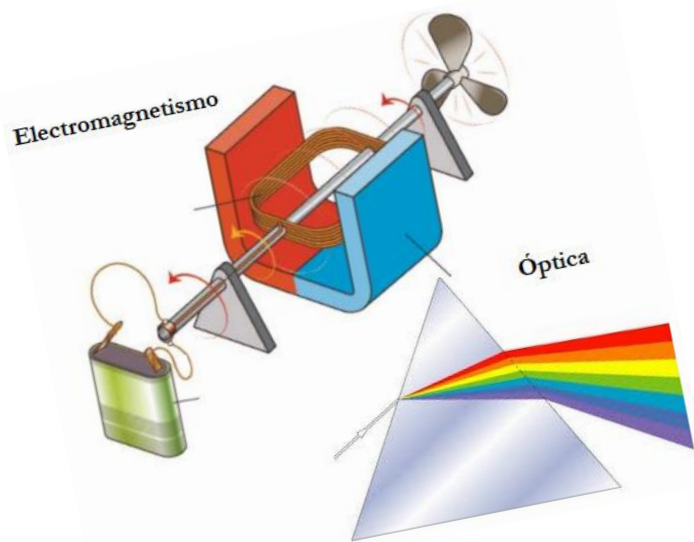
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

PLANTEL ORIENTE

ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

GUÍA PARA EXAMEN EXTRAORDINARIO DE FÍSICA IV

Con base al programa de estudios indicativo aplicado por primera vez en
ciclo 2018-2019 en la ENCCH



Elaboraron

Jorge Acosta Huerta

Leonardo Gabriel Carrillo Contreras

Alejandro Colorado González

Ana Laura Ibarra Mercado

María Esther Rodríguez Vite

.Gonzalo Víctor Rojas Cárdenas

Jorge Pascual Ruiz Ibáñez

Carlos Alberto Villarreal Rodríguez

Septiembre de 2020

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	1
Sugerencias sobre el manejo de la guía	1
Alumno	
Docente	
Programa de Física IV	2
Datos de la asignatura	
Propósitos generales de Física IV	
Unidad 1: Sistemas electromagnéticos	4
Presentación	
Propósitos	
Aprendizajes	
1. Describe la diferencia de potencial eléctrico en dispositivos como baterías y capacitores	5
2. Determina la energía potencial eléctrica en un capacitor	11
3. Determina la potencia de elementos eléctricos que trabajan con CD o CA	18
4. Identifica la intensidad de flujo del campo magnético producido por un conductor recto, una bobina y un solenoide	25
5. Determina experimentalmente la fem inducida por un flujo magnético variable	33
6. Comprende que las variaciones del campo eléctrico o magnético generan ondas electromagnéticas	39
7. Describe los conceptos básicos de los semiconductores	44
Unidad 2 Sistemas ópticos	47
Presentación	
Propósitos	
Aprendizajes	
1. Comprende las leyes de la refracción y la reflexión	47
2. Determina las características de las imágenes formadas en espejos y lentes	53
3. Explica los fenómenos de interferencia, difracción y polarización	68
4. Reconoce el carácter dual de la luz y las limitaciones de los modelos corpuscular y ondulatorio en los efectos	71
Bibliografía	78
Básica	
Complementaria	
Autoevaluación	79
Anexos	81
A. Instructivo para acceder a los recursos a través del código QR	82
B. Recomendaciones antes de presentar examen extraordinario	83

INTRODUCCIÓN

Esta guía tiene como propósito orientar al alumno en su preparación para el examen extraordinario de Física IV y a los profesores como referente para elaborarlo. Se hizo con base al programa de esta asignatura aprobado por el H. Consejo Técnico de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (**ENCCH**); en su elaboración se consideró el Modelo Educativo del Colegio (**MEC**), por consiguiente, el aprendizaje de los alumnos, la calidad de su formación y el incremento de la eficiencia terminal.

Incluye sugerencias sobre su manejo, tanto para el alumno como para el docente que elabora el instrumento de evaluación respectivo. Se organiza, presentando cada una de las unidades, en igual secuencia que en el programa referente, en ellas se incluye una breve presentación, propósitos de la unidad, aprendizajes por cubrir, conocimientos previos y conceptos clave, así como ejemplos y propuestas de actividades de aprendizaje que el alumno realizará, algunas remiten a consultas en internet denotadas con un ícono en forma de un ojo viendo a través de una lupa y presentadas con un código QR; las figuras como las actividades de aprendizajes se enumeran para una mayor facilidad en su localización.

A continuación, se incluye una bibliografía¹ para el alumno distribuida en básica y complementaria; en seguida una autoevaluación, cuyo propósito es que el alumno tenga un indicador de los aprendizajes logrados.

Por último, en la parte de anexos se incluye un *instructivo para acceder a los recursos a través del código QR* y otro referente a *recomendaciones antes de presentar examen extraordinario*.

SUGERENCIAS SOBRE EL MANEJO DE LA GUÍA

ALUMNO

- Haz una lectura general de la guía con el propósito de conocer su contenido y formato, **recuerda que es obligatoria su resolución (todas las actividades de aprendizaje y la autoevaluación) y entrega de ésta sellada por la academia para tener derecho a presentar el examen extraordinario.**

¹ Las fuentes consultadas para la elaboración de esta guía se citan en el informe del grupo de trabajo 2019-2020.

Guía para Examen Extraordinario de Física IV, con base al programa de estudio aprobado en 2016 por el H. Consejo Técnico de la ENCCH y puesto en marcha en el ciclo 2018-2019.

- Es recomendable que la resolución de las 21 actividades de aprendizaje y la autoevaluación se haga en hojas aparte.
- Te sugerimos seguir la secuencia de unidades y aprendizajes en el orden que se presenta con el fin de un mejor rendimiento académico.
- Estudia los contenidos que se incluyen, analiza los ejemplos resueltos (pon atención en las fórmulas, las unidades y el proceso empleado para resolver problemas), continua después con las actividades de aprendizaje, por último, resuelve la sección de autoevaluación.
- Te recomendamos consultes la bibliografía que proponemos en esta guía, así como los videos, para ampliar tu aprendizaje.
- En caso de que tengas dudas, acude al Programa Institucional de Asesorías (PIA), de la entidad y programa una asesoría, ya sea para que te despejen dudas o amplíen la explicación de algún concepto.
- Para tener éxito en tu examen, es necesario que *¡Seas constante!*

PROFESOR

- Antes de elaborar el examen extraordinario sugerimos hagas una lectura general de la guía con el propósito de conocer su contenido y formato.
- No se ha pretendido dar por acabado los contenidos temáticos y sus correspondientes aprendizajes, sólo se presenta la parte básica de cada uno de ellos.
- Recomendamos seguir la secuencia de unidades en el orden que se muestra, con el propósito de que el alumno que presente el examen no se desoriente o confunda.
- Consideres la profundidad presentada en esta guía al elaborar en examen extraordinario.
- De ser posible, te proponemos que la resolución completa de la guía sea parte de la evaluación del examen, es decir, asígnale un puntaje. Por ejemplo, si el examen consta de 54 puntos, a la guía le puedes dar 6 para que al evaluar el total sea de 60 puntos.

PROGRAMA DE FÍSICA IV

DATOS DE LA ASIGNATURA

Bachillerato: 6° **semestre.**

Área: **Ciencias Experimentales**

Plan de estudios: **2016**

Programa: **Actualizado de Física IV**

Clave de la asignatura: **1606**

Créditos: **10**

Horas por clase: **2, 2**

Horas por semestre: **64**

Clases por semana: **2**

PROPÓSITOS GENERALES DE FÍSICA IV

El alumno será capaz de:

- ♦ Describir el comportamiento de sistemas electromagnéticos y ópticos.
- ♦ Utilizar la experimentación como elemento esencial en el aprendizaje del electromagnetismo y la óptica.
- ♦ Emplear la herramienta vectorial como apoyo de los aprendizajes que lo requieran.
- ♦ Emplear modelos matemáticos a partir de resultados experimentales, que expresen relaciones entre las magnitudes que caracterizan a los sistemas electromagnéticos y ópticos.
- ♦ Resolver situaciones o problemas donde se manifiesten procesos: de transmisión de carga eléctrica, energía y luz.
- ♦ Desarrollar y presentar proyectos de investigación escolar, ya sean experimentales, de campo, de desarrollo tecnológico o documentales, relativos al curso y que respondan a sus intereses.
- ♦ Reconocer la trascendencia y el impacto en la sociedad de los sistemas electromagnéticos y ópticos.

CONTENIDOS TEMÁTICOS y SUBTEMAS

Unidad 1 *Sistemas electromagnéticos* (36 horas)

Temas:

- Diferencia de potencial eléctrico.
- Líneas y superficies equipotenciales.
- Capacitancia y energía potencial eléctrica.
- Dieléctricos.
- Capacitancia equivalente en un circuito.

Corriente eléctrica.

- Directa.
- Alterna.

Potencia eléctrica.

Valor eficaz (RMS) de Corriente y voltaje.

- Ley de Ampere.
- Campo magnético.
- Flujo Magnético (**B**).
- Circuito de Ampere.
- Efecto motor.
- Ley de Faraday.
- Motor Eléctrico.
- Generador eléctrico.
- Transformador eléctrico.
- Radiación electromagnética.
- Ondas electromagnéticas.

Espectro electromagnético:

- Luz (radiación visible).

Semiconductores:

- Tipos **N**.
- Tipos **P**.

Dispositivos electrónicos:

- Diodo rectificador.
- Transistores de unión **NPN** y **PNP**.

Unidad 2 *Sistemas ópticos* (28 horas)

Temas:

- Óptica geométrica.
- Reflexión.
- Refracción.

Formación de imágenes. Diagramas de rayos

Espejos planos y Curvos

- Lentes delgadas.
- Sistemas de lentes.

Óptica Física

Principio de Huygens

Fenómenos ondulatorios:

- Interferencia.
- Difracción.
- Polarización.

Óptica cuántica.

Carácter cuántico de la luz:

- Efecto fotoeléctrico.
- Luminiscencia.

Aplicaciones ópticas:

- Laser.
- Color.
- Instrumentos ópticos.

UNIDAD 1

SISTEMAS ELECTROMAGNÉTICOS

Presentación

En esta unidad se estudia el electromagnetismo, privilegiando aplicaciones que tengan relación con fenómenos cotidianos y con dispositivos tecnológicos, para que el alumno desarrolle habilidades en la experimentación.

Se estudia el comportamiento de los campos eléctrico y magnético en situaciones específicas, densidad de flujo, la diferencia de potencial, fem, corriente eléctrica directa y alterna, capacitancia, inductancia y las leyes del electromagnetismo, así como sus aplicaciones en algunos sistemas.

El estudio y análisis de los conceptos electromagnéticos permitirán desarrollar proyectos para explicar el funcionamiento de dispositivos electromecánicos, electrónicos y de comunicación.

Propósitos

Al finalizar la unidad el alumno:

- Describirá el funcionamiento de dispositivos electromagnéticos y electrónicos en aplicaciones cotidianas.
- Comprenderá las implicaciones y consecuencias físicas de las ecuaciones de Maxwell.
- Resolverá situaciones teóricas y experimentales donde se relacionen las variables eléctricas, magnéticas y electromagnéticas.
- Comprenderá que la electricidad y el magnetismo conforman un mismo fenómeno y que la luz se propaga como onda electro- magnética.

Temática: *Electromagnetismo*

Subtemas

*Diferencia de potencial eléctrico
Líneas y superficies equipotenciales*

Aprendizaje 1: **Describe** la diferencia de potencial eléctrico en dispositivos como baterías y capacitores.

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none">• Trabajo• Carga eléctrica• Campo eléctrico• Potencial eléctrico• Circuitos eléctricos	<ul style="list-style-type: none">• Diferencia de potencial eléctrico• Baterías• Capacitores

Diferencia de potencial eléctrico.

Cuando conectamos un motor, una lámpara o cualquier otro dispositivo a una batería estos son capaces de realizar su función, debido a que entre las terminales de la batería existe una diferencia de potencial eléctrico que impulsa a las cargas eléctricas a través del circuito eléctrico, hasta que las dos terminales de la batería igualen su potencia eléctrica, es cuando decimos que la batería se descargó o está descargada.

Para comprender con mayor claridad este fenómeno se deben recordar algunos conceptos como: carga eléctrica, trabajo, campo y potencial eléctricos, que se abordaron durante el curso de física II. En caso de querer reafirmar estos conceptos consultar los siguientes QR.



Sugerencias de apoyo-1:¶



Trabajo Mecánico (1.1)



Carga eléctrica (1.2)



Campo eléctrico (1.3)



Potencial eléctrico (1.4)

Cuando entre las terminales de una batería existe una diferencia de potencial eléctrico (V_{AB}), esta impulsa a la *carga eléctrica*, generando una *corriente eléctrica*. Esto define la **diferencia de potencial eléctrico** como el *trabajo* (W_{AB}) requerido para desplazar una carga eléctrica (q_0) desde un punto *A* hasta un punto *B* dentro de un campo eléctrico; cuya expresión matemática es:

$$\Delta V = V_{AB} = V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0}$$

La unidad de medición del trabajo es el *Joule* y la de la carga eléctrica el *Coulomb*, infiriendo entonces que la unidad de la diferencia de potencial eléctrico es $\frac{J}{C}$ que recibe el nombre de volt (**V**).

En el caso de las *pilas*, estas convierten la energía química en energía eléctrica (figura 1), cuando sus dos terminales se conectan a un circuito eléctrico. En una de las terminales hay un exceso de cargas negativas mientras y las cargas positivas en el otro extremo, dando una diferencia de potencial eléctrico que permite realizar el trabajo requerido para desplazar a las cargas eléctricas de un polo de la pila al otro a través del circuito eléctrico.

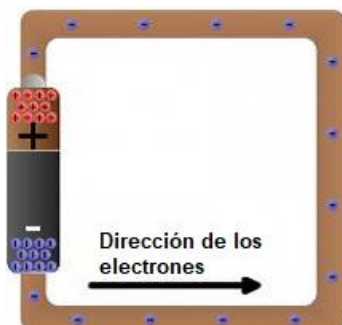
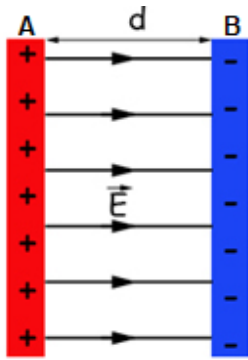


Fig. 1 Circuito eléctrico de una pila

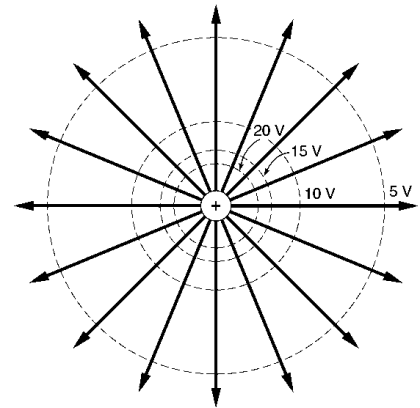


Un dispositivo capaz de almacenar cargas eléctricas es un **capacitor**, el cual funciona con una diferencia de potencial eléctrico. Un ejemplo es el capacitor (Figura 2), formado por dos placas paralelas con cargas opuestas de la misma magnitud, separadas por una distancia (**d**) entre las cuales se forma un campo eléctrico (**E**) uniforme. La ecuación que representa la diferencia de potencial eléctrico entre las placas estará determinada por:

$$\Delta V = V_{AB} = E \cdot d$$

Fig. 2 Capacitor de 2 placas

El campo eléctrico (**E**) se define como la fuerza eléctrica por unidad de carga y su dirección es la de la fuerza que ejerce sobre una carga de prueba. Este campo eléctrico está dirigido radialmente hacia fuera en una carga positiva y hacia el interior en una negativa. Se expresa el valor de la intensidad del campo en unidades de volts por metro (**V/m**), que es igual a newton sobre coulomb (**N/C**).



De acuerdo con lo anterior y lo mostrado en la figura 3 las líneas de campo eléctrico o fuerza para una carga positiva surgen de ésta, dirigiéndose al infinito y al alejarnos de la carga, la intensidad del campo eléctrico disminuye.

Fig. 3 Campo eléctrico de carga positiva

Problemas resueltos 1 y 2

1. La intensidad del campo eléctrico entre dos placas paralelas es de $240 \frac{N}{C}$, si las placas están separadas por una distancia de 5 cm ¿Cuál es la diferencia de potencial eléctrico entre éstas?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$E = 240 \frac{N}{C}$ $d = 5 \text{ cm}$ $d = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$	$V_{AB} = E \cdot d$ $V_{AB} = \left(240 \frac{N}{C} \right) (5 \times 10^{-2} \text{ m}) = 12 \text{ V}$	$V_{AB} = 12 \text{ V}$

2. La diferencia de potencial eléctrico entre dos placas paralelas es de 100V ¿Cuánto trabajo se requiere para mover una carga de $15 \mu\text{C}$ de una placa a la otra?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$V_{AB} = 100 \text{ V}$ $q = 15\mu\text{C}$ $q = 15 \times 10^{-6} \text{ C}$	$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q_0}$ $W_{AB} = V_{AB} q_0$ $\left(100 \frac{\text{J}}{\text{C}}\right) (15 \times 10^{-6} \text{ C}) = 15 \times 10^{-4} \text{ J}$	$W_{AB} = 15 \times 10^{-4} \text{ J}$ $= 1.5 \text{ mJ}$



Sugerencias de apoyo 2:

Para apoyarse en la comprensión de esta temática, observar los siguientes videos:



Diferencia de potencial eléctrico (1.5)



Trabajo eléctrico (1.6)



Problema diferencia de potencial eléctrico (1.7)

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 1

- La diferencia de potencial eléctrico entre dos placas paralelas es de 220 V, si las placas están separadas por una distancia de 5 cm ¿Cuál es la magnitud del campo eléctrico entre ellas?
- La intensidad del campo eléctrico entre dos placas paralelas es de 500 N/C, si las placas están separadas por una distancia de 8 cm ¿Cuál es la diferencia de potencial eléctrico entre estas?
- Después de ver los videos hacer las siguientes actividades:
 - Plantea otro modelo que explique la diferencia de potencial eléctrico.
 - Escribir que es la diferencia de potencial eléctrico.
 - Explicar cómo se puede incrementar el potencial eléctrico de un capacitor.

Líneas y Superficies equipotenciales.

Como se comentó anteriormente existe una relación entre la magnitud de un campo eléctrico uniforme y el incremento o diferencia de potencial entre dos puntos dentro de este campo determinada por:

$$\Delta V = V_{AB} = E \cdot d$$

Hay que aclarar que el aumento en el potencial eléctrico ocurre en dirección opuesta a la del campo, ya que la energía potencial de una carga puntual aumenta cuando nos movemos contra el campo. Esta relación simple entre E y ΔV solo es válida para un campo uniforme.

Esto significa que las cargas de prueba positivas se mueven hacia donde el potencial eléctrico disminuye y las cargas de prueba negativas se mueven hacia donde el potencial aumenta

Si la intensidad del campo varía con la posición, el cálculo es más complejo y se encuentran diferentes relaciones. Pero en muchas situaciones prácticas, como el caso de los capacitores que estudiaremos más adelante, el campo es más o menos uniforme.

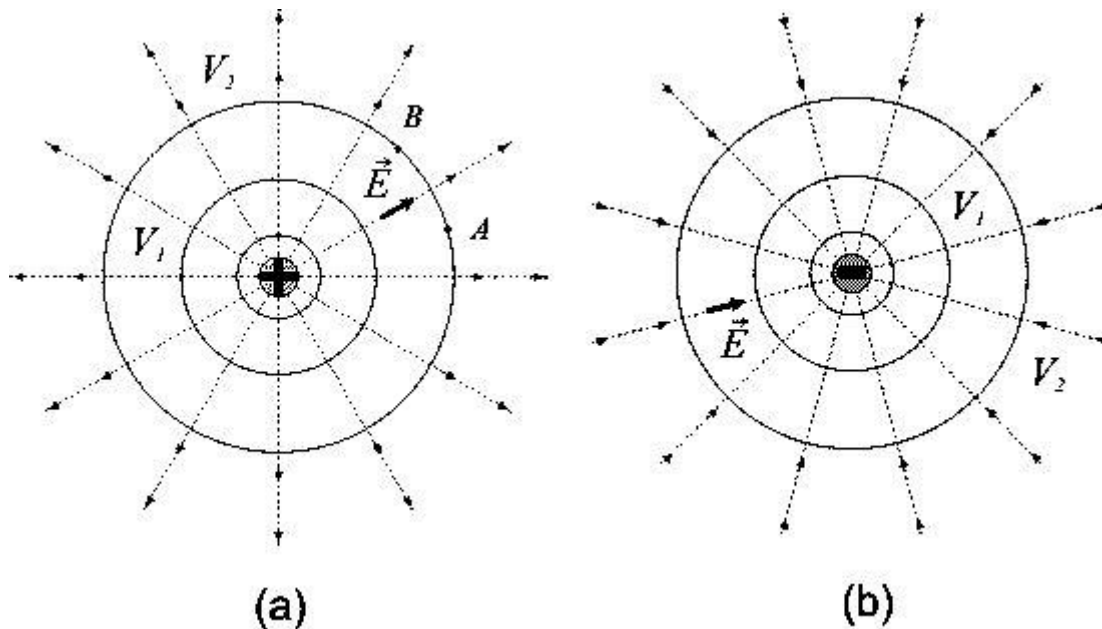


Fig 4 Campo eléctrico para una carga positiva (a) y una carga negativa (b)

En la figura 4 se muestra el campo eléctrico para una carga positiva y una carga negativa indicando potenciales eléctricos a diferentes distancias de las cargas. El nivel de referencia en este caso se define igualando a cero el potencial eléctrico a una distancia infinita desde la carga

Las superficies equipotenciales que rodean a la carga se indican con círculos que rodean a la carga, donde observamos que las líneas de campo eléctrico que emanan de esta carga siempre son perpendiculares a las superficies equipotenciales.

En base a lo anterior podemos decir que las superficies equipotenciales son aquellas en las que el potencial toma un valor constante ya que se encuentran a la misma distancia de la fuente que genera el campo eléctrico. Por ejemplo, las superficies equipotenciales creadas por cargas puntuales son esferas concéntricas centradas en la carga.

Si recordamos la expresión para el trabajo es $W = F \cdot d$, es evidente que: cuando una carga se mueve sobre una superficie equipotencial la fuerza electrostática no realiza trabajo, debido a que el incremento de potencial eléctrico es nulo.

A partir de esto las propiedades de las superficies equipotenciales se pueden resumir en:

- Las líneas de campo eléctrico son, en cada punto, perpendiculares a las superficies equipotenciales y se dirigen hacia donde el potencial disminuye.
- El trabajo para desplazar una carga entre dos puntos de una misma superficie equipotencial es nulo.
- Dos superficies equipotenciales no se pueden cortar.

Para dos placas paralelas cargadas eléctricamente como se muestra en la figura 5, las superficies equipotenciales están representadas por líneas punteadas.

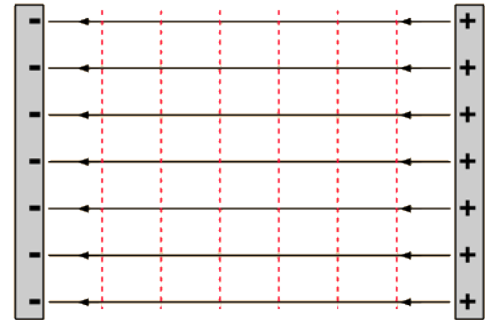


Fig. 5

Problema resuelto 3

En la figura 6 se muestran las superficies equipotenciales de una región del espacio donde existe un campo eléctrico uniforme. Determina la intensidad del campo eléctrico y dibuja las líneas de campo.

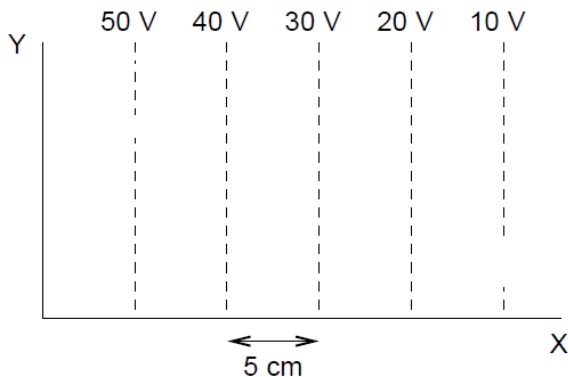


Fig. 6

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$d = 5 \text{ cm}$ $V_A = 40 \text{ V}$ $V_B = 50 \text{ V}$	<p>Las líneas de campo eléctrico son perpendiculares a las superficies equipotenciales y su sentido es decreciente al potencial eléctrico.</p>	$E = 200 \frac{N}{C}$

	$V_{AB} = E \cdot d$ $E = \frac{V_{AB}}{d}$ $E = \frac{50 - 40}{5 \times 10^{-2}} = 200 \frac{N}{C}$	
--	--	--



Sugerencia de apoyo 3:

Para apoyarse en la comprensión de esta temática, observar (la primera parte) del siguiente video:

Líneas y superficies equipotenciales (1.8)



ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 2

1.- Dibujar las líneas de campo y superficies equipotenciales que se producen cuando se encuentran dos cargas puntuales positivas una frente a la otra.

2.- En la figura 7, se muestran las superficies equipotenciales de una región del espacio donde existe un campo eléctrico uniforme. Determina la intensidad del campo eléctrico y dibuja las líneas de campo.

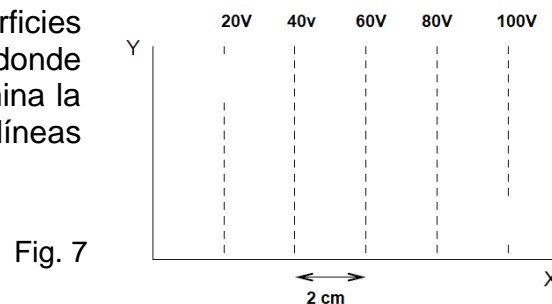


Fig. 7

3.- Dibujar las líneas de campo y superficies equipotenciales que se producen cuando se encuentran dos cargas puntuales, una positiva y otra negativa, una frente a la otra.

Subtemas

Capacitancia y energía potencial eléctrica.

Dieléctricos.

Capacitancia equivalente en un circuito

Aprendizaje 2: **Determina** la energía potencial eléctrica en un capacitor.

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none"> • Diferencia de potencial • Baterías • Capacitores • Circuito eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitancia • Energía potencial eléctrica • Dieléctrico

Condensador o capacitor

Un capacitor o condensador (figura 8), es un dispositivo eléctrico formado por un par de placas conductoras separadas por un dieléctrico (o un vacío) y cuya representación simbólica es:



Fig. 8 Capacitor o condensador

Capacitancia

La capacitancia se define como la razón entre la carga (q) de una de las placas y la diferencia de potencial entre ellas (V). Es una medida de la capacidad del condensador para almacenar energía o carga eléctrica para una diferencia de potencial determinada.

La cantidad de carga en un capacitor es linealmente proporcional a la diferencia de potencial entre los conductores.

$$q \propto \Delta V$$

La constante de proporcionalidad depende de la forma y separación de los conductores y se conoce como capacitancia (C).

$$q = C V$$

Por lo tanto, la expresión para determinar la capacitancia es:

$$C = \frac{q}{V}$$

La carga y la diferencia de potencial siempre se expresan como cantidades positivas, por lo cual la capacitancia tiene un valor positivo.

En el **SI** la unidad de capacitancia es el *farad* [**F**], Un farad es el resultado de almacenar una carga eléctrica de un coulomb al aplicar una diferencia de potencial de 1 volt, es decir.

$$1 \text{ farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt}}$$

El farad es una cantidad muy grande, por lo cual comúnmente encontramos que la capacitancia se mide en microfarad [10^{-6} F], nanofarad [10^{-9} F] y picofarad [10^{-12} F].

Problemas 4 y 5 resueltos

4. Un capacitor almacena 24 μC en cada placa cuando se conecta a una diferencia de potencial de 3 V. ¿Cuál es el valor de la capacitancia?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$q = 24 \mu\text{C}$ $= 24 \times 10^{-6} \text{ C}$ $V = 3 \text{ V}$ $C = ?$	$\mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ $C = \frac{q}{V}$ $C = \frac{24 \times 10^{-6} \text{ C}}{3 \text{ V}} = 8 \times 10^{-6} \text{ F}$	$C = 8 \times 10^{-6} \text{ F} = 8 \mu\text{F}$

5. La capacitancia de un condensador es de 15 nanofarad, cuando se conecta a una batería de 12 V. Determina la carga almacenada en el condensador.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$C = 15 \text{ nF}$ $C = 15 \times 10^{-9} \text{ F}$ $V = 12 \text{ V}$ $q = ?$	$C = \frac{Q}{V}$ Despejando $q = C V$ $q = (15 \times 10^{-9} \text{ F})(12 \text{ V})$ $= 180 \times 10^{-9} \text{ C}$	$q = 180 \times 10^{-9} \text{ C} = 180 \text{ nC}$

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 3

- Se aplica una diferencia de potencial de 120 V, en un condensador cuya carga almacenada es de 60 μC . ¿Qué valor tiene la capacitancia?
- La capacitancia de un condensador es de 9 μF , ¿Cuál es el valor de la batería para que almacene una carga de $3.6 \times 10^{-7} \text{ C}$?

Dieléctrico

Un dieléctrico también es conocido como un aislante que al ser colocado entre las placas de un condensador tiene la función de aumentar su capacitancia, además de hacerlo más resistente, separa a las placas para que al aplicar un voltaje entre ellas la carga no pueda pasar de una placa a la otra.

Capacitor de placas paralelas

Existen diferentes tipos de capacitores, sin embargo, por las herramientas matemáticas con las que se cuenta en el bachillerato, solo se puede abordar el capacitor de placas paralelas (figura 9). Este capacitor consiste en un par de placas conductoras separadas una pequeña distancia (r), sin estar en contacto entre sí.

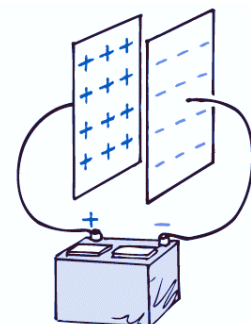


Fig. 9 Capacitor de placas paralelas

El voltaje entre las placas es la diferencia de potencial entre las terminales de la batería. Cuando está cargado, cada conductor tiene una carga de igual magnitud, pero de signos opuestos, por tanto, la carga total en el capacitor es cero.

La densidad de carga (σ) en cada placa depende del área (**A**) de cada una de ellas. A esto se le conoce como densidad superficial y su unidad es $\left[\frac{C}{m^2}\right]$:

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

Considerando que el campo eléctrico entre las placas es uniforme y cero en cualquier otra parte, por lo que $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ donde ϵ es la constante de permitividad dieléctrica del material utilizado como aislante. En caso del que el aislante sea el vacío $\epsilon = \epsilon_0$ y la permitividad en el vacío ϵ_0 ($8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{A\epsilon_0}$$

Al ser uniforme el campo eléctrico, la magnitud de la diferencia de potencial entre las placas es igual a:

$$V = Er = \frac{q}{A\epsilon_0} r$$

Del resultado anterior se obtiene que la capacitancia en un conductor de placas paralelas es:

$$C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{q}{A\epsilon_0} r} = \frac{A\epsilon_0}{r}$$

En la relación anterior se observa que, la capacitancia es proporcional al área de las placas e inversamente proporcional a la separación entre ellas.

Capacitores con material dieléctrico

Al colocar un material dieléctrico entre las placas el voltaje entre éstas disminuye. Los voltajes con y sin dieléctrico están relacionados mediante la constante dieléctrica **k** (depende del material, ver tabla 1) como:

$$\Delta V = \frac{\Delta V_0}{k}$$

Si la carga q_0 en el capacitor no cambia, la capacitancia se modifica en un factor de **k**.

$$C = \frac{q_0}{\Delta V} = \frac{q_0}{\frac{\Delta V_0}{k}} = k \frac{q_0}{\Delta V_0} = kC_0$$

Cuando el capacitor tiene un material dieléctrico, la capacitancia se expresa como:

$$C = kC_0 = k \frac{A\epsilon_0}{r}$$

La separación mínima entre las placas está limitada por la descarga eléctrica que puede presentarse a través del medio dieléctrico; el voltaje máximo que puede aplicarse al capacitor sin generar una descarga depende de la resistencia del dieléctrico, debido a que el dieléctrico puede volverse conductor.

A continuación, se presenta una tabla con valores a temperatura ambiente de constantes y resistencias dieléctricas aproximadas de diversos materiales.

Material	Constante dieléctrica κ	Intensidad dieléctrica ^a (10^6 V/m)
Aceite de silicón	2.5	15
Agua	80	—
Aire (seco)	1.000 59	3
Baquelita	4.9	24
Cloruro de polivinilo	3.4	40
Cuarzo fundido	3.78	8
Hule de neopreno	6.7	12
Mylar	3.2	7
Nylon	3.4	14
Papel	3.7	16
Papel impregnado en parafina	3.5	11
Poliestireno	2.56	24
Porcelana	6	12
Teflón	2.1	60
Titanato de estroncio	233	8
Vacío	1.000 00	—
Vidrio pirex	5.6	14

^aLa resistencia dieléctrica es igual al campo eléctrico máximo que puede existir en un dieléctrico sin que se rompa el aislamiento. Observe que estos valores dependen en gran medida de si existen o no impurezas o defectos en los materiales.

Tabla 1. Constantes y resistencias dieléctricas aproximadas de diversos materiales a temperatura ambiente.

Energía potencial eléctrica en un capacitor

Un capacitor al ser cargado almacena energía potencial eléctrica. Cuando se conecta un capacitor descargado a una batería, requiere de un trabajo para transferir una pequeña cantidad de carga Δq de una placa a otra. Pero una vez que ha sido transferida la carga, aparece entre las placas una diferencia de potencial. La diferencia de potencial aumenta en proporción a la carga.

$$\Delta V = \frac{\Delta q}{C}$$

El trabajo T [J] para mover una carga a través de una diferencia de potencial es:

$$T = \frac{1}{2} q V$$

T es el trabajo total para cargar el capacitor, el cual es igual a la energía almacenada U en el capacitor después de que es cargado. De tal forma que la ecuación queda como:

$$U = \frac{1}{2} q V$$

Por lo que

$$T = \frac{1}{2} q V = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{q^2}{2 C}$$

Los capacitores no pueden someterse a diferencias de potencial muy grandes, ya que la diferencia de potencial máxima depende del dieléctrico y la separación entre las placas. Lo anterior limita la capacidad de un capacitor para almacenar energía.

Problema resuelto 6

Se conecta un capacitor de 12 pF a una pila de 1.5 V. Si se desconecta ¿Cuánta energía queda almacenada en dicho capacitor?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$C = 12 \text{ pF}$	$U = \frac{1}{2} C V^2$	$U = 13.5 \times 10^{-12} \text{ J}$
$C = 12 \times 10^{-12} \text{ F}$		
$V = 1.5 \text{ V}$	$U = \frac{1}{2} (12 \times 10^{-12} \text{ F})(1.5 \text{ V})^2$	
$U = ?$	$= 13.5 \times 10^{-12} \text{ J}$	

Circuitos con capacitores (RC)

En algunos casos encontramos que un circuito eléctrico tiene dos o más condensadores conectados en arreglos que pueden ser en serie o en paralelo.

En **serie** (figura10), están conectados en una sola trayectoria, el positivo del primero se conecta con el negativo del siguiente, todos tienen la misma carga q y corriente I , la diferencia de potencial V es la suma de la caída de potencial de cada condensador. Para calcular la capacitancia equivalente (C_{eq}) se tiene:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

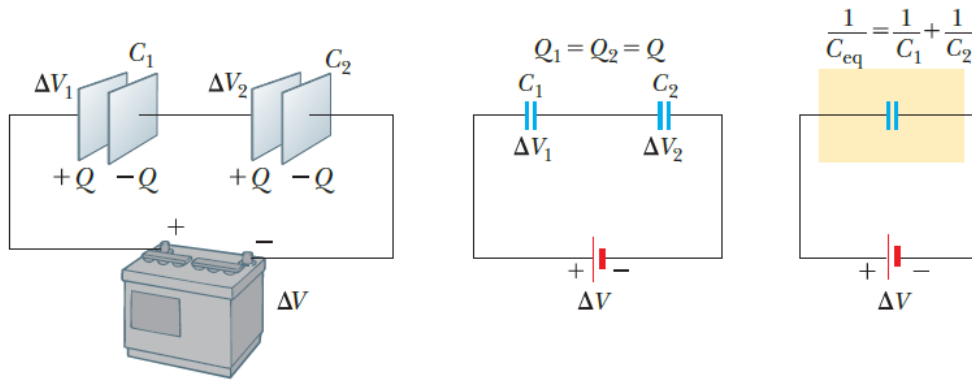


Fig. 10 Circuito eléctrico en serie con 2 condensadores

En **paralelo** (figura 11), todos los condensadores están conectados al mismo potencial, la carga total en el circuito es la suma de la carga en cada condensador. Para calcular la capacitancia equivalente:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots$$

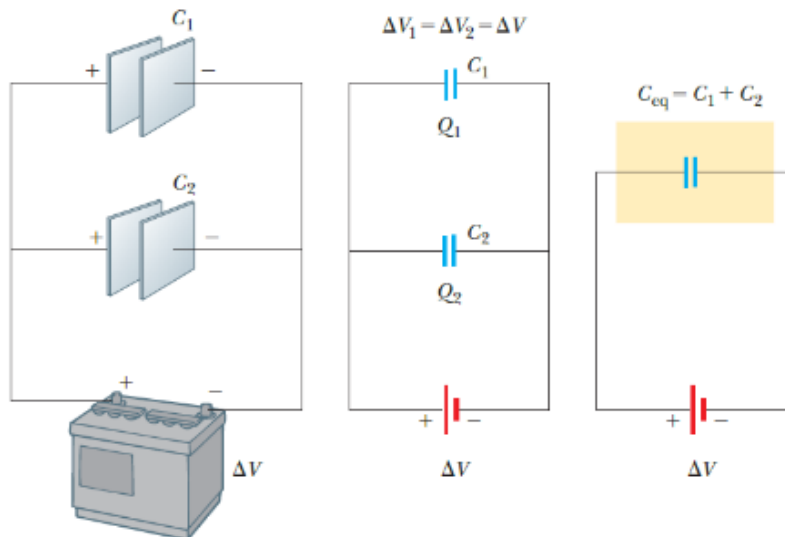


Fig. 11 Circuito eléctrico en paralelo con 2 condensadores

Problema resuelto 7

Dos condensadores de $3 \mu\text{F}$ y $4 \mu\text{F}$ se conectan en paralelo a una fuente de 60 V . Determinar:

- la capacitancia equivalente
- la carga en cada condensador.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$C_1 = 3 \mu\text{F}$	$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2$	$C_{\text{eq}} = 7 \mu\text{F}$
$C_2 = 4 \mu\text{F}$	$C_{\text{eq}} = 3 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 7 \mu\text{F}$	
$V = 60 \text{ V}$		$q_1 = 180 \mu\text{C}$
a) $C_{\text{eq}} = ?$ b) q_1 y q_2	la carga total es $q_1 = C_1 V = (3 \mu\text{F})(60 \text{ V}) = 180 \mu\text{C}$ $q_2 = C_2 V = (4 \mu\text{F})(60 \text{ V}) = 240 \mu\text{C}$	$q_2 = 240 \mu\text{C}$

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 4

- 1.- En la figura 12 se muestra un arreglo formado por tres capacitores conectados en paralelo, cuyos valores son $8 \mu\text{F}$, $12 \mu\text{F}$ y $6 \mu\text{F}$ respectivamente, el voltaje es de 120 V ; obtener:

- a) la capacitancia equivalente
b) la carga en cada capacitor.

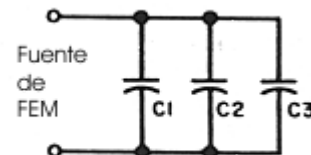


Fig. 12

2. Tres capacitores de $8 \mu\text{F}$, $10 \mu\text{F}$ y $4 \mu\text{F}$ se conectan en serie a una fuente de 90 V como se muestra en la figura 13, calcular:

- a) la capacitancia equivalente
b) la carga almacenada en cada capacitor
c) la diferencia de potencial en cada capacitor.

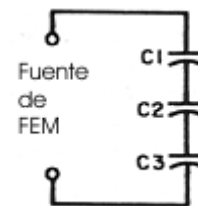


Fig. 13

Temática: Corriente eléctrica y Potencia eléctrica

Subtemas

Corriente eléctrica Directa.

Corriente eléctrica alterna.

Potencia eléctrica.

Valor eficaz (**RMS**) de corriente y voltaje

Aprendizaje 3: **Determina** la potencia de elementos eléctricos que trabajen con CD o CA

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none"> Diferencia de potencial eléctrico Energía potencial eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> Corriente eléctrica directa Corriente eléctrica alterna Potencia eléctrica Ley de Ohm

CORRIENTE ELÉCTRICA

Alguna vez te has percatado que al oprimir el botón del apagador de tu recámara permite que un foco se encienda o se apague, probablemente no le has dado importancia. Fenómenos similares como el funcionamiento de una lavadora, licuadora o una bomba de agua, suceden al permitir el paso de la corriente al accionar el interruptor.

Como se ejemplifico anteriormente la corriente eléctrica está presente a lo largo de nuestra vida, y la utilizamos constantemente, pero ¿realmente sabes qué es la corriente eléctrica y cómo funciona?

En física la corriente eléctrica es un flujo de electrones que se desplazan a través de un conductor (figura 14), y a la magnitud de este flujo por unidad de tiempo (**t**) se le denomina intensidad de corriente eléctrica (**I**). En el Sistema Internacional de Unidades (**SI**), la intensidad de corriente eléctrica se expresa en Coulomb por segundo [C/s], unidad que se denomina Ampere [A].

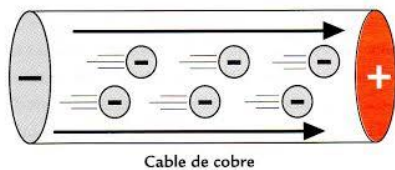


Fig. 14 Corriente eléctrica

Por medio de la siguiente expresión matemática, se cuantifica la intensidad de corriente eléctrica que fluye por un dispositivo eléctrico

$$I = \frac{q}{t}$$

A continuación, se destacan algunos de los efectos o aplicaciones que tiene la corriente eléctrica:

Efectos caloríficos. Se debe al aumento de la temperatura del conductor o resistencia eléctrica por el paso de la corriente eléctrica. Tiene aplicaciones en los siguientes dispositivos eléctricos: Hornos, planchas, cafeteras, cautines, planchas para el cabello etc.

Efectos magnéticos. Toda corriente eléctrica que pasa por un conductor genera un campo magnético semejante al de los imanes. Sus aplicaciones son muchas, por ejemplo, motores eléctricos, televisiones, radios, multímetros etc.

Efecto luminoso. Sucede cuando pasa la corriente y se enciende un foco.

Problemas resueltos 8 y 9

8. Por un foco pasa una intensidad de corriente eléctrica de 0.5 A, calcula la carga eléctrica que pasa en 0.6 s

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$I = 0.5 \text{ A}$ $t = 0.6 \text{ s}$ $q = ?$	$I = \frac{q}{t}$ Despejando q $q = I t$ $q = (0.5 \text{ A}) (0.6\text{s})$	$q = 0.30 \text{ C}$

9. ¿Cuánto tiempo tarda en pasar una carga de 9 mC, si la intensidad de la corriente eléctrica es de $3 \times 10^{-4} \text{ A}$?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$I = 3 \times 10^{-4} \text{ A}$ $q = 9 \text{ mC} = 9 \times 10^{-3} \text{ C}$ $t = ?$	$I = \frac{q}{t}$ Despejando t $t = \frac{q}{I}$ $t = \frac{9 \times 10^{-3} \text{ C}}{3 \times 10^{-4} \text{ A}}$	$t = 0.30 \text{ s}$

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 5

- Una corriente fija de 0.5 A fluye a través de un alambre, ¿Cuánta carga pasa a través del alambre en un minuto?
- ¿Qué carga eléctrica pasa por la sección de un conductor en 5 minutos cuya intensidad de corriente eléctrica es de 15 mA?
- Determinar la intensidad de corriente eléctrica a través de un conductor, si circula una carga eléctrica de 12 μC durante 90 segundos.

CORRIENTE DIRECTA (CD)

La corriente directa no cambia de sentido y de dirección con el tiempo, es un flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor por ello también se le conoce como corriente continua.

CORRIENTE ALTERNA (CA)

La corriente alterna es del tipo de corriente eléctrica que se caracteriza porque la intensidad y la dirección presentan una variación de tipo cíclico. La oscilación es de forma sinusoidal, es decir, una curva que sube y baja continuamente. Gracias a esta forma de oscilación la corriente alterna logra transmitir la energía de manera más eficiente al poderse utilizar transformadores eléctricos para elevar el voltaje y reducir la corriente, lo cual disminuye las pérdidas de energía en las líneas de transmisión por el efecto Joule.

La corriente alterna (**CA**), es el tipo de electricidad utilizada hoy en día en el hogar, oficinas y trabajos para transmitir señales de audio y video a partir de los cables eléctricos.

Para entender la diferencia entre la corriente directa y alterna se presenta la siguiente tabla comparativa:

CORRIENTE DIRECTA	CORRIENTE ALTERNA
Las pérdidas de corriente en las líneas de transmisión son mayores.	Las pérdidas de corriente en las líneas de transmisión son menores.
El voltaje es estable.	El voltaje varía en el tiempo.
Genera poco ruido	Se genera más ruido.
Su uso es más adecuado para el funcionamiento de aparatos electrónicos.	Para que los aparatos electrónicos la puedan utilizar es necesario utilizar un eliminador de corriente (como el cargador de tu celular).
Transformarla en alterna es complicado y costoso.	Se puede transformar fácilmente en directa.

Tabla 2. Diferencias entre la corriente directa y la corriente alterna

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 6.



Observar los dos videos de los siguientes links que tratan el tema de corriente eléctrica y contestar el cuestionario.



¿Qué es corriente eléctrica? (1.9)



Corriente eléctrica (1.10)

1. ¿Qué entiendes por corriente eléctrica?
2. ¿Cuáles son las variables y las unidades de su expresión matemática?
3. ¿Qué materiales se utiliza para elaborar los mejores conductores de la corriente eléctrica?

Potencia eléctrica

Al circular la carga eléctrica por un conductor o circuito se realiza un trabajo (**T**) que es una forma de energía; ésta puede manifestarse como energía calorífica, mecánica, luminosa, etc. Por ejemplo, en una licuadora el trabajo se utiliza para generar movimiento, cuando utilizas las tenazas para el pelo la energía eléctrica se transforma en calor, al encender un foco se obtiene energía luminosa. Esta energía o trabajo que consumen los dispositivos o máquinas eléctricas en un tiempo (**t**) determinado, se le conoce como potencia eléctrica (**P**).

El potencial eléctrico (**V**) cuya unidad es el volt [**V**] se define como la energía o trabajo, (**T**) medido en Joule [**J**] necesario para mover una carga eléctrica (**q**) medida en coulomb (**C**), entonces se tiene:

$$V = \frac{T}{q}$$

Despejando el trabajo:

$$T = Vq$$

Dado que potencia medida en watts [**W**] se define como la rapidez con la que se realiza un trabajo, se tiene:

$$P = \frac{T}{t}$$

Sustituyendo trabajo en potencia:

$$P = \frac{Vq}{t}$$

Y como Intensidad de corriente eléctrica (**I**) medida en Ampere [**A**] es:

$$I = \frac{q}{t}$$

Entonces la potencia eléctrica se representa como:

$$P = VI$$

Al relacionarla con la ley de Ohm, la potencia eléctrica se determina en términos de la resistencia eléctrica (**R**) medida en ohms [**Ω**] es:

$$P = RI^2$$

Como:

$$I = \frac{V}{R}$$

Se tiene:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Problema resuelto 10

Se tiene una plancha con una resistencia de 600Ω , la cual está, conectada a una toma de corriente casera, cuya diferencia de potencial es de 120 V . Determinar:

- La potencia eléctrica de la plancha.
- La intensidad de corriente eléctrica que circula por la resistencia de la plancha.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$R = 600 \Omega$	$P = \frac{V^2}{R}$	$P = 24 \text{ W}$
$V = 120 \text{ V}$	$P = VI$	
$P = ?$	$I = \frac{P}{V}$	$I = 0.2 \text{ A}$
$I = ?$	$P = \frac{(120 \text{ V})^2}{600 \Omega} = 24 \text{ W}$	
	$I = \frac{24 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 0.2 \text{ A}$	

Actividades de aprendizaje 7:

- Un foco cuya potencia es de 200 W , se conecta a una toma de corriente casera, donde el voltaje es de 120 V . Calcular:
 - La intensidad de corriente eléctrica.
 - La resistencia eléctrica del filamento del foco.
- La batería de un celular de 3.7 V alimenta una resistencia eléctrica de $3 \text{ k}\Omega$. Calcular la intensidad de la corriente y la potencia eléctrica disipada.
- Al comprar un celular usualmente se busca que tenga una batería con el mayor amperaje, explica por qué.

Valor eficaz (RMS)

La corriente alterna y la corriente continua o directa son diferentes, aunque se relacionan con el concepto de Valor eficaz "**RMS**" (Root Mean Squared); el cual se define como: el valor que tiene una corriente continua, produciendo la misma potencia eléctrica que una corriente alterna, al aplicarla sobre una misma resistencia. Esto es tanto para el voltaje como para la intensidad de corriente eléctrica, por lo que al relacionar el voltaje efectivo (V_{ef}) con voltaje máximo o pico (V_p) tenemos:

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

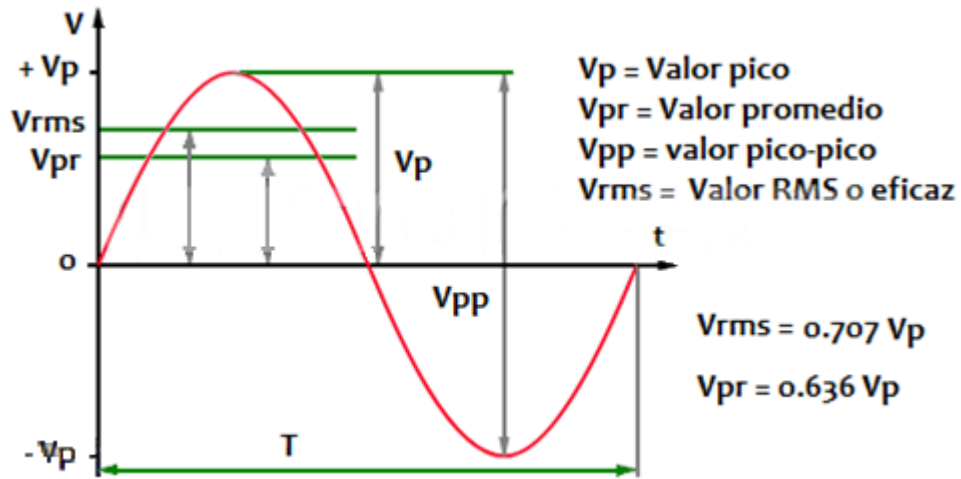


Fig. 15. Relación de voltaje efectivo con voltaje máximo

Y la intensidad de corriente efectiva (I_{ef}) con la intensidad de corriente máxima o pico (I_p)

$$I_{ef} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

Por lo que la potencia efectiva, P_{ef} , quedaría de la siguiente forma:

$$P_{ef} = V_{ef} I_{ef} = \frac{V_p I_p}{\sqrt{2}\sqrt{2}} = \frac{V_p I_p}{2}$$

Se concluye que la potencia efectiva sería la mitad de la potencia máxima.

Problema resuelto 11

Se conecta un voltímetro a un circuito alimentado por corriente alterna con una resistencia de 12Ω , la lectura obtenida es de $117 V$; ¿cuáles son los valores máximos de I_p y de V_p ?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$R = 12 \Omega$	$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{R}$	$I_{ef} = 9.75 A$
$V_{ef} = 117 V$	$I_{ef} = \frac{117 V}{12 \Omega}$	$I_p = 13.78 A$
$I_p = ?$	$I_p = I_{ef} \sqrt{2} = 9.75 A \sqrt{2} = 13.78 A$	$V_p = 165.46 V$
$V_p = ?$	$V_p = V_{ef} \sqrt{2} = 117 V \sqrt{2} = 165.46 V$	

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 8

1. En un circuito de corriente alterna, se obtuvieron los valores máximos de $V=110\text{ V}$ y $I=5\text{ A}$. Determina los valores eficaces del voltaje, la intensidad de corriente eléctrica y de la potencia eléctrica.



Observa los siguientes videos y contesta las preguntas posteriores:



Potencia eléctrica (1.11)



Valor eficaz RMS (1.12)

2. ¿Además de aparatos eléctricos, en dónde se puede hablar de la potencia eléctrica?
3. Menciona al menos tres aparatos eléctricos donde visualices la potencia eléctrica.
4. ¿Qué otra unidad se utiliza para medir la potencia eléctrica además del watt?
5. Explica la diferencia de medir la potencia eléctrica en un circuito de corriente alterna y uno de corriente continua.
6. Si la intensidad de corriente eléctrica aumenta en un circuito, ¿Qué sucede con la potencia eléctrica?
7. Con tus palabras, define que es el valor eficaz o RMS

Subtemas

- Ley de Ampere
- Campo magnético
- Flujo magnético
- Densidad del flujo magnético (B)
- Circuito de Ampere
- Efecto motor

Aprendizaje 4: **Identifica** la densidad de flujo del campo magnético producido por un conductor recto, una bobina y un solenoide

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none"> • Carga eléctrica • Corriente eléctrica • Campo eléctrico • Corriente eléctrica alterna y directa • Experimento de Oersted 	<ul style="list-style-type: none"> • Campo magnético • Líneas de flujo magnético • Campo magnético inducido • Densidad de flujo magnético

El magnetismo es un fenómeno natural por el cual algunos objetos producen fuerza de atracción o repulsión sobre otros materiales, jugando un papel importante en todos los dispositivos eléctricos utilizados en la industria, la investigación y en nuestro entorno de vida. Algunos de los aparatos eléctricos, son los siguientes: motores, generadores, transformadores, computadoras, celulares y electrodomésticos, entre otros.



Fig. 16 Imanes de diferentes formas y brújula

El imán es un objeto o dispositivo con la propiedad de atraer o repeler a otros imanes y/o metales ferromagnéticos, puede ser natural o artificial (figura 16). La brújula es un imán permanente, el cual era utilizado por los marinos chinos para indicar una dirección de navegación.

La electricidad y el magnetismo se estudiaban como ciencias separadas, hasta que el Físico Danés Hans Christian Oersted en 1820, realizó un experimento en donde descubrió que la aguja de una brújula presenta una desviación ante la presencia de un conductor portador de una corriente eléctrica llamado “Experimento de Oersted”, con este experimento se demuestra que existe una relación entre la Electricidad y el Magnetismo.

Campo Magnético

La región que rodea a un imán se denomina campo magnético. El término campo magnético es usado actualmente, aunque también se utilizaban nombres como la inducción magnética o densidad de flujo magnético.

Líneas de flujo magnético

El campo magnético se representa idealmente por líneas de flujo magnético, las cuales son similares a las líneas de flujo eléctrico, son cerradas. En la figura 17 se muestran las líneas de campo eléctrico entre dos cargas diferentes y las líneas de campo magnético en un imán

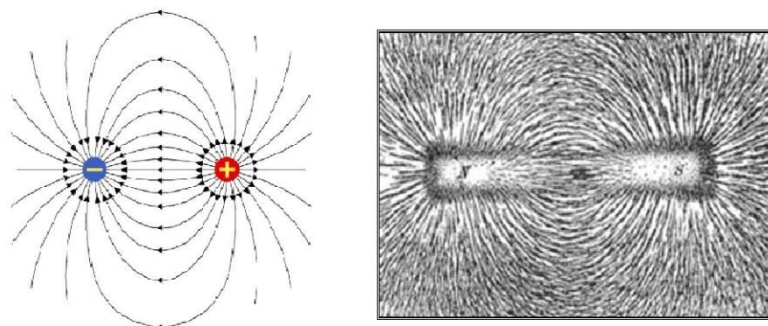


Fig 17. Líneas de campo eléctrico entre dos cargas diferentes y líneas de campo magnético en un imán.

El símbolo para el flujo magnético es la letra griega Φ “phi”, su unidad de medición en el SI, es el weber [Wb]. Las líneas de flujo magnético salen del polo norte y entran por el polo sur retornando al polo norte a través de la barra metálica. El espacio es uniforme

entre las líneas de flujo dentro del núcleo y la distribución simétrica fuera del material magnético.

La intensidad de un campo magnético en una región particular está directamente relacionada con la densidad de las líneas de flujo en esa región. Por ejemplo, en la siguiente figura 18 la intensidad del campo magnético en **a** es el doble que en **b**, ya que el doble de líneas de flujo magnético está asociada con el plano perpendicular en **a** que en **b**. La intensidad de los imanes permanentes es mayor cerca de los polos.

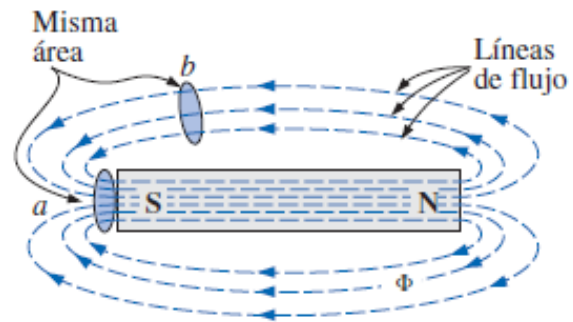


Fig. 18 Intensidad de campo magnético en a y b

Si polos diferentes de dos imanes se acercan, estos se atraen y si los polos son iguales se repelen, así que, la distribución de flujo magnético es como se muestra en las figuras siguientes:

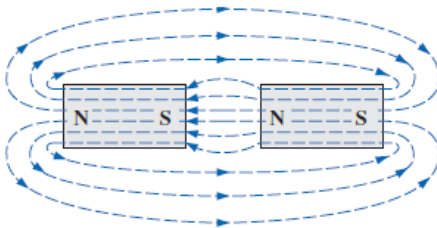


Fig. 19 Polos magnéticos que se atraen

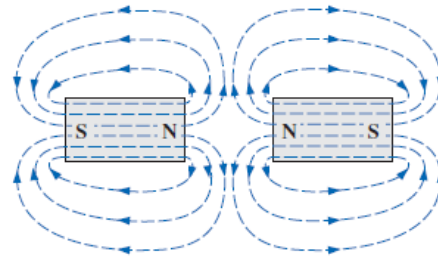


Fig. 20 Polos magnéticos que se repelen

Si un material no magnético, como vidrio o madera, se coloca en las trayectorias de flujo que rodean a un imán, no habrá un cambio en la distribución del flujo. Sin embargo, cuando un material magnético, como el hierro dulce, se coloca en la trayectoria del flujo, estas pasarán por el hierro y no por el aire circundante porque pueden hacerlo con mayor facilidad a través de materiales magnéticos que por el aire como se observa en la figura 21.

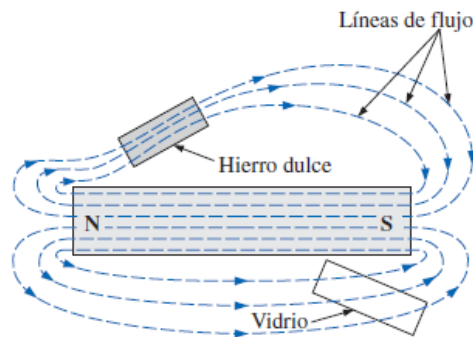


Fig. 21 Comportamiento de un imán ante hierro y vidrio

Hay que considerar que:

- Una carga eléctrica establece o crea un campo eléctrico en el espacio que la rodea.
- Un campo eléctrico ejerce una fuerza sobre una carga situada dentro de dicho campo eléctrico.

Análogamente:

- Una carga eléctrica en movimiento o una corriente eléctrica establece o crea un campo magnético en el espacio que la rodea.
- Un campo magnético ejerce una fuerza sobre una carga en movimiento o sobre una corriente eléctrica que se encuentre dentro del campo magnético.

El campo magnético representado por líneas de flujo magnético, está presente alrededor de todo material conductor donde circule una corriente eléctrica. La dirección de las líneas de flujo magnético inducido puede encontrarse por medio de la primera regla de la mano derecha:

Se coloca el pulgar de la mano derecha en la dirección del flujo convencional de la corriente y enrolla al conductor con los demás dedos, éstos indican la dirección de las líneas de flujo magnético.

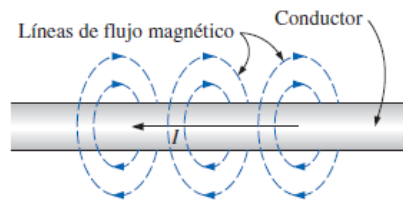


Fig. 22 Líneas de flujo magnético

Si el conductor es enrollado en una sola vuelta denominada **espira**, el flujo resultante (figura 23), fluirá en una dirección común a través del centro de la bobina.

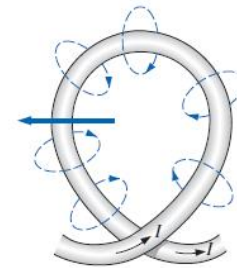


Fig. 23 Flujo en una espira

Una bobina la cual está conformada por dos o más espiras, producirá un campo magnético en una trayectoria cerrada alrededor de la bobina. En la figura 24 se observa la aplicación de la segunda regla de la mano derecha para la bobina:

Los dedos juntos siguen la dirección y sentido convencional de la corriente eléctrica en el conductor y el dedo pulgar apunta hacia el polo norte que indica la dirección de las líneas de flujo magnético inducido Φ .

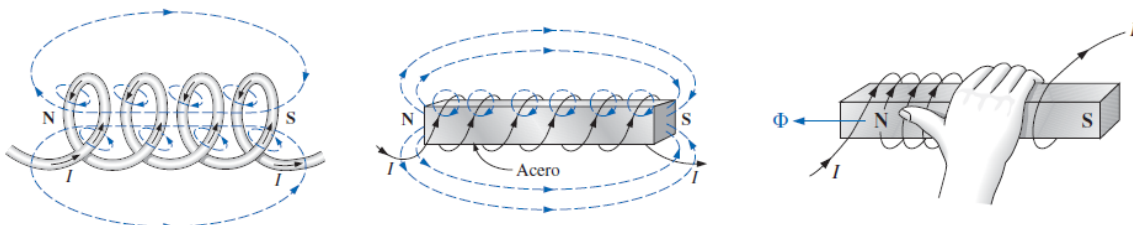


Fig. 24 aplicación de la segunda regla de la mano derecha aplicada en una bobina

La distribución del flujo magnético en la bobina es similar al de un imán. La bobina puede incrementar la intensidad de este flujo, de las siguientes maneras:

- Aumentando el número de vueltas
- Colocando un núcleo ferromagnético
- Elevando la corriente eléctrica en el embobinado.

Densidad de flujo magnético

Las líneas de flujo magnético que atraviesan una superficie pueden representarse en forma proporcional al flujo magnético total a través de la superficie. Por lo que, la densidad de flujo magnético (**B**) que se mide en el SI en teslas, [**T**], se define como la razón de la cantidad de líneas de flujo magnético (**Φ**) la cual se mide en weber [**Wb**], que cruzan un área transversal (**A**), medida en [**m²**].

$$B = \frac{\Delta\Phi}{\Delta A}$$

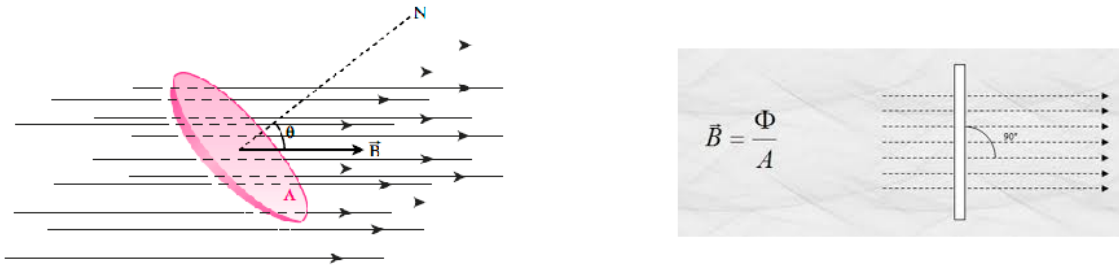


Fig. 25 Densidad de flujo magnético

Ley de Ampère

La ley de Ampère relaciona una intensidad de corriente eléctrica (**I**) con el campo magnético que ésta produce. Es la ley que permite calcular campos magnéticos (**B**) a partir de las corrientes eléctricas, esta ley establece:

La circulación de un campo magnético a lo largo de una línea cerrada es igual al producto de la permeabilidad del material por la intensidad de corriente eléctrica total que atraviesa el área limitada por la trayectoria.

Ampère (1775-1836), inspirándose en esta expresión, estableció en 1826 una relación general entre estas dos magnitudes, sea cual sea la forma del conductor por el que circula la corriente eléctrica de intensidad constante (**I**), la relación es:

$$BL = \mu_0 I$$

Esta ecuación establece que para cualquier trayectoria de línea cerrada, la suma de los elementos de longitud (L) multiplicada por el campo magnético (B) en la dirección de esos elementos de longitud, es igual a la permeabilidad (μ_0) multiplicada por la corriente eléctrica encerrada (I).

Cálculo de la densidad de flujo magnético en un alambre conductor recto

Para calcular el valor del campo magnético en un punto P a una distancia r de un conductor, el cual tiene una corriente eléctrica circulando, se hace lo siguiente: En la figura 26 se representa una corriente eléctrica de intensidad constante en el conductor recto. Alrededor de él, se ha dibujado una circunferencia de radio r , que es la trayectoria cerrada elegida para hacer circular a la densidad de flujo magnético B . La circulación del vector campo magnético es constante a lo largo de todo el camino seleccionado y la circunferencia tiene un perímetro igual a $2\pi r$.

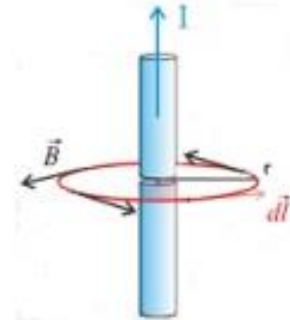


Fig.26

$$B2\pi r = \mu_0 I$$

Despejando la densidad de flujo magnético, se obtiene la expresión con la que se esta en posibilidad de calcular ésta en un conductor de corriente eléctrica.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Problema resuelto 12

Calcular el valor de la densidad de flujo magnético en el aire en un punto situado a 5 cm de un alambre recto que conduce una corriente eléctrica de 15 A.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{Tm}{A} \right]$ $I = 15 \text{ A}$ $B = ?$	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $B = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})(15 \text{ A})}{2\pi(0.05 \text{ m})}$ $B = 6 \times 10^{-5} \text{ T}$	$B = 6 \times 10^{-5} \text{ T}$

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 9

Se tiene un campo magnético de $400 \mu\text{T}$ a una distancia de $3 \times 10^{-12} \text{ m}$ de un alambre recto. Determinar la corriente eléctrica que circula a través del alambre.

Cálculo de la densidad de flujo magnético en una bobina

En una espira formada por un alambre conductor, las líneas de flujo magnético rodearán a éste de la misma forma que cuando era recto. Todas las líneas de flujo entran por un lado de la espira y salen por el otro, mostrando su polaridad magnética como se ve en la figura 27.



Fig. 27 Polaridad magnética de una espira

Por lo tanto, la **espira** actúa como un imán con un polo norte en un lado y un polo sur en el otro. El norte estará en el lado en que las líneas de fuerza salen de la espira, y el sur en el lado en que entran en ella.

El imán formado así es muy débil, pero puede aumentarse la potencia del campo magnético enrollando varias espiras para formar una **bobina**.

Cuando varias espiras se enrollan para formar una bobina, y la corriente pasa a través del conductor, el campo magnético de cada espira se enlaza con el de la siguiente, tal como se muestra en la figura 28.

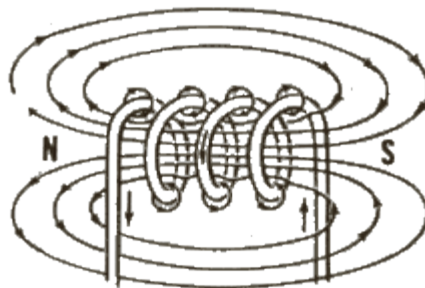


Fig. 28

El campo magnético producido entre dos espiras es similar al producido entre dos conductores paralelos cuyas corrientes fluyen en la misma dirección. La influencia combinada de todas las vueltas produce dos campos paralelos de dos polos, semejantes al de un imán en forma de barra. Tendrá todas las propiedades de un imán en tanto la corriente esté fluyendo.

Un cambio en la dirección de la corriente en el conductor provoca la inversión de la dirección del campo magnético que ella produce, ocasionando con esto, un cambio en la polaridad de los polos magnéticos.

Cálculo de la densidad de flujo magnético en un solenoide

Un **solenoid** es una bobina que, por su diseño, genera un campo magnético de gran intensidad, es de forma cilíndrica, cuenta con un hilo conductor que está enrollado de forma tal que la corriente provoca la formación de un campo magnético intenso.

El valor del campo magnético (**B**) en un punto interior del solenoide se calcula aplicando la ley de Ampère, de forma similar al de una espira. En la siguiente figura 29 se muestra un solenoide y su corte transversal, para el análisis.

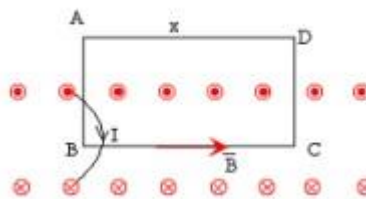


Fig. 29 Corte transversal de un solenoide

Suponiendo que el solenoide es muy largo comparado con el radio de sus espiras, el campo es aproximadamente uniforme y paralelo al eje en el interior y es nulo fuera de éste. El modelo matemático para calcular el campo magnético considerando el número de espiras por unidad de longitud (**N/L**) es de la forma siguiente:

$$B = \frac{\mu N I}{L}$$

Problema resuelto 13

Un solenoide de 5 cm de longitud formado con 4000 vueltas sobre un núcleo ferromagnético, cuya permeabilidad magnética relativa es de 1250, por el que circula una corriente de 80 mA. Calcular la densidad de flujo magnético en el centro del solenoide.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$L = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$ $N = 4000 \text{ vueltas}$ $\mu_r = 1250$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{Tm}{A} \right]$ $I = 80 \text{ mA} = 0.08 \text{ A}$ $B = ?$	$B = \frac{\mu N I}{L}$ <p>Donde μ es la permeabilidad del material ferromagnético, y está dada por: $\mu = \mu_r \mu_0$</p> <p>Sustituyendo μ en la ecuación:</p> $B = \frac{\mu_r \mu_0 N I}{L}$ $= \frac{(4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})(1250)(4000 \text{ vueltas})(0.08 \text{ A})}{0.05 \text{ m}}$ $B = 10.053 \text{ T}$	$B = 10.053 \text{ T}$

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 10

Un solenoide tiene 8 cm de longitud, el número de vueltas es de 4 y el campo magnético en su interior es de 2.5×10^{-4} T. Encontrar la intensidad de corriente eléctrica que circula por el solenoide. (Nota, al no tener núcleo ferromagnético la permeabilidad es la del vacío).

Efecto Motor

El efecto motor es un efecto electromagnético que actualmente es de gran importancia, porque en él se basa el funcionamiento de muchos dispositivos útiles para el ser humano. Todo conductor por el que circula una corriente eléctrica dentro de un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento.



Fig. 30 Motor

El efecto motor se genera por la interacción de la corriente que circula por un alambre y el campo magnético presente, produciendo de esta manera una fuerza o *torque eléctrico*, siendo éste el principio de funcionamiento de los motores eléctricos.

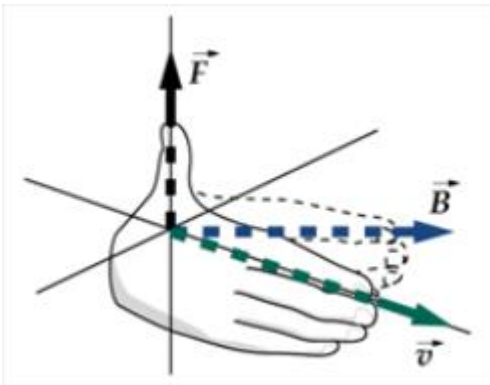


Fig. 31 Regla de la mano derecha

La corriente y el campo magnético son magnitudes vectoriales y la fuerza generada es un tercer vector perpendicular a dichos vectores (figura 31), es decir, la fuerza o torque eléctrico es el producto cruz de los vectores corriente (I) y campo magnético (B) representada con la regla de la mano derecha.

Subtemas

- Ley de Faraday
- Motor eléctrico
- Generador eléctrico
- Transformador eléctrico

Aprendizaje 5: **Determina** experimentalmente la fem inducida por un flujo magnético variable

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none">• Corriente eléctrica• Campo eléctrico• Campo magnético	<ul style="list-style-type: none">• Electromagnetismo• Corriente eléctrica inducida• Fuerza electromotriz• Densidad de flujo magnético

El Físico danés Hans Cristian Oersted, fue el primero que observó en 1819 que al colocar una brújula encima de un alambre recto, ésta desviaba su manecilla al pasar una corriente eléctrica a través del alambre (figura 32). Con este experimento se demostró que la corriente eléctrica produce alrededor del conductor un campo magnético.

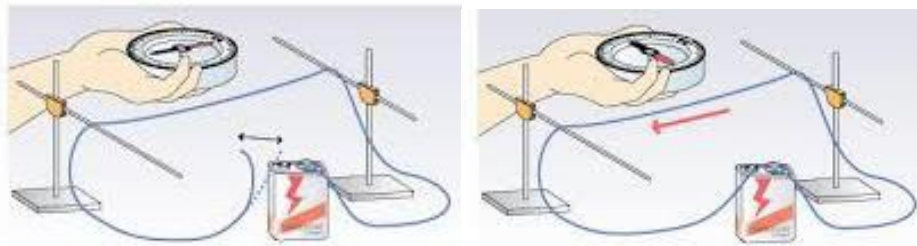


Fig. 32 Experimento de Oersted

INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Michael Faraday Físico Inglés, encontró la forma de generar corriente eléctrica a partir de magnetismo, ya que una corriente eléctrica origina un campo magnético. En 1835 logró producir corriente eléctrica a partir de magnetismo, lo hizo introduciendo un imán dentro de un solenoide.

Para reproducir el experimento de Faraday, se hace lo siguiente:

1. Conectar las terminales del solenoide al galvanómetro para formar un circuito cerrado.
2. Al introducir el imán dentro del solenoide, el galvanómetro registrara corriente eléctrica
3. Si el imán permanece estático no se produce corriente eléctrica.
4. Al sacar el imán, se produce corriente eléctrica, pero en sentido contrario, como lo indica el galvanómetro.
5. Moviendo rápidamente el imán dentro del solenoide la corriente inducida aumenta de intensidad.
6. En lugar de un imán se puede emplear con los mismos resultados otro solenoide con corriente.

Analizando lo anterior se explica la forma en que se produce la corriente eléctrica inducida, sin utilizar ninguna pila o corriente eléctrica, la razón de la inducción es el movimiento del imán, que hace que las líneas de fuerza (flujo magnético) sean cortadas por las espiras del solenoide, es decir, que la energía mecánica que se aplica al imán se transforma en energía eléctrica.

Guía para Examen Extraordinario de Física IV, con base al programa de estudio aprobado en 2016 por el H. Consejo Técnico de la ENCCH y puesto en marcha en el ciclo 2018-2019.

Por lo tanto, cuando un conductor está cortando un conjunto de líneas de fuerza en forma variable (figura 33), se genera en él una fuerza electromotriz que origina una corriente eléctrica inducida.

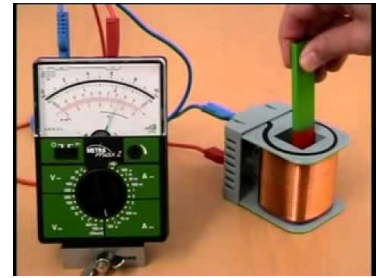


Fig.33 Generación de una fem

LEY DE FARADAY

La Ley de Inducción electromagnética de Faraday, conocida simplemente como *Ley de Faraday*, es un principio de la física formulado por el científico británico Michael Faraday en 1831 y dice lo siguiente:

La fuerza electromotriz inducida (fem) en un circuito, que está formado por un conductor o una bobina de N espiras, es directamente proporcional al número de líneas de fuerza magnéticas ($\Delta\Phi$) que son cortadas por unidad de tiempo (t).

En otras palabras, la fuerza electromotriz inducida medida en volts [V] en un circuito eléctrico es directamente proporcional a la rapidez con que cambia el flujo magnético medido en weber [Wb].

$$fem = -\frac{N\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$fem = -\frac{N(\Phi_f - \Phi_i)}{t}$$

El signo negativo de la ecuación se debe a la oposición que existe entre la fem inducida y la variación del flujo que la produce (Ley de Lenz)

Problemas resueltos 14 y 15

14. Una bobina de 60 espiras emplea 4×10^{-2} s en pasar entre los polos de un imán desde un lugar donde el flujo magnético es de 2×10^{-4} Wb a otro de 5×10^{-4} Wb. ¿Cuál es el valor de la fem inducida?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$t = 4 \times 10^{-2}$ s $\Phi_i = 2 \times 10^{-4}$ $\Phi_f = 5 \times 10^{-4}$ Wb $N = 60$ $fem = ?$	$fem = -\frac{N\Delta\Phi}{\Delta t}$ $fem = -\frac{(60)((5 \times 10^{-4}\text{Wb}) - (2 \times 10^{-4}\text{Wb}))}{4 \times 10^{-2} \text{ s}}$	$fem = -0.45 \text{ V}$

15. Calcular el número de espiras que debe tener una bobina para que al recibir una variación de flujo magnética de $8 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ en 3×10^{-2} segundos, si se genera en ella una fem inducida de 12 V

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$t = 3 \times 10^{-2} \text{ s}$	$fem = \frac{N\Delta\Phi}{t}$	$N = 4.5 \times 10^2$
$\Delta\Phi = 8 \times 10^{-4} \text{ Wb}$	$N = \frac{Et}{\Delta\phi}$	$N = 450$
$fem = 12 \text{ V}$		
$N=?$	$N = \frac{(12 \text{ V}) 3 \times 10^{-2} \text{ s}}{8 \times 10^{-4} \text{ wb}}$	

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 11

- Calcular el valor de la fem inducida en una bobina de 200 espiras que tarda 2×10^{-2} segundos en pasar entre los polos de un imán en forma de U desde un lugar donde el flujo magnético es de $5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ a otro en el que este vale $8 \times 10^{-3} \text{ Wb}$
- Calcular el tiempo en que se efectúa una variación $6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ en el flujo magnético al desplazarse por una bobina de 500 vueltas entre los polos de un imán en forma de herradura que genera una fem inducida de 20 V.

Motor eléctrico

Los motores eléctricos son máquinas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica (figura 34). Tienen múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento.

Los motores eléctricos son utilizados hoy en día, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar. Dentro del hogar tenemos las siguientes aplicaciones de los motores eléctricos en: lavadoras, licuadoras, bombas de agua, taladros etc.

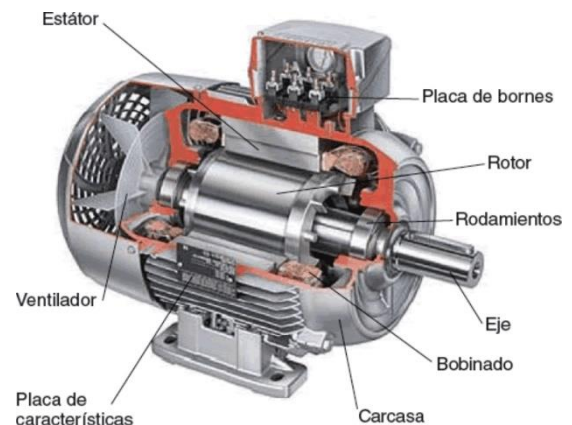


Fig. 34



Fig. 35 Construcción de un motor sencillo

Su funcionamiento se basa en las fuerzas de atracción y repulsión establecidas entre un imán y una bobina por donde se hace circular una corriente eléctrica. Para construir un motor eléctrico sencillo es necesario una bobina, un imán y una pila (figura 35).

GENERADOR ELÉCTRICO

Una aplicación de la ley de Faraday se puede observar en el funcionamiento de un generador eléctrico (figura 36), el cual convierte la energía mecánica en eléctrica, cuando la bobina se mueve dentro de un campo magnético, produciendo una corriente inducida.

Existen dos tipos de generadores, el de corriente alterna (CA) y el de corriente directa (CD). El primero es el que se usa de forma más cotidiana por sus ventajas de transmisión de corriente eléctrica a grandes distancias.

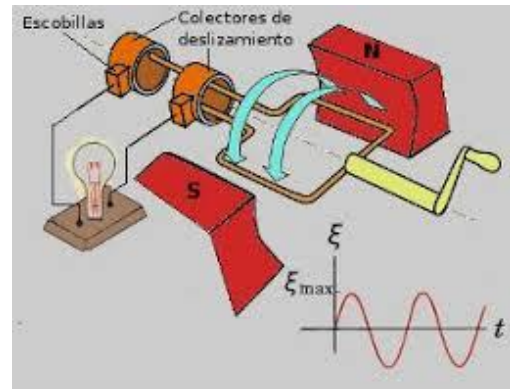


Fig. 36 Generador eléctrico

La fuerza electromotriz (fem) que se genera en cada segmento de la espira giratoria, se expresa con la siguiente relación:

$$fem = BLv \sen\theta$$

Donde v es la velocidad, L la longitud del alambre que gira dentro del campo magnético B . La dirección de la velocidad con respecto al campo magnético en cada instante se representa con el ángulo θ . Para su cálculo hay que considerar que la fuerza electromotriz máxima se da cuando $\theta = 90^\circ$ y su valor es cero cuando $\theta = 0^\circ$, entonces, su variación con respecto al tiempo será determinada por:

$$\theta = \omega t = 2\pi ft$$

Como v es:

$$v = \omega r$$

Donde ω es la velocidad angular, medida en radianes por segundo y r el radio del círculo donde gira la espira, por lo que, al sustituir en la ecuación de la fem , se tiene:

$$fem = BL\omega r \sen\theta$$

Cuando el número de espiras es mayor a una, el cálculo de la fem se hace de la siguiente manera:

$$fem = NBA\omega \sen\theta$$

El flujo magnético (φ) se sustituye en la en la ecuación anterior por **BA quedando:**

$$fem = N\varphi\omega \sen\theta$$

Problema resuelto 16

El rotor de un generador de corriente alterna, el cual consta de 120 espiras de alambre cuyas áreas son de 0.3m^2 , gira con una frecuencia de 80 rev/s, dentro de un campo magnético con una densidad de flujo de 5×10^{-3} T. Determinar la fuerza electromotriz máxima que se puede generar.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$N = 120$ $A = 0.3\text{m}^2$ $\omega = 80 \text{ rev/s}$ $1 \text{ rev} = 2\pi \text{ rad}$ $B = 5 \times 10^{-3} \text{ T}$ $fem = ?$	$\omega = 80 \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{s} \right) = 502.656 \text{ rad/s}$ $fem = NBA\omega \text{sen}\theta$ $fem = (120)$ $fem = (120)(5 \times 10^{-3} \text{ T})(0.3\text{m}^2)\left(502.656 \frac{\text{rad}}{s}\right)(\text{sen}90)$ $fem = 90 \text{ V}$	$fem = 90 \text{ V}$

TRANSFORMADOR ELÉCTRICO

Otra aplicación de la inducción electromagnética es el transformador eléctrico (figura 37), que es un dispositivo que sirve para aumentar o disminuir voltaje, el cual se compone de un núcleo de hierro y dos bobinas, una primaria conectada a una fuente de voltaje y una secundaria donde sale el voltaje transformado.

Los transformadores se clasifican en *elevadores*, cuando el voltaje de salida es mayor que el de entrada, esto se debe a que en la bobina secundaria el número de espiras es mayor que en la primaria; y en transformadores *reductores*, donde el voltaje de salida es menor que el de entrada, debido a que la bobina primaria tiene mayor número de espiras que la secundaria.

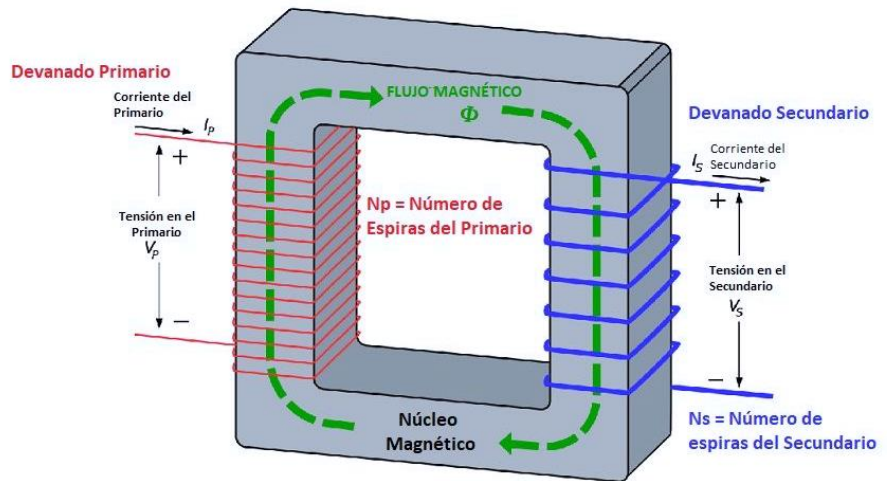


Fig. 37 Transformador eléctrico

Dado que el voltaje inducido es directamente proporcional al número de espiras, se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

Cuando un transformador *ideal* tiene un rendimiento del 100%, se dice que la potencia de salida y la potencia de entrada son iguales, como la potencia es el producto del voltaje por la intensidad de corriente eléctrica, se puede expresar de la siguiente manera:

$$V_P I_P = V_S I_S \quad \text{o bien:} \quad \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

Problema resuelto 17

Un generador suministra 30 A a 8,000 V y está conectado a un transformador elevador. ¿Cuál es la intensidad de corriente eléctrica de salida, a un voltaje de 150,000 V?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$I_s = ?$	$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$	$I_s = 1.6 A$
$I_p = 30 A$		
$V_p = 8,000 V$	$I_s = \frac{V_p}{V_s} I_p$	
$V_s = 150,000 V$	$I_s = \frac{8,000 V}{150,000 V} (30 A) = 1.6 A$	

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 12

1. Un campo magnético tiene una densidad de flujo de 0.8 T, en un generador de CA, si se desea obtener una fuerza electromotriz máxima de 2 V en cada alambre de 0.5 m de longitud. ¿Cuál es la velocidad con la que se mueven los alambres?
2. Un transformador elevador tiene 400 espiras en su bobina secundaria y un voltaje de salida de 480 V, si la bobina primaria está conectada a una fuente de corriente de 120 V ¿Cuántas espiras tiene la bobina primaria?

Temática: *Espectro electromagnético*

<p><u>Subtemas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Radiación electromagnética.</i> • <i>Ondas electromagnéticas.</i> • <i>Luz (radiación visible).</i> <p><u>Aprendizaje 6:</u> Comprende que las variaciones del campo eléctrico o magnético generan ondas electromagnéticas.</p>
--

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none"> • Campo eléctrico • Campo magnético • Corriente eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas • Ondas electromagnéticas • Espectro • Radiación

A finales del siglo XIX, Maxwell unificó la teoría eléctrica y magnética en la teoría electromagnética, logrando un gran avance en la comprensión de la naturaleza de la luz. Con esta nueva teoría se postuló que la luz es una onda electromagnética, lo cual fue difícil de aceptar, pues no se llegaba a concebir que una onda pudiera propagarse sin necesidad de un medio material (vacío).

Como una solución a la naturaleza ondulatoria de la luz, se propuso que esta debía propagarse en una sustancia a la que nombraron éter, dando como consecuencia que la velocidad de la luz dependería de la densidad del éter. En esa época ya se sabía que la luz viajaba a una velocidad muy grande y que en medios más densos la velocidad de una onda disminuye, por lo cual se planteó que el éter poseería una densidad mínima y un gran coeficiente de elasticidad.

En un intento para demostrar la existencia del éter, Michelson y Morley diseñaron un experimento capaz de medir la velocidad de la luz en dos direcciones perpendiculares entre sí, con diferente velocidad relativa al éter. Empleando el interferómetro de Michelson, esperaban detectar un cambio en el patrón de interferencia, para demostrar tal existencia, sin embargo, al no percibir ningún cambio en el patrón, su trabajo descartó la existencia del éter y forjó un nuevo principio:

La velocidad de la luz es constante en cualquier sistema de referencia

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas transversales, las cuales pueden viajar tanto en medios materiales como en el vacío, a diferencia de las ondas mecánicas que solo viajan en un medio material. Todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad (3×10^8 m/s). Dentro de estas ondas tenemos la región del espectro visible, las cuales son captadas por el ojo humano y son el objeto de estudio de la óptica física.

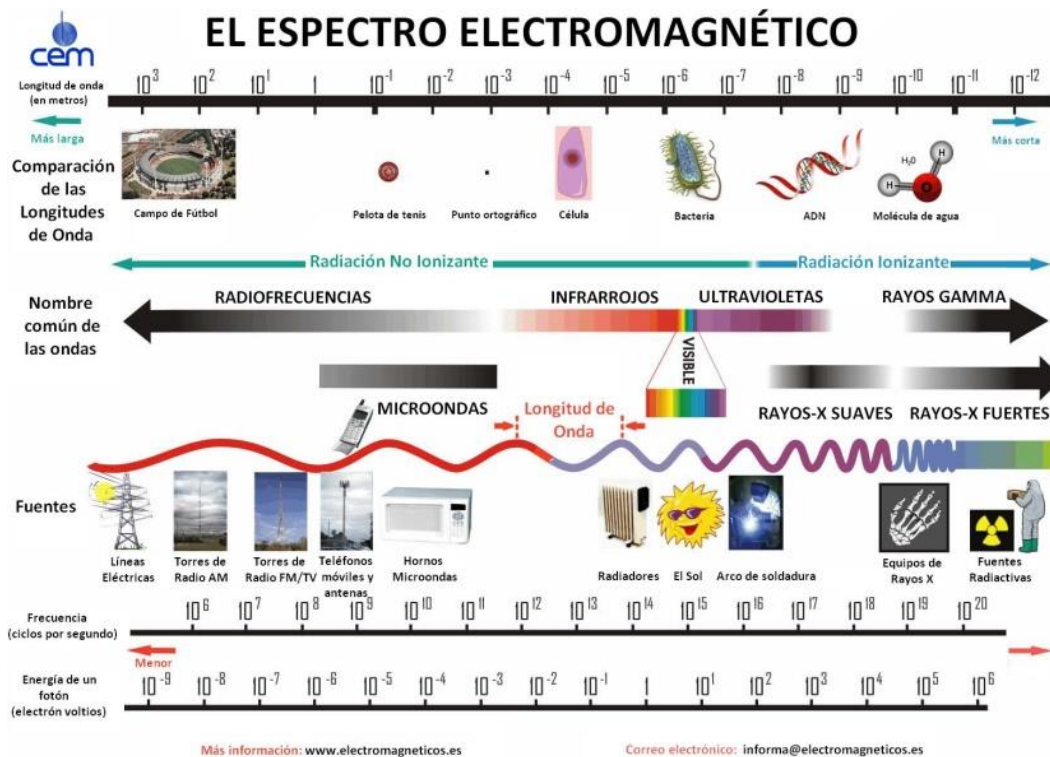


Fig. 38: Espectro electromagnético.

El espectro visible está constituido por los colores que se pueden observar con el fenómeno de dispersión de la luz, como en el arcoíris. Este está compuesto por longitudes de ondas que van de los 400 nm (violeta) a los 750 nm (rojo).

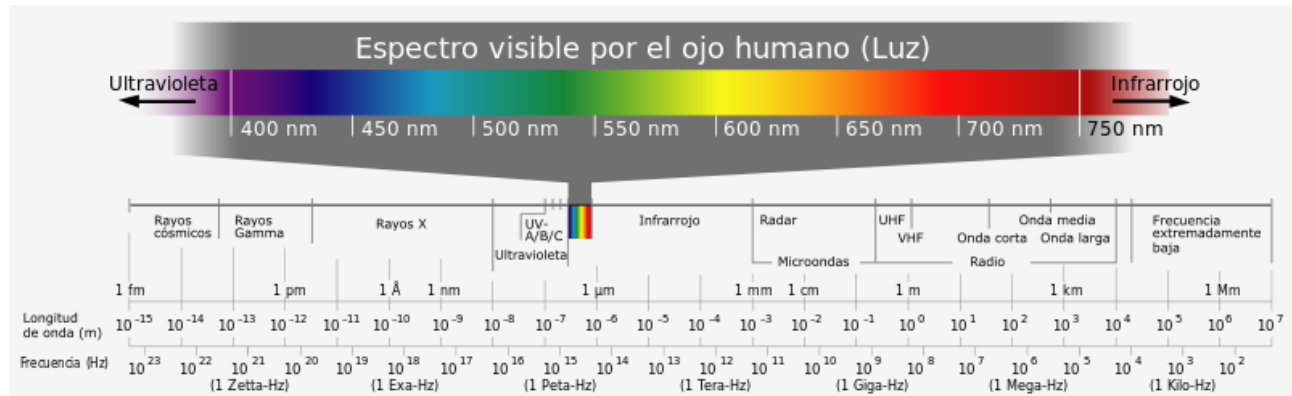


Fig. 39: Espectro visible.

Una onda es una perturbación que se propaga y lo único que transporta es energía.

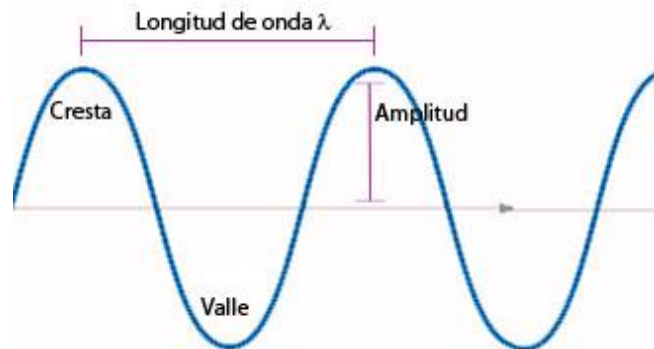


Fig. 40 Magnitudes de una onda.

Las características y magnitudes de la onda son:

Cresta: parte más alta de una onda.

Valle: parte más baja de la onda.

Punto medio: línea imaginaria que divide transversalmente a la onda en su parte media.

Longitud de onda (λ): distancia entre dos crestas o dos valles contiguos en la onda.

Amplitud (A**):** distancia entre el punto medio de la onda y su cresta o valle.

Periodo (T**):** es el tiempo que tarda la onda en recorrer su longitud de onda.

Frecuencia (f**):** Número vibración por unidad de tiempo. Es el inverso del periodo.

$$f = \frac{1}{T}$$

Velocidad de propagación (v**):** es la velocidad a la que viaja la onda [m/s], y se calcula como el cociente de la longitud de onda (λ) en metros [m] y su período (**T**) en segundos [s]:

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

Como las ondas electromagnéticas siempre viajan a la misma velocidad, hay una relación entre la frecuencia y la longitud de onda. Mientras más grande sea la longitud de onda, la frecuencia será menor, en cuyo caso la onda es menos energética. Por el contrario, si la longitud de onda es pequeña la frecuencia será mayor, lo que implica que la onda es más energética.

Las ondas electromagnéticas son perturbaciones que no necesitan un medio material para propagarse, entre otras, se incluyen, la luz visible, ondas de radio, televisión y telefonía. Tienen en común que todas ellas viajan a una velocidad constante de 3×10^8 m/s. Debido a ésta es que se puede observar la luz emitida por las estrellas, o bien conocer de sucesos que ocurren al otro lado del mundo casi en el mismo instante en que acontecen, gracias a los medios de comunicación.

Problemas resueltos 18 y 19

18. La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas depende del medio en el que viajan, alcanzando su máximo en el vacío. Un aparato emite ondas electromagnéticas con una frecuencia de 1.5 MHz, determinar su longitud de onda cuando viajan en: a) el vacío b) en otro medio en donde el índice de refracción es de 1.2, (como consecuencia la velocidad de propagación es 2.5×10^8 m/s).

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
f = 1.5 MHz	$v = \lambda f; \lambda = v/f$	
f = 1.5×10^6 Hz	en el vacío:	$\lambda_{vacío} = 200$ m
$\lambda = ?$	$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.5 \times 10^6 \text{ Hz}} = 200$ m	
en el vacío		
V = 3×10^8 m/s	Otro medio:	$\lambda_{otro\ medio} = 166.6$ m
Otro medio		
V = 2.5×10^8 m/s	$\lambda = \frac{2.5 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.5 \times 10^6 \text{ Hz}} = 166.6$ m	

19. Los reproductores de blu-ray trabajan con un láser de 7.41×10^{14} Hz aproximadamente. Calcular la longitud de onda e indica el color de este láser.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$f = 7.41 \times 10^{14} \text{ Hz}$ $V = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ $\lambda = ?$	$\lambda = v/f$ $\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{7.41 \times 10^{14} \text{ Hz}}$ $= 4.04 \times 10^{-7} \text{ m}$	$\lambda_{\text{vacío}} = 4.04 \times 10^{-7} \text{ m}$ $= 404 \text{ nm}$ El color es violeta

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 13

1. La longitud de onda de un láser verde es de 532 nm. Determinar su frecuencia y periodo.
2. La estación de radio alfa trasmite en la banda de frecuencia modulada de 91.3 MHz. Encontrar su longitud de onda y periodo.
3. Observa los videos y contesta



¿Qué es el espectro electromagnético? (1.13)



Ondas y espectro electromagnéticos. (1.14)

- a) ¿Qué existe alrededor de una carga eléctrica?
- b) Cuando las cargas eléctricas se desplazan en un conductor, ¿qué generan a su alrededor?
- c) ¿Qué estableció Maxwell?
- d) Dibujar una onda electromagnética y explicarla
- e) ¿A qué se da el nombre de espectro electromagnético?
- f) ¿Cuál es el intervalo de longitud de onda y frecuencia dentro del cual se encuentra el espectro visible?
- g) ¿Cuáles son las ondas más peligrosas?, explicar por qué.

Temática: Semiconductores y Dispositivos Electrónicos

Subtemas

Semiconductores.

- Tipo N
- Tipo P

Dispositivos electrónicos

- Diodo rectificador
- Transistores de unión NPN y PNP

Aprendizaje 7: **Describe** los conceptos básicos de los semiconductores.

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none"> • Material conductor y aislantes • Material dieléctrico • Tabla periódica de los elementos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo N • Tipo P • Electrónica. • Semiconductores

Semiconductores

Los semiconductores son elementos que tienen una conductividad intermedia entre un material conductor y un dieléctrico, por lo cual bajo ciertas circunstancias pueden actuar como conductores o aislantes. En la tabla periódica están presentes 14 elementos semiconductores: Cadmio (Cd), Aluminio (Al), Galio (Ga), Boro (B), Indio (In), Silicio (Si), Carbono (C), Germanio (Ge), Fósforo (P), Arsénico (As), Antimonio (Sb), Selenio (Se), Teluro (Te) y Azufre (S).

La característica común a todos ellos es que son tetravalentes, es decir, forman 4 enlaces covalentes por lo que modifican su resistividad eléctrica de forma controlada gracias a su estructura atómica (figura 41). Los electrones de la capa externa o electrones de valencia son los que determinan y forman estos enlaces, definiendo el carácter conductor o aislante del enlace. Entre los semiconductores más empleados se encuentran el silicio, el germanio y el selenio.

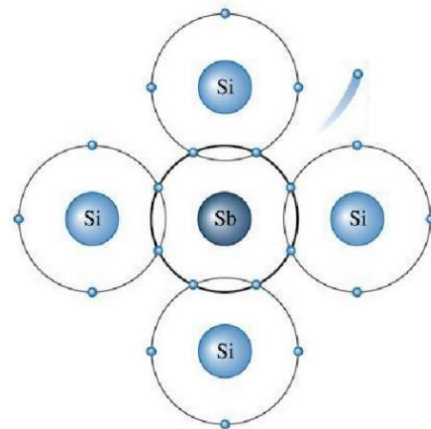
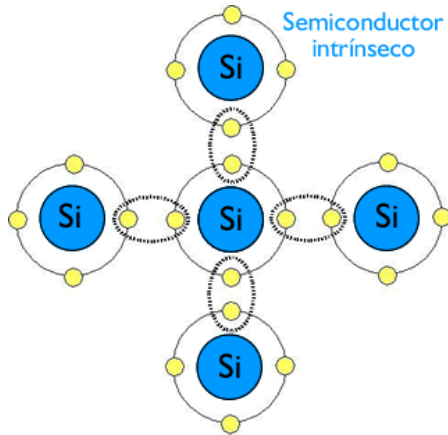


Fig. 41 Semiconductor de Si-Sb

Tipos de semiconductores

Los semiconductores se clasifican en intrínsecos y extrínsecos de acuerdo cómo están formados.

Semiconductores intrínsecos



Un semiconductor intrínseco está formado por un solo tipo de átomos donde cada átomo tiene 4 electrones en su órbita externa (electrones de valencia), que comparte con los átomos adyacentes formando 4 enlaces covalentes (figura 42). De esta forma cada átomo posee 8 electrones en su capa externa, esto forma una red cristalina, en la que la unión entre los electrones y sus átomos es muy fuerte por lo cual los electrones no se pueden desplazar fácilmente a través del semiconductor. Por lo cual en circunstancias normales se comportan como un aislante.

Fig. 42 Semiconductor intrínseco

Cuando estos semiconductores incrementan su temperatura, los electrones ganan energía, por lo que algunos pueden separarse del enlace e intervenir en la conducción eléctrica. De esta forma, la resistividad de un semiconductor disminuye con la temperatura (su conductividad aumenta). A temperatura ambiente, algunos electrones de valencia absorben suficiente energía calorífica para librarse del enlace covalente, convirtiéndose en electrones libres que pueden desplazarse. Si estos electrones, son sometidos a un potencial eléctrico, como por ejemplo el de una pila, se desplazarán al polo positivo. Cuando un electrón libre abandona el átomo de un cristal, deja en la red cristalina un hueco, cuyo efecto es similar al que provocaría una carga positiva.

Los electrones y los huecos reciben el nombre de portadores. La conducción eléctrica a través de un semiconductor es el resultado del movimiento de electrones (de carga negativa) y de los huecos (cargas positivas) en direcciones opuestas al conectarse a una fuente de voltaje. Si el semiconductor se somete a una diferencia de potencial se producen dos corrientes eléctricas: una debida al movimiento de los electrones libres de la estructura cristalina, y otra debida al desplazamiento de los electrones en la banda de valencia, saltando a los huecos próximos, originando una corriente de huecos. Los electrones libres se dirigen hacia el polo positivo de la fuente de voltaje, mientras que los huecos pueden considerarse como portadores de carga positiva y se dirigen hacia el polo negativo.

Semiconductores extrínsecos

Los semiconductores extrínsecos se forman al agregar a un semiconductor intrínseco sustancias *dopantes* o impurezas, su conductividad dependerá de la concentración de esos átomos *dopantes*, esto se hace con el fin de mejorar las propiedades de los semiconductores, sometiéndolos a un proceso de *dopaje* que consistente en introducir átomos de otros elementos con el fin de modificar sus propiedades conductoras. Según el tipo de *dopaje* tendremos dos tipos de semiconductores extrínsecos, el tipo P y el tipo N.

Tipo P

En este se emplean elementos trivalentes para el dopaje (3 electrones de valencia) como el Boro (B), Indio (In) o Galio (Ga), puesto que no aportan los 4 electrones necesarios para establecer los 4 enlaces covalentes, en la red cristalina; estos átomos presentarán un defecto de electrones (para formar los 4 enlaces covalentes). De esa manera se originan huecos que aceptan el paso de electrones que no pertenecen a la red cristalina. Así, al material tipo P también se le denomina donador de huecos (o receptor de electrones).

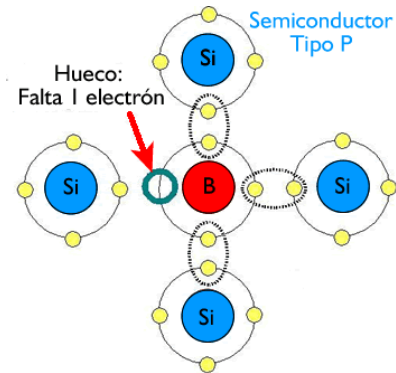
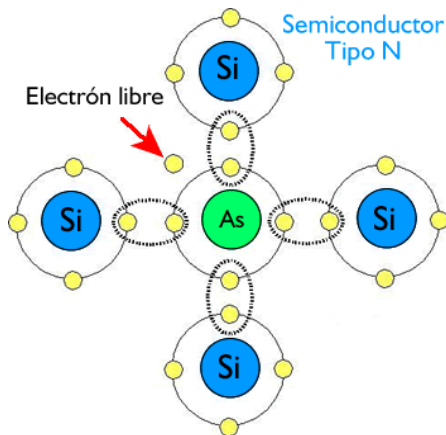


Fig. 43 Semiconductor tipo P

Semiconductor tipo N



En este se emplean como impurezas elementos pentavalentes (con 5 electrones de valencia) como el Fósforo (P), el Arsénico (As) o el Antimonio (Sb). El donante aporta electrones en exceso, los cuales, al no encontrarse enlazados se moverán fácilmente por la red cristalina aumentando su conductividad (figura 44). De ese modo, el material tipo N se denomina también donador de electrones.

Fig. 44 Semiconductor tipo N



SUGERENCIAS DE APOYO

Observa los siguientes videos para apoyarte en la comprensión de esta temática



Semiconductores (1.15)



¿Qué es un semiconductor? (1.16)

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 14

Elabora un mapa conceptual en donde explícites el tema de semiconductores

UNIDAD 2

SISTEMAS ÓPTICOS

Presentación

En esta unidad se estudia la naturaleza y la propagación de la luz. Para ello se analizan los fenómenos de reflexión, refracción, difracción, interferencia, polarización, el efecto fotoeléctrico, la luminiscencia y el láser, tomando en consideración los modelos electromagnético y cuántico de la luz.

Se emplean algunos fenómenos ópticos para determinar la formación de imágenes con espejos planos, esféricos y lentes delgadas. El estudio y análisis de los conceptos ópticos nos permiten explicar el funcionamiento de dispositivos tales como: telescopio, microscopio, láser, ojo humano, cámara fotográfica.

Propósitos

Al finalizar la unidad el alumno:

- Describirá la naturaleza de la luz de acuerdo con los modelos corpuscular y ondulatorio.
- Comprenderá el comportamiento dual de la luz a través del estudio de los fenómenos que presenta.
- Explicará el funcionamiento de dispositivos ópticos cotidiano.

Temática: *Óptica geométrica*

Subtemas

- *Reflexión*
- *Refracción*

Aprendizaje 1: **Comprende** las leyes de la refracción y la reflexión.

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none">• Rayo luminoso• Fenómeno de reflexión.• Fenómeno de refracción.	<ul style="list-style-type: none">• Óptica geométrica• Ley de reflexión• Ley de refracción

Óptica geométrica

Estamos rodeados de innumerables fenómenos visuales con atractivas imágenes. La manera en cómo se forman esas imágenes es algo que generalmente consideramos

obvio, hasta que vemos algo que no resulta fácil de explicar. La Óptica es la rama de la física que se encarga de estudiar los fenómenos relacionados con la luz. En un sentido amplio, la luz es el rango del espectro de radiación electromagnética que se ubica entre el ultravioleta y el infrarrojo, que incluye la energía radiante que puede percibir el ojo humano, cuya longitud de onda va de 400 a 700 nm. Hoy en día, el estudio de la óptica se divide en tres ramas: óptica geométrica, óptica física y óptica cuántica.

En la óptica geométrica se considera que cada punto de un objeto luminoso o iluminado emite haces de luz que viajan en líneas rectas en cualquier dirección. Esta hipótesis en conjunto con las leyes de Snell y la reflexión permiten describir el comportamiento de los haces de luz utilizando elementos geométricos, tales como; líneas rectas, ángulos, propiedades geométricas y funciones trigonométricas en cada problema, sin importar la naturaleza de los rayos luminosos (figura 45).

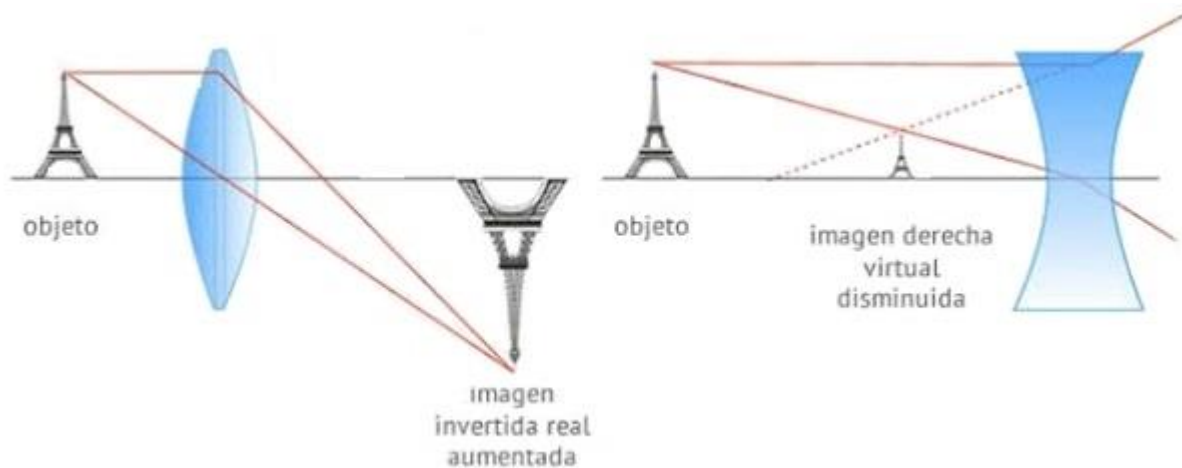


Fig. 45

Todas las ondas electromagnéticas comparten propiedades ópticas, como la reflexión y la refracción; los principios que rigen la reflexión explican el comportamiento de los espejos, mientras que los que rigen la refracción explican las propiedades de las lentes. Estos y otros principios nos permiten comprender muchos fenómenos ópticos de la vida diaria, por ejemplo: por qué un prisma de vidrio descompone la luz en un espectro de colores, qué provoca los espejismos, cómo se forma el arcoíris y por qué parecen acortarse las piernas de una persona que está de pie dentro de un lago o una piscina, también se pueden entender el fascinante funcionamiento de las fibras ópticas.

Reflexión

La reflexión implica la absorción y la reemisión de la luz por medio de vibraciones electromagnéticas complejas en los átomos del medio reflectante, este fenómeno se explica con facilidad mediante el concepto del rayo. A partir de este concepto un rayo de luz que incide sobre una superficie formará un ángulo de incidencia (θ_i), el cual se mide a partir de la normal (una línea perpendicular a la superficie reflectante o reflectora) de igual manera, el rayo reflejado formará su ángulo de reflexión (θ_r), que también se mide con respecto a la normal (figura 46). La relación entre estos ángulos se expresa con la *ley de la reflexión*:

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión

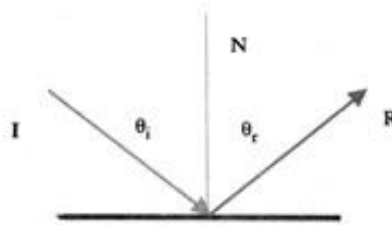


Fig. 46 Ley de reflexión $\theta_i = \theta_r$

En la fig. 47 se puede apreciar otros dos comportamientos de la reflexión, los cuales son:

- 1) El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en un mismo plano, conocido como plano de incidencia (figura 47).
- 2) El rayo incidente y el reflejado están en lados opuestos de la normal, como se aprecia en la figura 47

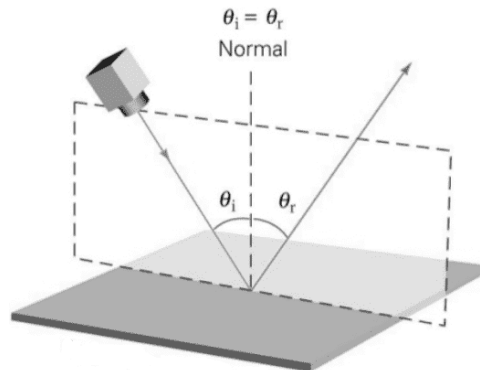


Fig. 47

Cuando la superficie reflectante es lisa y los rayos incidentes son paralelos, también los rayos reflejados lo serán. Este fenómeno recibe el nombre de *reflexión especular*, como en un espejo plano pulido, sin embargo, si la superficie reflectante es áspera, los rayos reflejados no serán paralelos por la naturaleza irregular de la superficie. A este tipo de reflexión se le llama *reflexión irregular o difusa* (figura 48). La reflexión de la luz en esta página es un ejemplo de reflexión difusa porque el papel es áspero.

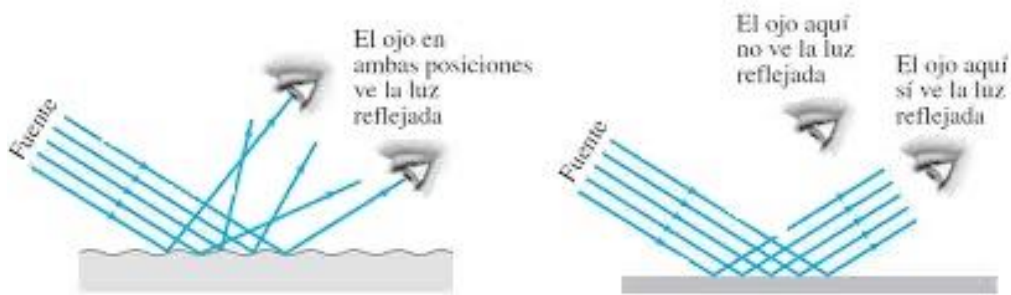


Figura 48

Reflexión irregular o difusa

Reflexión especular

Refracción

La refracción es el cambio de dirección de un rayo en la interface donde pasa de un medio a otro (figura 48). En general, cuando una onda incide en la frontera o interface entre dos medios, parte del haz de luz se refleja y otra parte se transmite. Por ejemplo, cuando la luz que viaja por el aire incide sobre un material transparente, como el vidrio, una parte se transmite y otra se refleja.

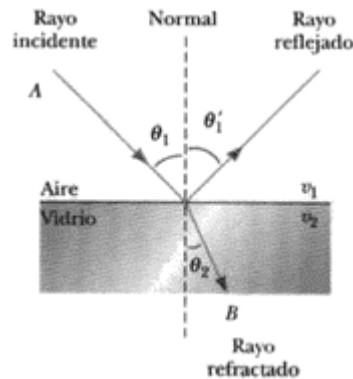


Fig. 49



Fig. 50

Cuando el ángulo de salida de la luz transmitida es diferente al ángulo de incidencia de la luz, se considera que el haz sufrió una refracción; en otras palabras, ha cambiado de dirección. Este cambio de dirección se debe al hecho de que la luz viaja con distinta rapidez en diferentes medios, alcanzando su valor máximo en el vacío. El paso de la luz es más lento a través de un medio con más átomos por unidad de volumen y, de hecho, la rapidez de la luz por lo general es menor en los medios transparentes más densos, por ejemplo, la rapidez de la luz en el agua es aproximadamente el 75% de la que tiene en el aire o en el vacío. La figura 49 muestra la refracción de la luz en una interface.

El físico holandés Willebrord Snell (1580-1626) descubrió una relación entre los ángulos de incidencia, de refracción y la rapidez de la luz en cada uno de los dos medios la cual se expresa con la siguiente ecuación:

$$v_2 \cdot \text{sen}(\theta_1) = v_1 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

A esta ecuación se le llama *ley de Snell*.

La luz se refracta cuando pasa de un medio a otro, porque su rapidez es diferente en cada medio. Como la rapidez de la luz alcanza su valor más alto en el vacío (c) se toma como referencia para los demás medios (v). Eso permite definir el índice de refracción (n), el que se obtiene al dividir la velocidad de la luz en el medio entre la velocidad de la luz en el vacío, por tanto, es adimensional:

$$n = \frac{c}{v}$$

El índice de refracción n es una medida de la rapidez de la luz en un material transparente; técnicamente es una medida de la densidad óptica del material, así que una forma más práctica de enunciar la ley de Snell es la siguiente:

$$n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

donde n_1 y n_2 son los índices de refracción del primero y segundo medio, respectivamente.

Problemas resueltos 20 y 21

20. Un rayo de luz que viaja por el aire llega a la cubierta de vidrio de una mesa formando un ángulo de incidencia de 45° . Si el vidrio tiene un índice de refracción de 1.5, ¿cuál es el ángulo de refracción de la luz que se transmite por el vidrio?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
Ángulo de incidencia: $\theta_1 = 45^\circ$	$n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$	$\theta_2 = 28.2^\circ$
Índice de refracción del vidrio: $n_2 = 1.5$	$1 \cdot \text{sen}(45^\circ) = 1.5 \cdot \text{sen}(\theta_2)$	
Índice de refracción del aire: $n_1 = 1$	$\text{sen}(\theta_2) = \frac{\sqrt{2}}{2(1.5)} = \frac{\sqrt{2}}{3}$	
	$\theta_2 = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right) = 28.2^\circ$	
	$\theta_2 = 28.2^\circ$	

21. Un haz de luz que viaja en el aire incide sobre el vidrio grueso de una ventana en un ángulo de 60° , como se muestra en la figura 51. Se sabe que el índice de refracción de este tipo de vidrio es 1.40.

- ¿Cuál es el ángulo θ_A con el que se transmite el haz en el vidrio?
- ¿Cuál es el ángulo θ_B con el que el haz sale al otro lado del vidrio?

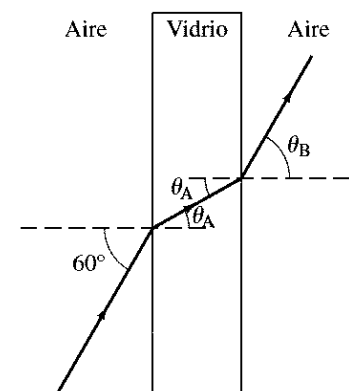


Figura 51

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
Ángulo de incidencia: $\theta_1 = 60^\circ$ Índice de refracción del vidrio: $n_2 = 1.4$ Índice de refracción del aire: $n_1 = 1$ $\theta_A = ?$ $\theta_B = ?$	Para θ_A $n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_A)$ $\theta_A = \text{sen}^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2} \text{sen}(\theta_1)\right)$ $\theta_A = \text{sen}^{-1}\left(\frac{1}{1.4} \text{sen}(60^\circ)\right)$ $\theta_A = 38.213210^\circ$ <p>b) Como las superficies del vidrio son paralelas, el ángulo incidente en la superficie interna es idéntica a θ_A.</p> <p>Así que ahora $n_1 = 1.4$ y $n_2 = 1$</p> $n_1 \cdot \text{sen}(\theta_A) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_B)$ $\theta_B = \text{sen}^{-1}\left(\frac{1.4}{1} \text{sen}(38.213210^\circ)\right)$ $\theta_B = 60^\circ$	$\theta_A = 38.213210^\circ$ $\theta_B = 60^\circ$



Para apoyar la comprensión de esta temática, observar los siguientes videos:



Reflexión de la luz (2.1)



Refracción de la luz (2.2)



Problema de la ley de Snell (2.3)

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 15

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué pasa cuando la luz choca con un objeto?
2. ¿Qué sucede cuando la luz pasa de un medio transparente a otro?

3. ¿Cambiará la frecuencia de la luz en ambas situaciones?
4. La luz en agua incide sobre una pieza de vidrio Crown (tipo de vidrio óptico utilizado en lentes y otros componentes ópticos), a un ángulo de 37° (con respecto a la normal).
 - a) ¿Qué sucederá al rayo resultante?: 1) se desviará hacia la normal, 2) se desviará alejándose de la normal o 3) no se desviará en lo absoluto (elabore un diagrama para justificar la respuesta).
 - b) ¿Cuál es el ángulo de refracción?
5. La rapidez de la luz en el interior del cristalino de un ojo humano es 2.13×10^8 m/s. ¿Cuál es el índice de refracción del cristalino?

Subtemas:

Formación de imágenes. Diagramas de rayos

Espejos Planos Curvos:

- *Lentes delgadas*
- *Sistema de lentes*

Aprendizaje 2: **Determina** las características de las imágenes formadas en espejos y lentes.

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none"> • Reflexión • Refracción • Índice de refracción 	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes delgadas • Espejos planos y esféricos • Foco y distancia focal • Radio de curvatura • Rayo convergente y divergente • Imágenes real y virtual • Rayos principales • Diagrama de rayos • Amplificación • Ley de refracción

Formación de imágenes

Los temas que se describen en esta sección forman parte de la óptica, rama de la Física que estudia los fenómenos relacionados con la luz. Dos de los fenómenos más importantes de la luz en la óptica geométrica son la **reflexión** y la **refracción**.

Guía para Examen Extraordinario de Física IV, con base al programa de estudio aprobado en 2016 por el H. Consejo Técnico de la ENCCH y puesto en marcha en el ciclo 2018-2019.

Las lentes y los espejos son dispositivos que se usan para desviar la luz, sin embargo, la diferencia entre ellos es que los espejos reflejan los rayos incidentes (fenómeno de reflexión), mientras las lentes los refractan desviándolos de su trayectoria inicial (fenómeno de refracción). Esta desviación que sufre la luz provoca que se formen dos tipos diferentes de imágenes, **real** y **virtual**.

La imagen real no puede ser detectada directamente con los ojos, para verla hay que colocar una pantalla en el lugar donde los **rayos convergen** (se interceptan en un mismo punto). Este tipo de imagen se proyecta, presentando doble inversión (esta de cabeza y cambia derecha por izquierda) y puede estar amplificada o reducida.

La imagen virtual se percibe directamente con el sistema visual, y se dice que se forma en el lugar donde convergen las prolongaciones de los **rayos divergentes** (los rayos no se interceptan). Las imágenes virtuales no se pueden proyectar sobre una pantalla, no presenta inversión y puede ser amplificada o reducida.

La formación de imágenes tanto en lentes como en espejos se determinan a partir del **foco (F)** y múltiplos de este (intersección de haces de luz paralelos que sufren una desviación de su trayectoria, ya sea por reflexión en espejos o refracción en lentes), siendo la **distancia focal (f)** la separación entre la lente y su foco.

Lentes

Lente convergente (figura 52), permite que los haces de luz se intercepten en un punto (foco). Puede formar imágenes reales, amplificadas o reducidas e imágenes virtuales amplificadas, dependiendo de la posición del objeto respecto a la distancia focal.

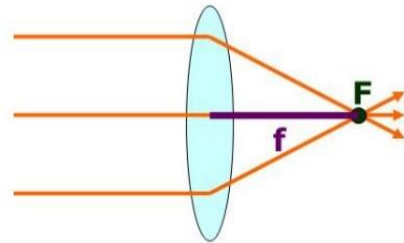
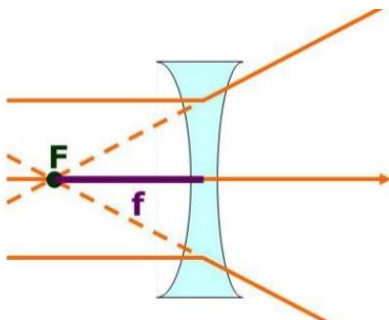


Fig. 52: Distancia focal de una lente convergente.



Lente divergente (figura 53), separa los haces de luz, por lo cual no se interceptan. Solo puede formar imágenes virtuales reducidas. La intersección de las prolongaciones de los haces de luz determina el **foco** de la lente y de este punto a la lente se conoce como **distancia focal**.

Fig. 53 Distancia focal de una lente divergente.

Espejos

Espejo plano (figura 54), no tiene distancia focal, siempre forma imágenes virtuales del mismo tamaño y a la misma distancia que el objeto, presentan sólo inversión lateral, es

Guía para Examen Extraordinario de Física IV, con base al programa de estudio aprobado en 2016 por el H. Consejo Técnico de la ENCCH y puesto en marcha en el ciclo 2018-2019. decir, cambian derecha por izquierda. Estas propiedades son una consecuencia directa de la **Ley de la reflexión** (el ángulo de incidencia es igual al ángulo reflejado).

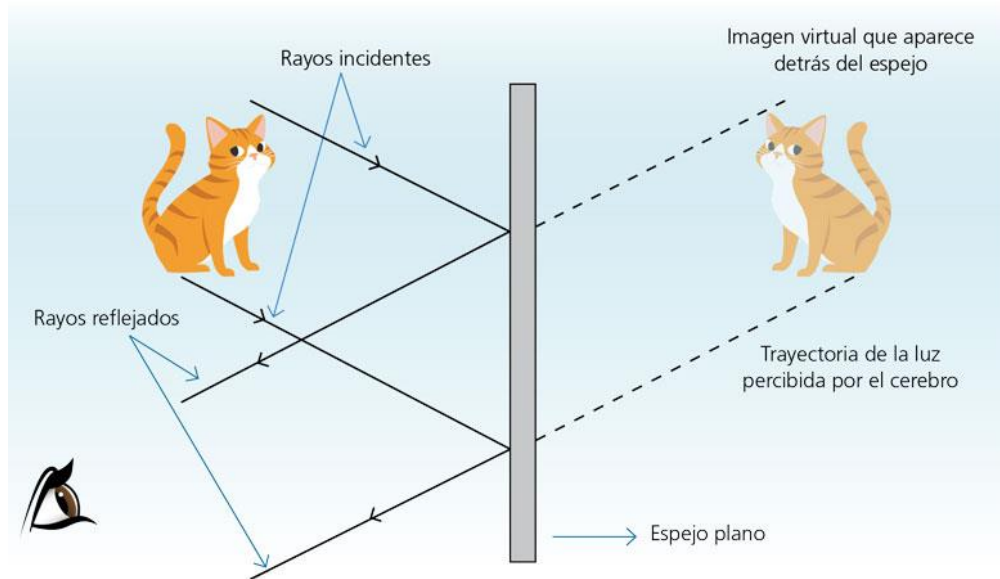


Fig. 54 Diagrama de formación de imágenes en espejo plano.

Espejo cóncavo tiene un comportamiento similar al de la lente convergente. Los haces de luz paralelos que inciden en su superficie se reflejan e interceptan en un punto (foco). Puede formar imágenes reales amplificadas o reducidas e imágenes virtuales amplificadas, dependiendo de la posición del objeto respecto a su distancia focal (figura 55).

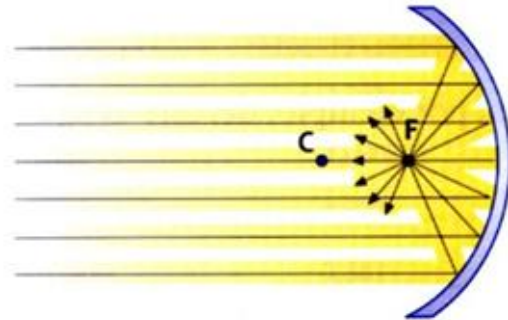


Fig. 55 Distancia focal de un espejo cóncavo

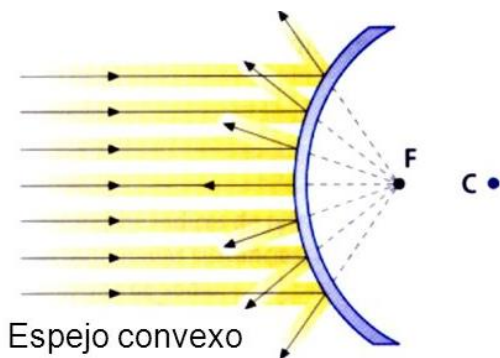


Fig. 56 Distancia focal de un espejo convexo.

Espejo convexo (figura 56), al igual que la lente divergente, solo puede formar imágenes virtuales reducidas, el foco también se determina a partir de la intersección de las prolongaciones de los haces de luz.

Ecuación de las lentes delgadas y espejos esféricos

Las ecuaciones que describen la formación de imágenes en lentes y espejos son:

Guía para Examen Extraordinario de Física IV, con base al programa de estudio aprobado en 2016 por el H. Consejo Técnico de la ENCCH y puesto en marcha en el ciclo 2018-2019.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$A = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O}$$

Donde:

f Distancia focal.

d_o Distancia del objeto a la lente.

d_i Distancia de la lente a donde se forma la imagen.

A Amplificación.

O Tamaño del objeto.

I Tamaño de la imagen.

Diagrama de formación de imágenes

Para trazar los diagramas de formación de imágenes en un plano cartesiano se requiere únicamente dos de los tres rayos principales en el caso de lentes y de los cuatro rayos principales para espejos, además de identificar la distancia focal y múltiplos de ésta sobre el eje óptico de la lente o espejo.

En lentes convergentes

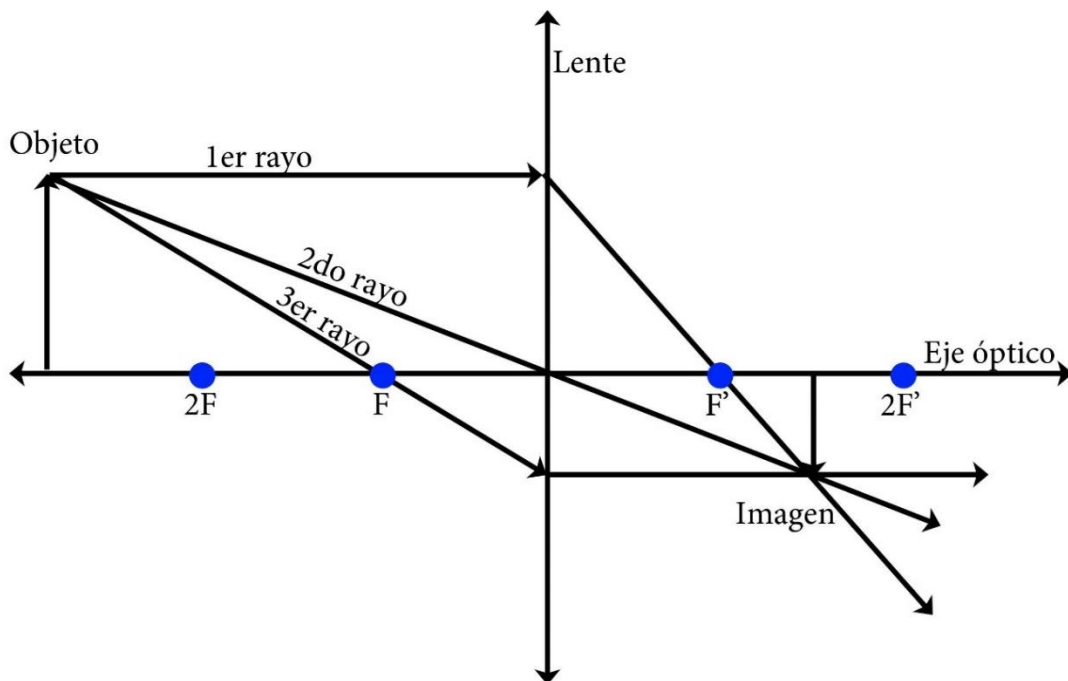


Fig. 57 Diagrama de formación de imagen en lente convergente

Primer rayo: línea paralela al eje óptico que une el objeto con la lente, al llegar a la lente el rayo converge hacia F' .

Segundo rayo: línea recta que pasa por el centro de la lente, sin sufrir cambio de dirección.

Tercer rayo: línea que parte del objeto en dirección a F , que, al tocar a la lente sale paralelo al eje óptico.

En lentes divergentes

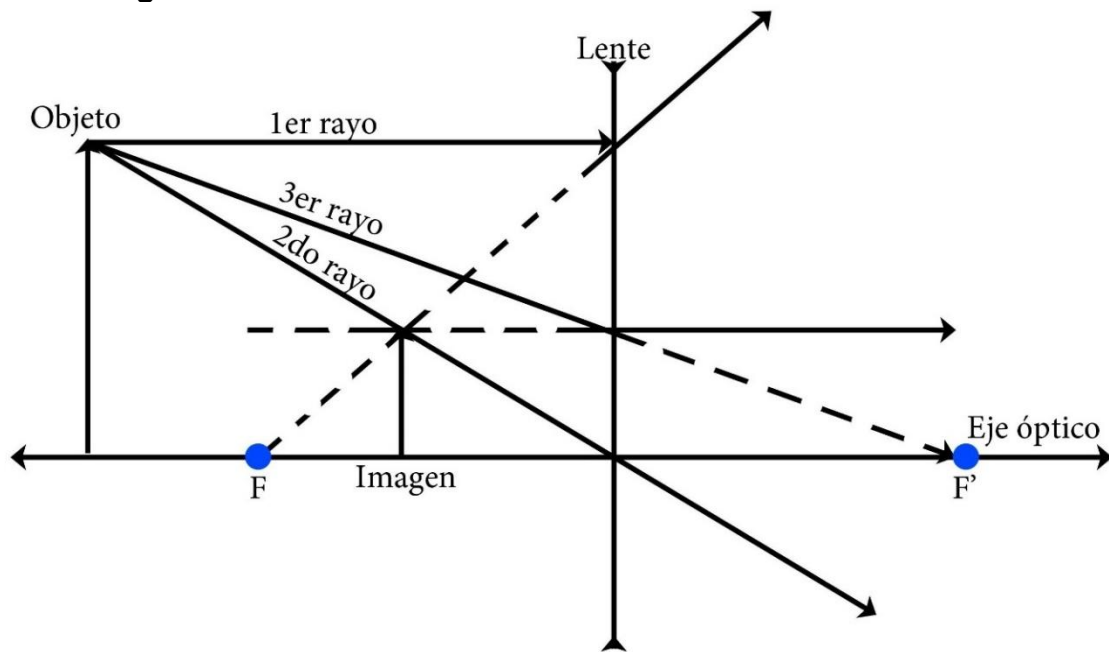


Fig. 58 Diagrama de formación de imagen en lente divergente

Para encontrar el lugar donde se forma la imagen es necesario trazar las prolongaciones de los rayos principales, las cuales se representan con líneas punteadas.

Primer rayo: línea paralela al eje óptico que une el objeto con la lente. Al llegar a la lente, el rayo diverge en dirección a F .

Segundo rayo: línea recta que pasa por el centro de la lente, sin sufrir cambio de dirección.

Tercer rayo: línea que parte del objeto en dirección a F' . Al tocar a la lente, sale paralelo al eje óptico.



Ver el siguiente video para comprender mejor el trazado de los diagramas de formación de imágenes en lentes (en este video se emplean solo dos de los tres rayos principales).



Formación de imágenes en lentes (2.4)



Seguir los siguientes enlaces y utilizar los simuladores para trazar los diagramas de formación de imágenes que permiten ejercitar.



Lente convergente (2.5)



Lente divergente (2.6)

Convención de signos para el uso de la ecuación de lentes y espejos

La siguiente tabla ejemplifica la relación entre las magnitudes de las lentes y los signos en la ecuación.

Magnitud	Signo	
	+	-
f	Lente convergente	Lente divergente
d_o	Objeto real (a la izquierda de la lente)	Objeto virtual (a la derecha de la lente)
d_i	Imagen real (a la derecha de la lente)	Imagen virtual (a la izquierda de la lente)
O	Objeto derecho	Objeto invertido
I	Imagen derecha	Imagen invertida
A	Imagen derecha	Imagen invertida

Tabla 3 Relación de signos para lentes

Problemas resueltos 22 y 23

22. Un objeto de 15 cm de altura se sitúa a 75 cm de una lente convergente de 25 cm de distancia focal. Calcular:

- La posición de la imagen
- El tamaño de la imagen
- Realizar el diagrama.

Datos	Fórmula y sustitución de datos	Resultados
$O = 15 \text{ cm}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$	$d_i = 37.5 \text{ cm}$
$d_o = 75 \text{ cm}$	$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{25 \text{ cm}} - \frac{1}{75 \text{ cm}} = \frac{2}{75 \text{ cm}}$	$I = -7.5 \text{ cm}$
$f = 25 \text{ cm}$		La imagen tiene valor negativo, debido a

	$d_i = \frac{75 \text{ cm}}{2}$ $d_i = 37.5 \text{ cm}$ $A = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O}$ $A = -\frac{37.5 \text{ cm}}{75 \text{ cm}} = -0.5$ $I = (-0.5)(15 \text{ cm}) = -7.5 \text{ cm}$	que es una imagen real.
--	--	-------------------------

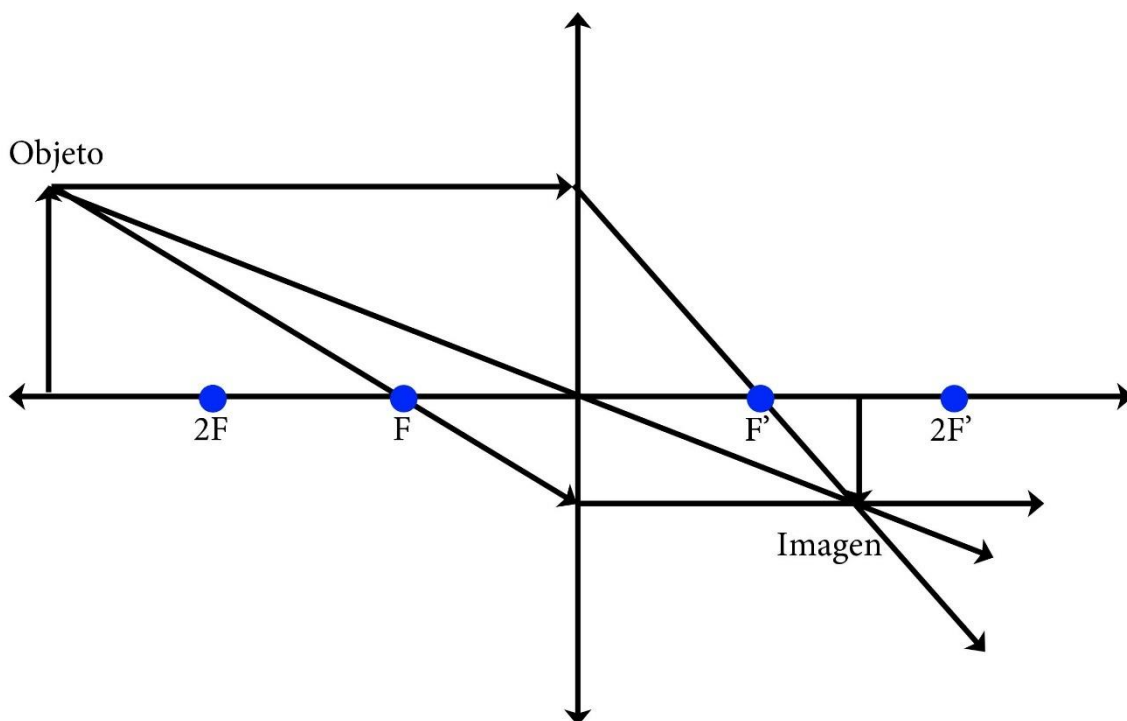


Fig. 59 Diagrama de formación de imagen del problema 22, inciso "C"

23. Un objeto de 15 cm de altura se sitúa a 15 cm de una lente cuya distancia focal es de -10 cm. Determinar:
- La posición de la imagen
 - El tamaño de la imagen
 - Realizar el diagrama

Datos	Fórmula y sustitución de datos	Resultados
$O = 15 \text{ cm}$ $d_o = 15 \text{ cm}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$	$d_i = -6 \text{ cm}$ $I = 6 \text{ cm}$

$f = -10 \text{ cm}$	$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{-10 \text{ cm}} - \frac{1}{15 \text{ cm}} = \frac{-5}{30 \text{ cm}}$ $d_i = \frac{30 \text{ cm}}{5} = -6 \text{ cm}$ $A = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O}$ $A = -\frac{-6 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 0.4$ $I = (0.4)(15 \text{ cm}) = 6 \text{ cm}$	<p>La distancia de la imagen tiene valor negativo, debido a que es una imagen virtual.</p>
----------------------	---	--

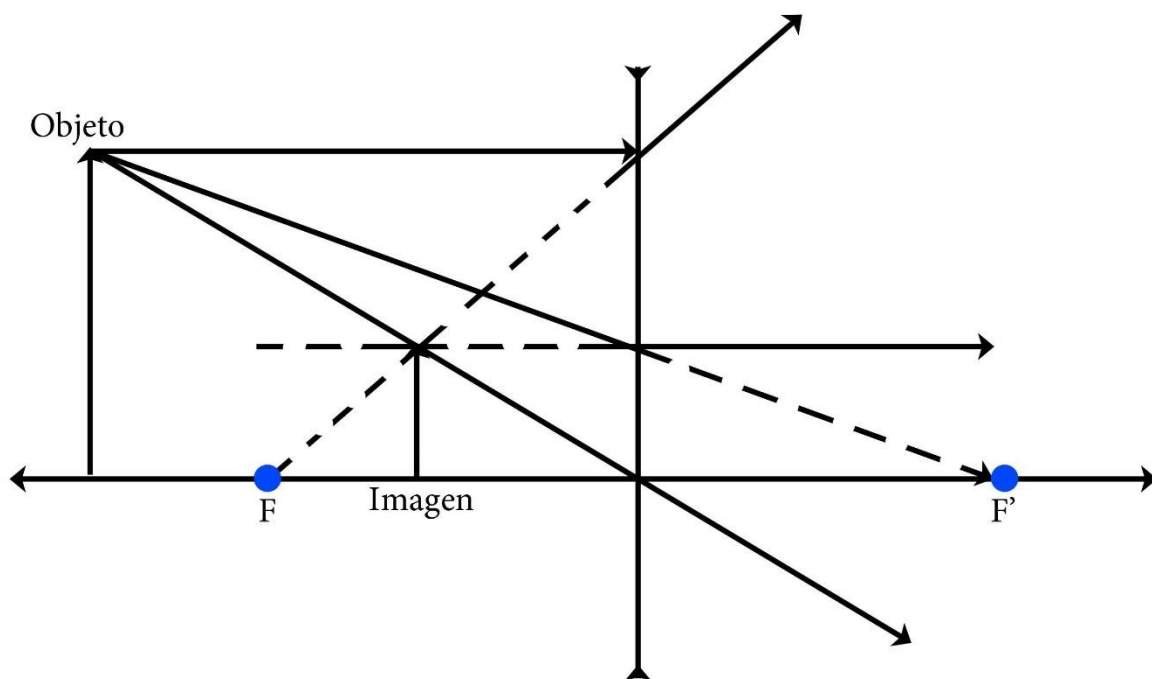
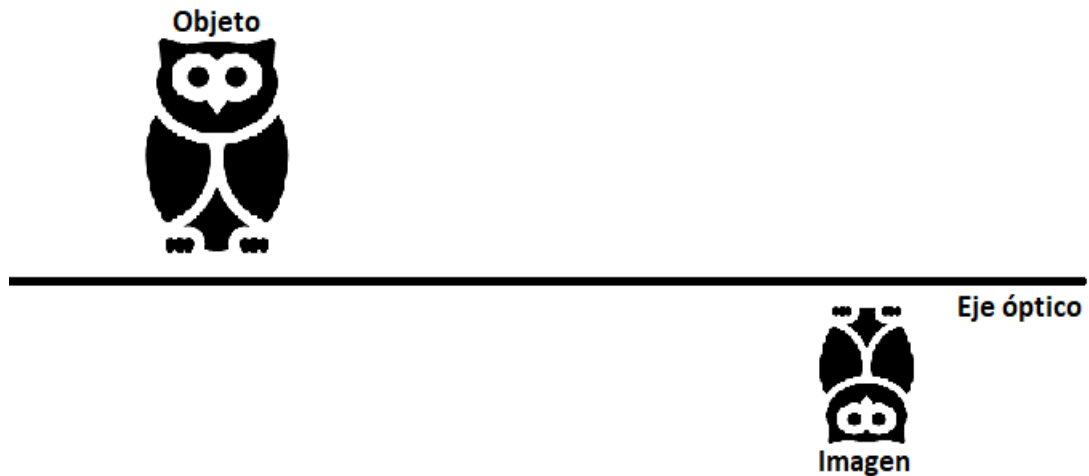


Fig. 60 Diagrama de formación de imagen del problema 23, inciso "C"

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 15

- Para poder leer un folleto un señor necesita emplear una lupa de 15 cm de distancia focal, la cual coloca a 10 cm de este.
 - Justificar que tipo de imagen se forma.
 - Determinar la posición y tamaño de una imagen en el folleto, si tiene 15 cm de altura. Trazar el diagrama correspondiente.
- Si se desea que la imagen real que forma una lente tenga el doble de tamaño del objeto, ¿a qué distancia debe colocarse el objeto respecto de la distancia focal de dicha lente?

3. Trazar los tres rayos principales para determinar la posición de la lente en el siguiente diagrama.



Espejos

Los espejos al igual que las lentes se encuentran en forma cóncava y convexa, los rayos de los **espejos cóncavos** se distribuyen de la siguiente manera:

Primer rayo: línea paralela al eje óptico que une al objeto con el espejo. Al llegar al espejo, el rayo se refleja hacia **F**.

Segundo rayo: línea que parte del objeto en dirección a **F**. Al tocar al espejo, se refleja paralelo al eje óptico.

Tercer rayo: línea recta que pasa por el radio de curvatura del espejo ($R = 2F$), sin sufrir cambio de dirección.

Cuarto rayo: línea recta que une al objeto con el vértice (**V**) del espejo. Al tocarlo se refleja con el mismo ángulo con el que incide.

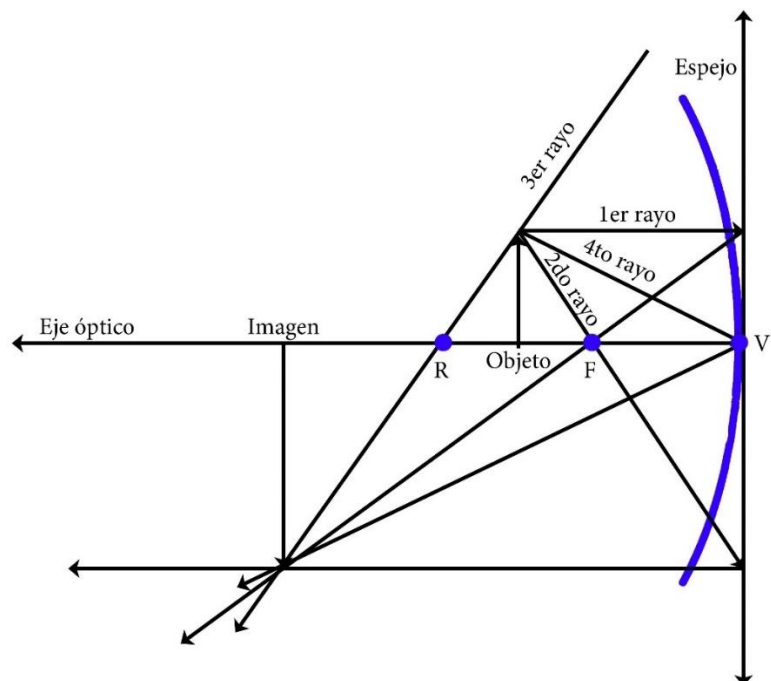


Fig. 61 Diagrama de formación de imagen en espejo cóncavo

En espejos convexos

Primer rayo: línea paralela al eje óptico que une al objeto con el espejo. Al llegar a este, el rayo se refleja de tal forma que diverge en dirección a F.

Segundo rayo: línea que parte del objeto en dirección a F. Al tocar al espejo, se refleja paralelo al eje óptico.

Tercer rayo: línea recta que pasa por el radio de curvatura del espejo ($R = 2F$), sin sufrir cambio de dirección.

Cuarto rayo: línea recta que une al objeto con el vértice (V) del espejo. Al tocarlo se refleja con el mismo ángulo con el que incide.

Para encontrar el lugar donde se forma la imagen, se deben trazar las prolongaciones de los rayos antes mencionados.

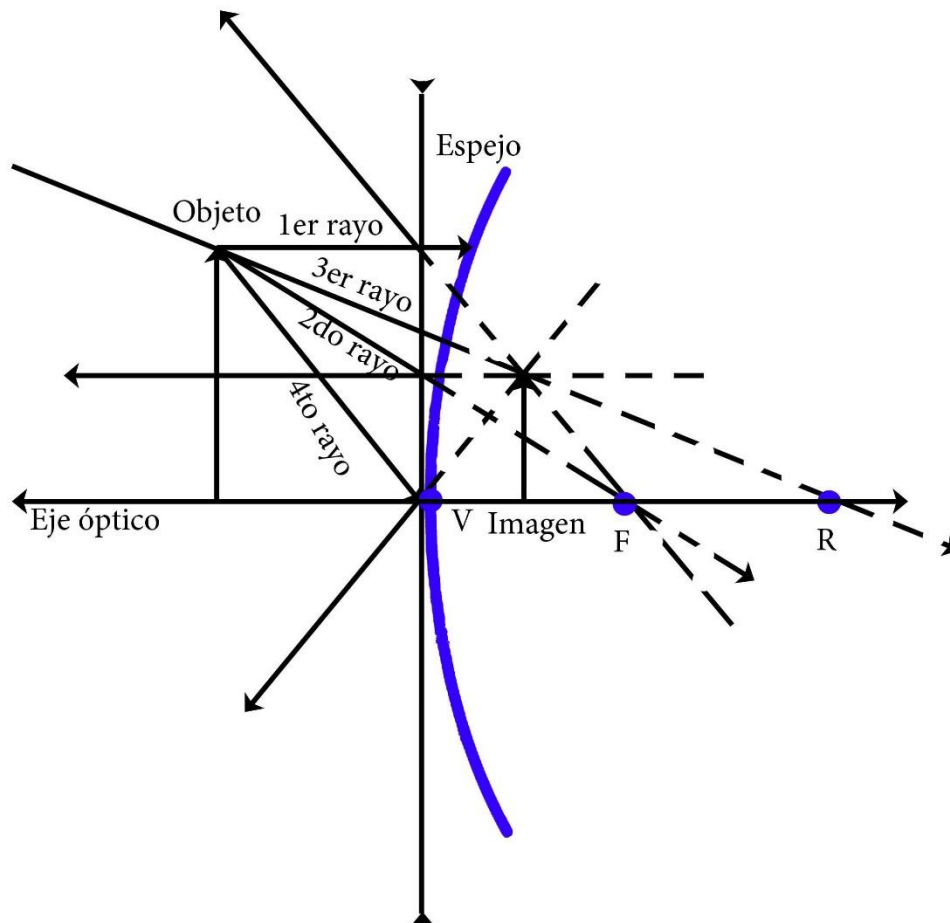


Fig. 62 Diagrama de formación de imagen en espejo convexo.



Revisar el video para profundizar la explicación del trazado de los diagramas. En este video se emplean solo dos de los tres rayos principales.



Los enlaces que se muestra a continuación te direccionan a simuladores para los diagramas de formación de imágenes.



Espejo cóncavo (2.8)



Espejo convexo (2.9)

Convención de signos para el uso de la ecuación en espejos

La tabla que se muestra a continuación ejemplifica la relación entre las magnitudes de los espejos y los signos en la ecuación.

Magnitud	Signo	
	+	-
f	Espejo cóncavo	Espejo convexo
d_o	Objeto real (a la izquierda de v)	Objeto virtual (a la derecha de v)
d_i	Imagen real (a la izquierda de v)	Imagen virtual (a la derecha de v)
O	Objeto derecho	Objeto invertido
I	Imagen derecha	Imagen invertida
A	Imagen derecha	Imagen invertida

Tabla 4 Relación de signos para espejos.

Problemas resueltos 24 y 25

24. Un espejo de 16 cm de radio de curvatura proyecta una imagen invertida de 12 cm de altura. Determinar:

- La distancia focal
- El tamaño del objeto si éste se coloca a 12 cm del espejo
- Realizar el diagrama.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$R = 16 \text{ cm}$ $I = -12 \text{ cm}$ $d_o = 12 \text{ cm}$	$f = \frac{R}{2} = \frac{16 \text{ cm}}{2} = 8 \text{ cm}$ $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$ $\frac{1}{d_i} = \frac{1}{8 \text{ cm}} - \frac{1}{12 \text{ cm}} = \frac{3 - 2}{24 \text{ cm}} = \frac{1}{24 \text{ cm}}$ $d_i = \frac{24 \text{ cm}}{1} = 24 \text{ cm}$ $A = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O} = -\frac{24 \text{ cm}}{12 \text{ cm}} = -2$ $O = \frac{I}{A} = \frac{-12 \text{ cm}}{-2} = 6 \text{ cm}$	$f = 8 \text{ cm}$ $O = 6 \text{ cm}$ La imagen tiene valor negativo, debido a que es una imagen real.

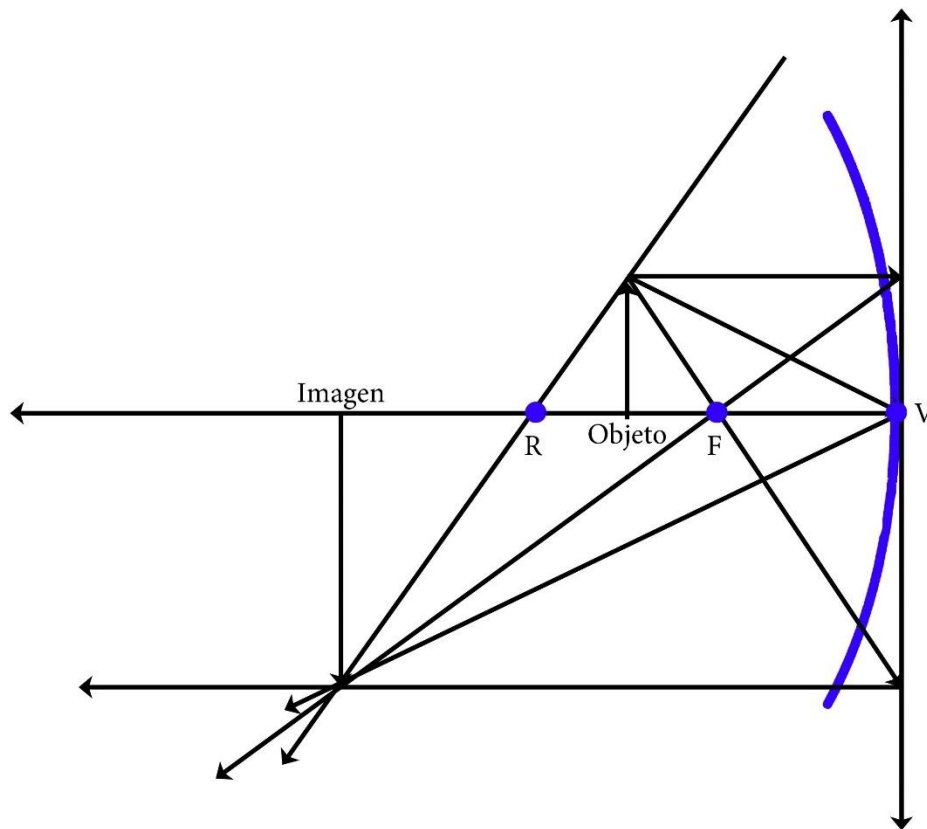


Fig. 63 Diagrama de formación de imagen del problema 24, inciso "C"

25. Un espejo forma una imagen virtual de 5 cm de altura de un objeto de 10 cm, el cual se encuentra a 12 cm del espejo. Calcular:
- la distancia a la que se forma la imagen
 - el radio de curvatura del espejo
 - Realizar el diagrama.

Datos	Fórmula y sustitución de datos	Resultados
$I = 5 \text{ cm}$ $O = 10 \text{ cm}$ $d_o = 12 \text{ cm}$	$A = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O}$ $A = \frac{I}{O} = \frac{5 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 0.5$ $d_i = -A d_o = -(0.5)(12 \text{ cm}) = -6 \text{ cm}$ $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$ $\frac{1}{f} = \frac{1}{12 \text{ cm}} + \frac{1}{-6 \text{ cm}} = \frac{1-2}{12 \text{ cm}} = \frac{-1}{12 \text{ cm}}$ $f = \frac{12 \text{ cm}}{-1} = -12 \text{ cm}$ $R = 2f = 2(-12 \text{ cm}) = -24 \text{ cm}$	$d_i = -6 \text{ cm}$ $R = -24 \text{ cm}$ La imagen tiene valor negativo, debido a que es una imagen real.

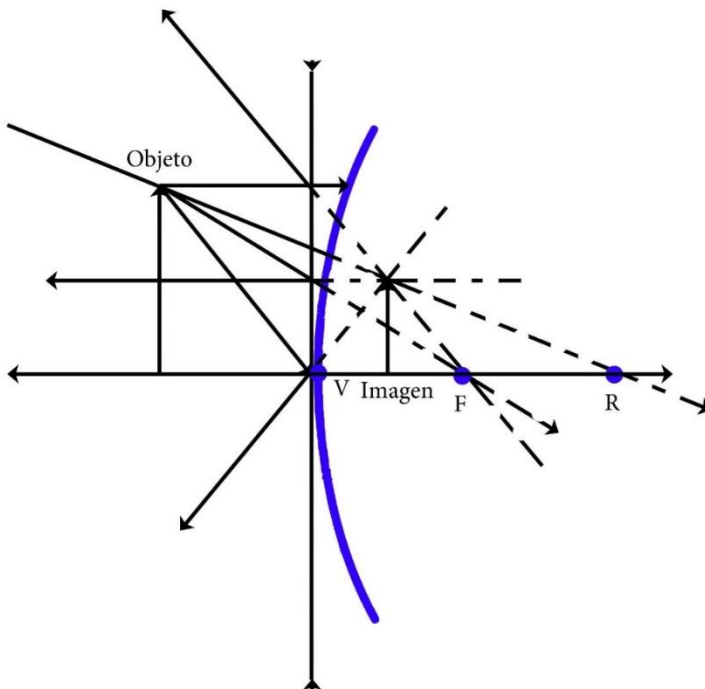


Fig. 64 Diagrama de formación de imagen del problema 25, inciso "C"

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 16

- En una tienda de autoservicios se emplea como espejo de seguridad un espejo de distancia focal de -20 cm. Determinar
 - La posición y tamaño de la imagen de un juguete de 32 cm de altura colocado en la entrada de la tienda a 80 cm del espejo
 - El radio de curvatura del espejo
 - Realizar el diagrama.
- Explicar detalladamente qué tipo de espejo se emplearía para poder proyectar una imagen real de 4 veces el tamaño del objeto. Determinar la posición del objeto respecto de la distancia focal del espejo.

Sistemas de lentes

En la vida diaria nos encontramos dispositivos ópticos como: microscopios, telescopios y binoculares; todos ellos formados por una combinación de lentes. Estos aparatos ópticos son un tipo de los **sistemas de lentes**.

Las reglas de formación de imágenes son similares a las de lentes delgadas, para simplificar los cálculos y trazo de los diagramas en esta guía la segunda lente se coloca a una distancia más alejada de donde se forma la imagen de la primera lente, por lo cual esta imagen se considera el objeto para la segunda lente.

Problema resuelto 26

Un objeto de 10 cm de altura se coloca a 12 cm de una lente de 10 cm de distancia focal. A 90 cm de la primera lente se coloca una segunda lente de 15 cm de distancia focal.

- ¿Dónde se forma la imagen y de qué tipo es?
- ¿Cuál es el aumento obtenido?
- Realizar el diagrama

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
$O = 10 \text{ cm}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$	$s_i = 30 \text{ cm}$
$d_o = 12 \text{ cm}$	$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{10 \text{ cm}} - \frac{1}{12 \text{ cm}} = \frac{6 - 5}{60 \text{ cm}} = \frac{1}{60 \text{ cm}}$	La imagen se forma a 30 cm de la segunda lente y se trata de una imagen real, ya que se proyecta.
$f_1 = 10 \text{ cm}$	$d_i = \frac{60 \text{ cm}}{1} = 60 \text{ cm}$	
$d = 90 \text{ cm}$	$s_o = 90 \text{ cm} - 60 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$	$A_T = 5$
$f_2 = 15 \text{ cm}$	$\frac{1}{s_i} = \frac{1}{15 \text{ cm}} - \frac{1}{30 \text{ cm}} = \frac{2 - 1}{30 \text{ cm}} = \frac{1}{30 \text{ cm}}$	El aumento total es de 5 veces el tamaño del objeto.

	$s_i = 30 \text{ cm}$ $A = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O}$ $A_1 = -\frac{60 \text{ cm}}{12 \text{ cm}} = -5$ $A_2 = -\frac{30 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = -1$ $A_T = A_1 A_2 = (-5)(-1) = 5$ $I = A_T O = (5)(10 \text{ cm}) = 50 \text{ cm}$	
--	--	--

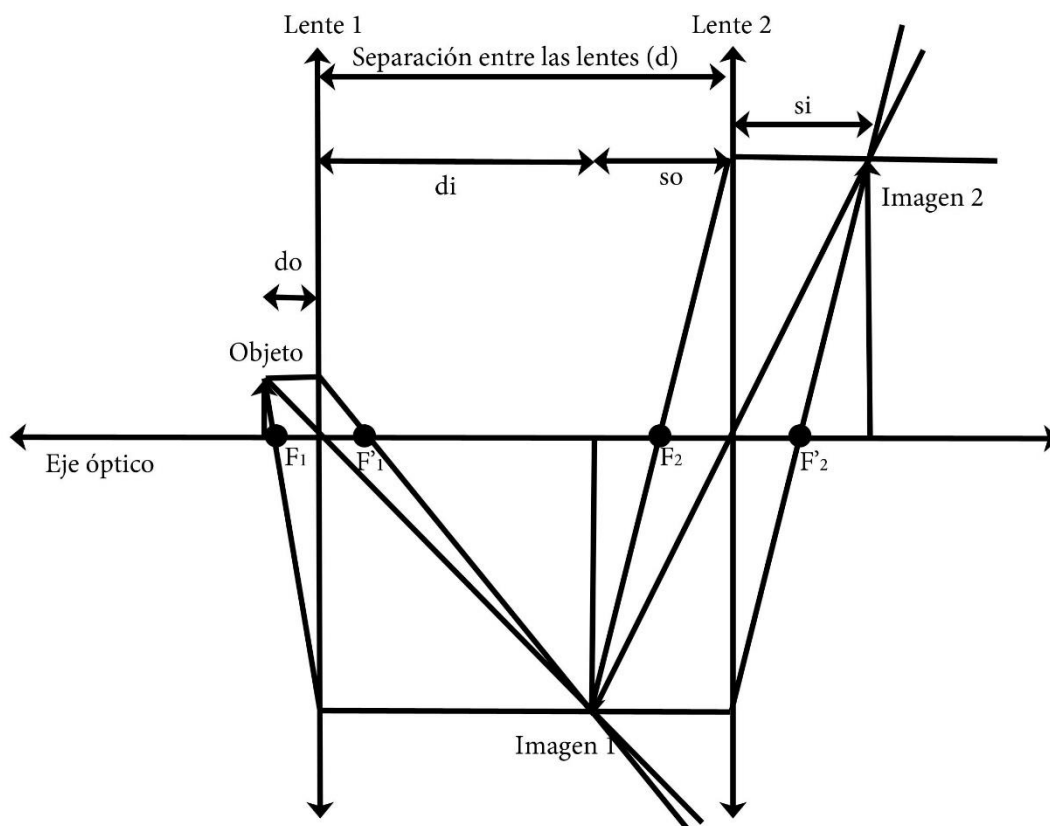


Fig. 65 Diagrama de dos lentes del problema 26, inciso "C"

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 17

Un objeto de 5 cm de altura se coloca a 15 cm de una lente de 10 cm de distancia focal. A 60 cm de la primera lente se coloca una segunda lente de -20 cm de distancia focal.

- ¿Dónde se forma la imagen y de qué tipo es?
- ¿Cuál es el aumento obtenido?
- Realizar el diagrama.

Temática: Óptica Física

Subtemas:

- Principio de Huygens
Fenómenos ondulatorios
- *Interferencia*
 - *Difracción*
 - *Polarización*

Aprendizaje 3: **Explica** los fenómenos de, interferencia, difracción y polarización aplicando el modelo ondulatorio.

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none">• Rayo luminoso• Onda electromagnética	<ul style="list-style-type: none">• Interferencia• Difracción• Polarización

Óptica Física

La óptica física es la rama de la óptica que considera a la luz como una onda electromagnética y puede explicar algunos fenómenos que no se podrían entender considerando a la luz como un rayo. Este modelo es propuesto por Huygens quien, influenciado por sus conocimientos sobre ondas, establece que la luz presenta fenómenos ondulatorios.

PRINCIPIO DE HUYGENS

A finales del siglo XVII, momento en el que la teoría más aceptada sobre la luz era la teoría corpuscular de Newton, el físico, matemático y astrónomo Christian Huygens propuso su hipótesis de que la luz era un fenómeno ondulatorio, de naturaleza casi igual a la del sonido. Enunció el que ahora se conoce como *principio de Huygens*, basado en el concepto de frente de onda (figura 66).

Cada punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se propagan en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda que el frente de onda del que proceden

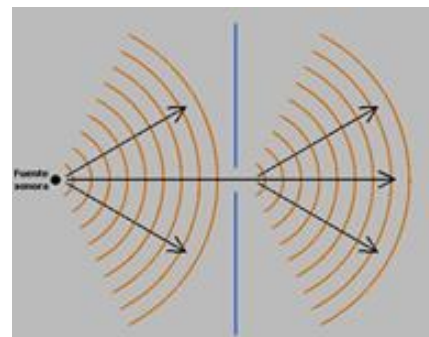


Fig. 66 Ondas originales y ondas difractadas

Esta visión de la propagación de las ondas ayuda a entender mejor los fenómenos de interferencia, difracción, y la polarización de la luz; demostró que la luz es una onda transversal, a diferencia del sonido que es longitudinal. Estos fenómenos son muy importantes, sobre todo para la óptica y los instrumentos utilizados para tal efecto.

La **Interferencia** (figura 67), es el fenómeno que se presenta cuando dos ondas se superponen entre sí y coinciden sus crestas, provocando un aumento en su amplitud (interferencia constructiva) o cuando en la interferencia coincide la cresta y el valle disminuyendo esta (interferencia destructiva)

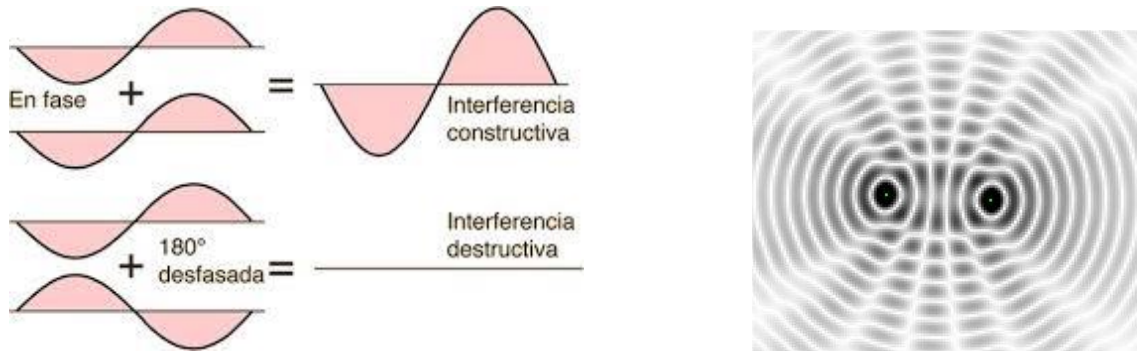


Fig. 67 En la imagen de la izquierda se ven los tipos de interferencia y en la imagen de la derecha se observa la interferencia provocada por dos fuentes puntuales.

La **Difracción** consiste en que las ondas se curvan o flexionan, cuando encuentran en su trayectoria un obstáculo de dimensiones comparables a su longitud de onda.

En 1801 Thomas Young realizó una prueba convincente de la difracción de la luz, con un experimento conocido como el de la doble rendija (figura 68). El cual consistió en hacer incidir un rayo de luz monocromática en una rendija, esta se comportó como una fuente secundaria sobre dos rendijas más, paralelas a la primera y posteriormente la luz se proyectó sobre una pantalla, se esperaban dos proyecciones en forma de bandas de luz, en lugar de esto, en la pantalla se presentó un patrón de difracción, consistente en una sucesión de bandas oscuras y luminosas; esto solo se podía explicar si la luz se comportara como onda, ya que de hacerlo como partícula, solo se proyectarían dos bandas de luz en la pantalla.



Fig. 68 Difracción de la luz, en el experimento conocido como el de la doble rendija

La **Polarización** de la luz se produce cuando el campo eléctrico (recordemos que la luz es una onda electromagnética ya que está formada por un campo eléctrico y uno magnético) oscila en un solo plano, denominado plano de polarización, el cual se puede visualizar por medio de dos vectores, uno paralelo a la dirección de la onda y el otro de manera perpendicular (figura 69). Cuando el campo electromagnético oscila en todas direcciones, se dice que la luz no está polarizada.

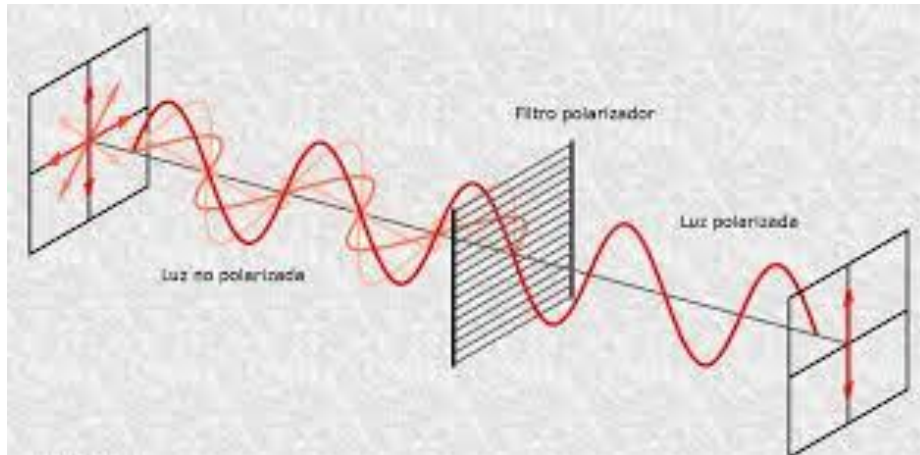


Fig. 69 Polarización de la luz

La polarización es un fenómeno característico de las ondas transversales, por ello se puede afirmar que la luz es una onda transversal, en vista de que presenta dicho fenómeno, a diferencia del sonido que es una onda longitudinal.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 18



Observar los siguientes videos que ayudan a reforzar los conceptos y contestar lo que se solicita.



Interferencia y difracción de la luz (2.10)



Polarización de la Luz (2.11)

1. ¿Cuál es la relación entre la interferencia y la difracción de la luz?
2. ¿Qué se entiende por interferencia destructiva?
3. Mencionar tres ejemplos cotidianos de los fenómenos de interferencia y difracción de la luz.
4. Definir el concepto de polarización de la luz.
5. ¿En qué tipos de ondas se presenta el fenómeno de polarización de la luz?
6. Indicar tres ejemplos en la vida cotidiana donde se presente el fenómeno de la polarización de la luz

Temática: Óptica Cuántica

Subtemas: **Carácter cuántico de la luz**

- *Efecto fotoeléctrico*
- *Luminiscencia*

Aplicaciones ópticas

- *Laser*
- *Color*
- *Instrumentos ópticos*

Aprendizaje 4: **Reconoce** el carácter dual de la luz y las limitaciones de los modelos corpuscular y ondulatorio en los efectos: fotoeléctrico, luminiscencia y emisión estimulada.

Conceptos previos	Conceptos clave
<ul style="list-style-type: none"> • Cuantización de la energía • Carácter dual de la luz • Fotón • Cuanto • Ondas electromagnéticas • Dualidad de la luz Onda electromagnética 	<ul style="list-style-type: none"> • Óptica cuántica • Emisión de electrones como resultado de la incidencia de radiación electromagnética en la materia. • Efecto fotoeléctrico • Luminiscencia Polarización

Óptica cuántica

Es la parte de la óptica que estudia la luz y su interacción con la materia, considerando la primera como un flujo de fotones.

Su origen se remonta a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX con las contribuciones de personajes como Planck, Einstein, Bohr, etc. La radiación de cuerpo negro era un fenómeno que no podía ser explicado con la Física de ese entonces; fue Planck quien explico dicho fenómeno de manera satisfactoria proponiendo una hipótesis revolucionaria: la radiación electromagnética estaba formada de paquetes de energía, es decir que la energía electromagnética no podía tomar cualesquiera valores, si no que estaba cuantizada. Esta hipótesis fue empleada por Einstein para explicar de manera sencilla y contundente el efecto fotoeléctrico. Así que la óptica cuántica nace al mismo tiempo que la mecánica cuántica.

Efecto fotoeléctrico

A finales del siglo XIX, muchos investigadores observaron que la luz podía producir la expulsión de electrones en diferentes tipos de superficies metálicas, a esto se le llamó el efecto fotoeléctrico.

Las primeras observaciones fueron llevadas a cabo por Heinrich Hertz en 1887 en sus experimentos sobre la producción y recepción de ondas electromagnéticas. Su receptor consiste en una bobina en la que se produce una chispa como producto de la recepción de ondas electromagnéticas (figura 70). Para observar mejor la chispa Hertz encerró su receptor en una caja negra; sin embargo, la longitud máxima de la chispa se reducía en este caso comparada con las observaciones de chispas anteriores. Dedujo que la absorción de luz ultravioleta facilitaba el salto de los electrones y la intensidad de la chispa eléctrica producida en el receptor. Hertz publicó un artículo con sus resultados sin intentar explicar el fenómeno observado.

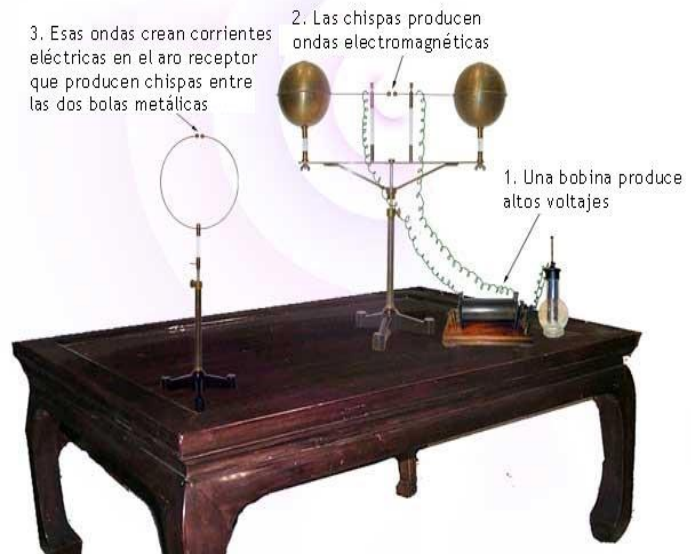


Figura 70

Otros personajes que también observaron el fenómeno fueron Joseph Thomson y Philipp Von Lenard, cada uno en diferentes tipos de situaciones experimentales y que tampoco dieron explicación al fenómeno.

Fue hasta 1905 que Albert Einstein propuso una descripción matemática de este fenómeno, en la que la emisión de electrones era producida por la absorción de cuantos de luz que más tarde serían llamados fotones. En su artículo titulado *Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz*, mostró como la idea de partículas discretas de luz podía explicar el efecto fotoeléctrico y la presencia de una frecuencia característica para cada material por debajo de la cual no se producía ningún efecto. Por esta explicación Einstein recibió el Premio Nobel de Física en 1921.

Einstein atribuyó propiedades cuánticas a la propia luz y vio la radiación como una lluvia de partículas, este aspecto corpuscular se pone de manifiesto cuando se habla de fotones (en analogía con los electrones, protones y neutrones). Un fotón es absorbido por completo por cada electrón expulsado del metal.

El número de fotones en un haz de luz se relaciona con la intensidad de todo el haz, en tanto que la frecuencia de la luz se asocia con la energía de cada fotón individual.

Como los electrones se sostienen en un metal mediante fuerzas eléctricas de atracción. Para que un electrón deje la superficie se necesita una energía mínima, denominada función de trabajo (W_0). Un fotón de baja frecuencia con energía menor que W_0 no producirá la expulsión de electrones. Sólo un fotón con energía mayor que W_0 resulta en el efecto fotoeléctrico. Por lo que, la energía del fotón incidente será igual a la energía cinética saliente del electrón más la energía necesaria para sacarlo del metal, W_0 .

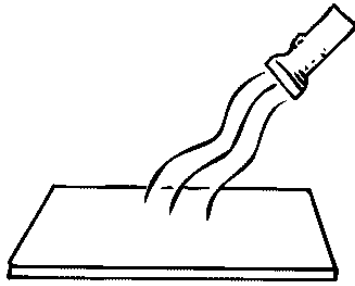


Fig. 71 La luz de baja frecuencia no expulsa electrones.

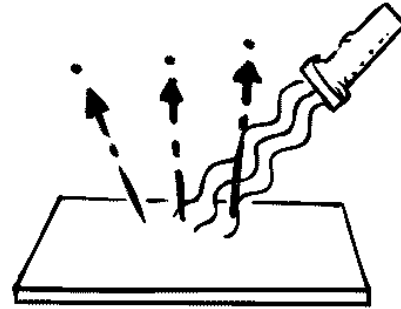


Fig. 72 La luz de alta frecuencia sí expulsa electrones.

Para expresar cuantitativamente el efecto fotoeléctrico se utiliza el modelo derivado por Einstein expresado en la siguiente ecuación:

$$hf = W_0 + E_k$$

Cuyo significado es:

La energía absorbida por un fotón es igual a la energía necesaria para liberar un electrón más la energía cinética del electrón emitido.

Donde (**h**) es la constante de Planck, (**f**) es la frecuencia mínima de los fotones para que tenga lugar el efecto fotoeléctrico, **W₀** es la función trabajo, o mínima energía necesaria para llevar un electrón del nivel de base al exterior del material y **E_k** es la máxima energía cinética de los electrones que se observa experimentalmente.

Si la energía del fotón (**hf**) es inferior a la función de trabajo (**W₀**), ningún electrón será emitido.

En algunos materiales esta ecuación describe el comportamiento del efecto fotoeléctrico de manera aproximada. Esto es así porque el estado de las superficies es imperfecto debido a la contaminación no uniforme de la superficie externa.

El efecto fotoeléctrico demuestra de manera concluyente que la luz tiene propiedades de partícula. Este efecto ha sido usado durante muchos años en una amplia gama de dispositivos como en el llamado ojo eléctrico, en los exposímetros de los fotógrafos y, antes de la era digital, en las pistas sonoras de las películas y mucho más recientemente en las actuales celdas fotovoltaicas cuyo potencial apunta para ser una de las principales fuentes de energía.

Problema resuelto 27

Se necesita luz de 650 nm de longitud de onda para expulsar electrones de una superficie metálica. ¿Cuál es la energía cinética de los electrones emitidos si la superficie es bombardeada con luz que tiene una longitud de onda de 450 nm?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultados
<p>$\lambda_0 = 650\text{nm}$</p> <p>$\lambda = 450\text{nm}$</p>	<p>La función trabajo de la superficie es:</p> $W_0 = hf_0$ <p>Además, recuérdese que:</p> $f = \frac{c}{\lambda}$ <p>De donde</p> $W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ $= \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{Js})(3 \times 10^8 \text{m/s})}{650 \times 10^{-9} \text{m}}$ $= 3.06 \times 10^{-19} \text{J}$ <p>Realizando cálculos semejantes para la otra longitud de onda se tiene que:</p> $hf = 4.42 \times 10^{-19} \text{J}$ <p>Finalmente, a partir de la ecuación de Einstein:</p> $hf = W_0 + E_k$ <p>Despejando</p> $E_k = hf - W_0$ $E_k = 4.42 \times 10^{-19} \text{J} - 3.06 \times 10^{-19} \text{J}$ $E_k = 1.36 \times 10^{-19} \text{J}$	$E_k = 1.36 \times 10^{-19} \text{J}$



Para apoyarse en la comprensión de esta temática, observar el siguiente video y explorar el fenómeno del efecto fotoeléctrico con el simulador Phet Colorado:



Video Efecto fotoeléctrico (2.12)



Simulador Efecto Fotoeléctrico (2.13)

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE 19

1. Una superficie de cobre emite los primeros fotoelectrones cuando la longitud de onda de la radiación incidente es 282 nm.
 - a) ¿Cuál es la frecuencia de umbral para el cobre?
 - b) ¿Cuál es la función de trabajo para una superficie de cobre?
2. ¿Una luz más brillante expulsará más electrones desde una superficie fotosensible que una luz más tenue de la misma frecuencia?
3. La frecuencia de umbral de cierto metal es de 2.5×10^{14} Hz. ¿Cuál es la función de trabajo? Si una luz de 400 nm de longitud de onda brilla sobre esa superficie, ¿cuál será la energía cinética de los fotoelectrones emitidos?

Luminiscencia

Como se menciona en el efecto fotoeléctrico, éste se explica por medio de la teoría de partículas, pero existe una relación con la teoría ondulatoria, concretamente, la energía transportada por una onda electromagnética es proporcional a su frecuencia. A esta nueva unidad de energía se le denomina *fotón* o *cuanto*. Así, la radiación electromagnética aparece como una entidad de naturaleza dual, es decir, contiene aspectos ondulatorios y corpusculares.

La luminiscencia es la emisión de luz por una sustancia sin ser motivada por el calor, por lo que es una forma de radiación en frío, es el proceso de emisión de luz cuyo origen no radica exclusivamente en las altas temperaturas. Puede ser causada por reacciones químicas, energía eléctrica, movimientos subatómicos, o el estrés en un cristal. Esto distingue la luminiscencia de la incandescencia, que es la luz emitida por una sustancia, como resultado de su calentamiento.

La luminiscencia se produce cuando en un átomo o molécula uno de sus electrones asciende a una órbita superior (nivel de energía) y cuando regresa o desciende a alguna órbita inferior, en este momento emite luz, es decir emite un fotón (figura 73), algunos animales como la medusa producen luminiscencia.

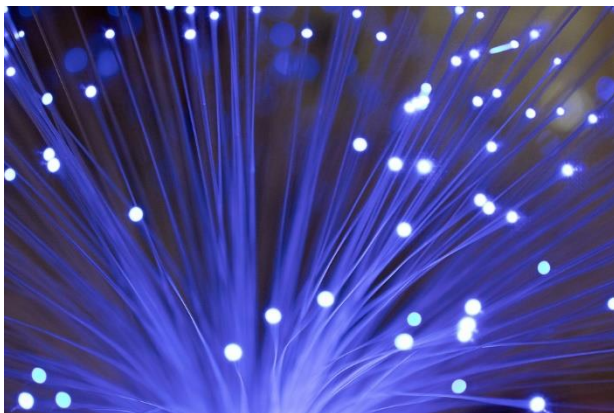


Fig. 73 Producción de luminiscencia

La luminiscencia se clasifica en función del tiempo que tarde en emitirse la luz después de la excitación. Si el fenómeno es prácticamente instantáneo se nombra fluorescencia y fosforescencia (figura 74), si es más duradero. Las sustancias fluorescentes (como la quinina o la fluoresceína) necesitan ser irradiadas para mostrar luminiscencia (fotoluminiscencia). Estas sustancias absorben radiación de longitud de onda menor de la que emiten, normalmente absorben luz ultravioleta y emiten luz visible. Cuando se apaga el foco emisor de radiación, la sustancia deja de emitir luz.



Fig.74 Fluorescencia y Fosforescencia

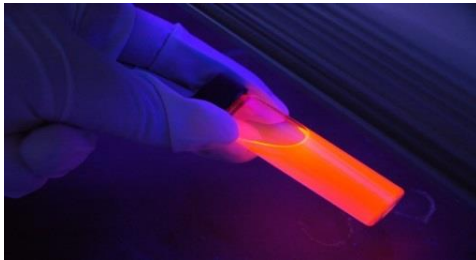


Fig. 75 Luminiscencia por acción de los rayos ultravioleta

La luminiscencia se puede producir por acción de los rayos ultravioleta (figura 75). La emisión de luz, se produce cuando los objetos son expuestos a un bombardeo constante de la radiación incidente, el objeto de acuerdo a sus propiedades, absorbe la radiación hasta el punto de no poder aceptar más energía y es cuando se produce la emisión de luz, ya que los electrones retornan a su estado fundamental.

Tipos de luminiscencia

De acuerdo con la manera en la cual el electrón es excitado, se producen distintos tipos de luminiscencia:

- *Quimioluminiscencia:* es la que se da como consecuencia de una reacción química.
- *Fotoluminiscencia:* ocurre cuando lo que se absorben son los fotones.
- *Bioluminiscencia:* es la que ocurre en los organismos vivos como es el caso de las luciérnagas.
- *Radioluminiscencia:* es el resultado de las radiaciones ionizantes a una sustancia química.
- *Fluorescencia:* aparece cuando los fotones emitidos poseen una energía de menor potencia en comparación a los que absorbieron.
- *Electroquimioluminiscencia:* se origina como consecuencia de una reacción electroquímica.
- *Fosforescencia:* es una especie de fluorescencia retardada, motivado a que ocurre posterior al momento en el cual es absorbida la radiación.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 20

Investigar y explicar (escribir) un ejemplo de cada uno de los tipos de luminiscencia.

Aplicaciones ópticas:

Existen diversas aplicaciones de la óptica cuántica entre ellas se tienen:

- LASER es un acrónimo de **L**ight (**a**mplification by **s**timulated **e**mission of radiation) su significado del inglés es amplificación de luz mediante emisión estimulada de radiación, la cual es monocromática y coherente (figura 76), en 1917 Einstein utilizando la ley de radiación de Max Planck estableció los fundamentos del láser, es un elemento muy importante que tiene aplicaciones en diferentes campos, por ejemplo:

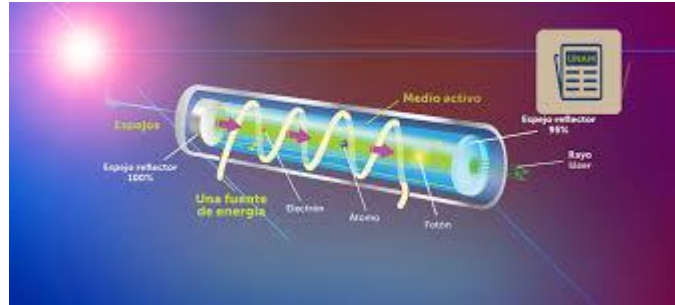


Fig. 76 LASER

- En la medicina se utiliza para tratar tumores, en cirugías de corneas y reparar desprendimientos de retina.
 - Para imprimir discos ópticos y CDs.
 - En los centros comerciales para leer códigos de barras.
 - En la industria para hacer cortes, entre otros.
- Color: En general los colores que observamos son la mezcla de diferentes longitudes de onda que absorben parcialmente los objetos. Su aplicación se encuentra sobre todo en el Arte, la pintura y el diseño gráfico.
 - Instrumentos ópticos: son sistemas que permiten mejorar la imagen, reducirla o amplificarla para determinar sus características, entre ellos se mencionan el telescopio, el microscopio que fueron de los primeros en ser utilizados.

En la actualidad también se cuenta con cámaras fotográficas y otros instrumentos que se utilizan para estudiar las propiedades de la luz como son los fotómetros e interferómetro entre otros.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 21



1. Observar el video *LASER, Einstein y la masa negativa* y explicar el funcionamiento del láser.
2. Emplea el siguiente simulador y elabora por escrito una descripción de al menos cinco ejercicios efectuados con éste.



BIBLIOGRAFÍA²

BÁSICA

1. Gutiérrez, C. (2009). *Física general*, capítulos 21 y 22. México: Mc Graw Hill.
2. Jones, E. y Childers, R. (2001). *Física contemporánea*, tercera edición. México: Mc Graw Hill.
3. Haliday, D., Resnick, R. y Walker, J. (2011). *Fundamentos de física*, volumen 2, octava edición. México: Grupo Editorial Patria.
4. Hecht, E. (2000). *Óptica*, tercera edición. México: Pearson Educación
5. Serway, R. y Faughn J. (2007). *Fundamentos de física*, volumen 2, sexta edición. México: Thomson International Editores.x
6. Tippens, Paul E. (2011). *Física, conceptos y aplicaciones*, séptima edición. México: Mc Graw Hill.
7. Wilson, J., Buffa A. y Lou B. (2003). *Física*, quinta edición. México: Pearson Educación

COMPLEMENTARIA

1. Alonso, M. y Rojo, O. (1981). *Física campos y ondas*. México: Fondo Educativo Interamericano.
2. Giancoli, Douglas. (2009). *Física 2: principio con aplicaciones*, 6ª edición. México: Pearson Educación.
3. Cromer, Alan. (1981). *Física para las ciencias de la vida*, 2ª edición. México: Editorial Reverte.
4. Resnick, R. Halliday, D. y Krane, K. (2012). *Física*, vol. 2, Cuarta Edición. México: Editorial John Wiley & Son.
5. Riveros, R. Héctor, et al. (1998). *Electricidad y magnetismo: preguntas y respuestas*. México: Trillas

² En uno de los anexos del informe de los coordinadores del grupo de trabajo 2019-2020, se encuentran los URL's sugeridos de los videos y simuladores que se muestran aquí con QR's.

AUTOEVALUACIÓN

Ya que hayas estudiado el contenido de esta guía y resuelto las 21 actividades de aprendizaje resuelve esta parte, te servirá para que unipersonalmente juzgues tus logros e identifiques qué hacer para adquirir los aprendizajes de esta asignatura. Se ha incluido en algunos reactivos las respuestas con el propósito que analices detalladamente el proceso para llegar a ellas.

1. La intensidad del campo eléctrico entre dos placas paralelas es de $300 \frac{N}{C}$, si las placas están separadas por una distancia de 4 cm ¿Cuál es la diferencia de potencial eléctrico entre éstas?
2. La diferencia de potencial eléctrico entre dos placas paralelas es de 150V ¿Cuánto trabajo se requiere para mover una carga de $10\mu C$ de una placa a la otra?
Respuesta: 1.5×10^{-3} Watts
3. Dibujar las líneas de campo y superficies equipotenciales que se producen cuando se encuentran dos cargas puntuales de diferente carga, una frente a la otra
4. Un capacitor almacena $30 \mu C$ en cada placa cuando se conecta a una diferencia de potencial de 3 V. ¿Cuál es el valor de la capacitancia?
5. La capacitancia de un condensador es de 20 nanofarad, cuando se conecta a una batería de 15 V. Determinar la carga almacenada en el condensador
Respuesta: 300 nC
6. Se conecta un capacitor de 15 pF a una pila de 1.5 V. Si se desconecta ¿Cuánta energía queda almacenada en dicho capacitor?
Respuesta: $16.875 \times 10^{-12} \text{ J}$
7. Dos condensadores de $5 \mu F$ y $2 \mu F$ se conectan en paralelo a una fuente de 50 V. Determinar: a) la capacitancia equivalente, b) la carga en cada condensador.
8. Por un foco pasa una intensidad de corriente eléctrica de 0.8 A, calcular la carga eléctrica que pasa en 0.5 s.
9. Determinar la intensidad de corriente eléctrica a través de un conductor, si circula una carga eléctrica de $20 \mu C$ durante 60 segundos.
10. Se tiene una plancha con una resistencia de 750Ω , la cual está, conectada a una toma de corriente casera, cuya diferencia de potencial es de 120 V. Determinar: La potencia eléctrica de la plancha y la intensidad de corriente eléctrica que circula por la resistencia de la plancha.
11. Define que es el valor eficaz.
12. Calcular el valor de la densidad de flujo magnético en el aire en un punto situado a 7 cm de un alambre recto que conduce una corriente eléctrica de 12 A

13. Un solenoide de 5 cm de longitud formado con 5000 vueltas sobre un núcleo ferromagnético, cuya permeabilidad magnética relativa es de 1250, por el que circula una corriente de 100 mA. Calcular la densidad de flujo magnético en el centro del solenoide.
14. Una bobina de 80 espiras emplea 4×10^{-2} s en pasar entre los polos de un imán desde un lugar donde el flujo magnético es de 2×10^{-4} Wb a otro de 6×10^{-4} Wb. ¿Cuál es el valor de la fem inducida? Respuesta: 8×10^{-1} V
15. El rotor de un generador de corriente alterna consta de 150 espiras de alambre cuyas áreas son de 0.3m^2 , gira con una frecuencia de 60 rev/s, dentro de un campo magnético con una densidad de flujo de 5×10^{-3} T. Determinar la fuerza electromotriz
16. Un generador suministra 30 A a 8,000 V y está conectado a un transformador elevador. ¿Cuál es la intensidad de corriente eléctrica de salida, a un voltaje de 200,000 V?
17. Un reproductor trabaja con un láser de 5.7×10^{14} Hz aproximadamente. Calcular la longitud de onda e indica el color de este láser.
18. Un rayo de luz que viaja por el aire llega a la superficie de agua formando un ángulo de incidencia de 30° . Si el agua tiene un índice de refracción de 1.33, ¿cuál es el ángulo de refracción de la luz que se transmite por el agua? Respuesta: 22.08°
19. Un objeto de 20 cm de altura se sitúa a 90 cm de una lente convergente de 25 cm de distancia focal. Calcular:
- La posición de la imagen
 - El tamaño de la imagen
 - Realizar el diagrama
20. Explicar detalladamente qué tipo de espejo se emplearía para poder proyectar una imagen real de 5 veces el tamaño del objeto. Determinar la posición del objeto respecto de la distancia focal del espejo.
21. Se necesita luz de 800 nm de longitud de onda para expulsar electrones de una superficie metálica. ¿Cuál es la energía cinética de los electrones emitidos si la superficie es bombardeada con luz de longitud de onda de 400 nm? Respuesta: $2.48 \times 10^{-19}\text{J}$
22. La frecuencia de umbral de cierto metal es de 3×10^{14} Hz
- ¿Cuál es la función de trabajo?
 - Si una luz de 500 nm de longitud de onda brilla sobre esa superficie
 - ¿cuál será la energía cinética de los fotoelectrones emitidos?
23. Elaborar un diagrama en donde se indique detalladamente la producción de luminiscencia.
24. Realizar un esquema en donde indique cómo se modificaría la trayectoria óptica del haz de luz en un interferómetro.

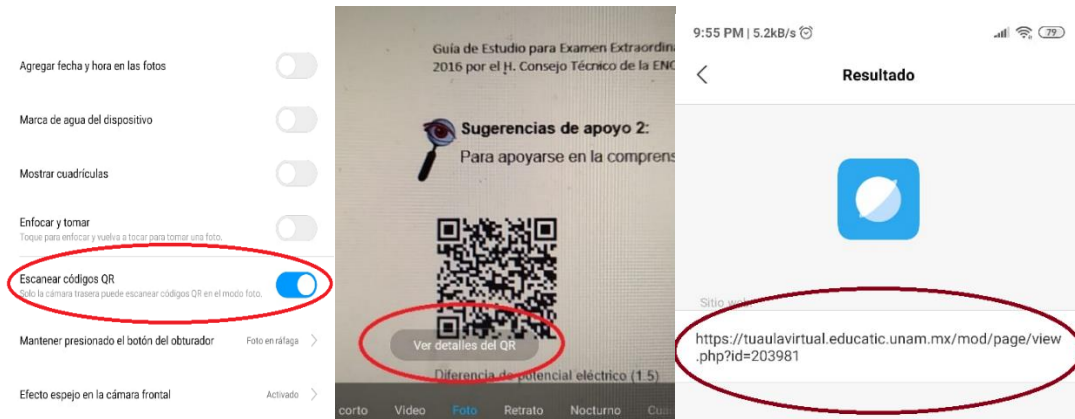
ANEXOS

ANEXO A

Instructivo para Acceder a los Recursos a Través de los Códigos QR

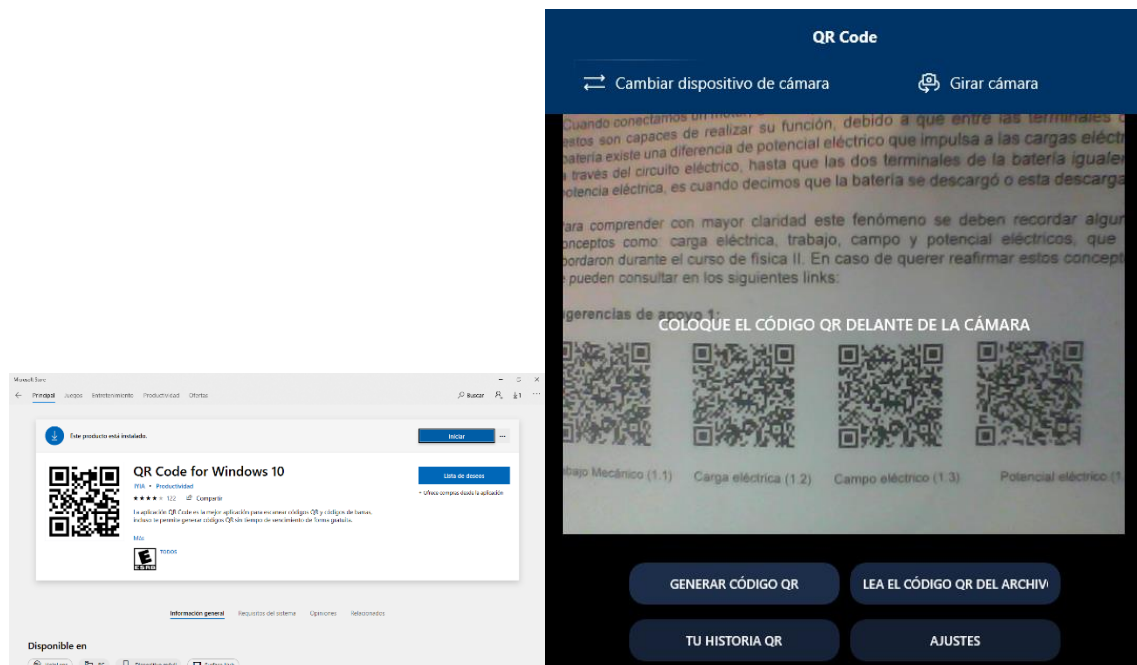
Acceso desde un smartphone:

Primer método. Algunos smartphones pueden leer y abrir códigos QR desde su aplicación de cámara fotográfica, si este es el caso abrimos la cámara entramos a la configuración de esta y verificamos que este activada la opción de leer QR, enfocamos el código QR que nos interesa abrir y seleccionamos ver detalles del QR o abrir hipervínculo esto varía en cada dispositivo.



Si tu smartphone no tiene esta función de fabrica descarga “**Google Lens**” y repite el procedimiento anterior.

Segundo método Si lo quieres hacer desde tu PC necesitas una cámara y descargar desde Microsoft Store cualquier aplicación para leer códigos QR. Abrimos la app y colocamos el QR enfrente de la cámara y automáticamente se abrirá en nuestro navegador el recurso que estamos buscando.



ANEXO B

Recomendaciones al alumno antes de presentar examen extraordinario

- 🧐 Prepara con tiempo el examen extraordinario de una forma continua.
- 🧐 Efectúa una lectura general de la guía para conocer el contenido y formato.
- 🧐 Con el fin de que adquieras los aprendizajes propuestos en el programa de estudios, revisa el contenido de cada uno de los temas, subtemas y aprendizajes mostrados en esta guía.
- 🧐 Realiza las 21 actividades de aprendizaje y autoevaluación en hojas aparte, recuerda que **para presentar el examen debes entregar la guía resuelta.**
- 🧐 Asesórate con los profesores del Programa Institucional de Asesorías (PIA)
- 🧐 Una vez resuelta tu guía, asiste a que te la sellen en el Área de Ciencias Experimentales, situada en el 2º piso del edificio “L”
- 🧐 El día del examen preséntate con la guía resuelta y sellada, al igual que con una identificación tuya con fotografía.
- 🧐 Te recomendamos que también tengas ese día a la mano, una copia de tu inscripción al examen.

Los autores de esta Guía de Física IV, esperamos que la presentación de tu examen extraordinario tenga un resultado exitoso.