



## INSTITUCIONES PARTICIPANTES DEL PROYECTO:

Fundación Luker  
Comité de Cafeteros de Caldas  
Corpoeducación  
Instituto Caldense para el Liderazgo  
Secretaría de Educación de Manizales  
Universidad Autónoma de Manizales

# FÍSICA

**UNIDADES**  
3 · 4 · 5 · 6

Mayo 2019

---





Autor Física:  
HERNANDO ACEVEDO RÍOS  
Licenciado en Matemáticas y Física  
Universidad Tecnológica de Pereira

Asesoría y Coordinación:  
Mg. RUBIEL TRUJILLO ARIAS  
Lic. JOSÉ RAÚL OSPINA OSORIO  
I.A. CLAUDIA MILENA CARDONA TORRES  
Consultora Asociada a Corpoeducación LILIANA GONZÁLEZ ÁVILA

Diseño y diagramación:  
ESPACIO GRÁFICO COMUNICACIONES S.A.

# FÍSICA

UNIDADES  
3 · 4 · 5 · 6



El presente módulo de interaprendizaje para grado 11° hace parte de la estrategia de ampliación de cobertura en educación media para el área rural del departamento de Caldas. Este material pedagógico, el cual sigue los principios y fundamentos del Programa Escuela Nueva, ofrece los contenidos generales del área de Física de acuerdo con los estándares curriculares y promueve en los estudiantes el desarrollo de competencias laborales generales, las cuales les permitirán desempeñarse exitosamente en su vida productiva futura.

El diseño de este material se realizó en el marco del Proyecto de **EDUCACIÓN MEDIA CON PROFUNDIZACIÓN EN EDUCACIÓN PARA EL TRABAJO** adelantado por el Comité de Cafeteros de Caldas, con el importante concurso de la Fundación Luker, quien aportó el capital semilla para el diseño y puesta en marcha de la propuesta de educación media para el área rural del departamento de Caldas, Corpoeducación, el Instituto Caldense para el Liderazgo, la Universidad Autónoma de Manizales y la Secretaría de Educación de Manizales, éstas últimas instituciones pusieron a disposición del proyecto su experiencia en el desarrollo de proyectos educativos, orientados hacia la educación para el trabajo.

Esta primera versión de módulos para el grado 11° debe considerarse como material de prueba y por lo tanto estará sujeto a las modificaciones que se requieran, tanto en contenido como en presentación.

Adicionalmente, este módulo maneja un componente transversal de proyecto de vida, con el ánimo de atender las necesidades de los jóvenes con relación a su orientación vocacional.

Agradecemos a los autores por sus conocimientos, dedicación y esfuerzo puesto en el diseño del presente módulo de interaprendizaje con Metodología Escuela Nueva.

**ELSA INÉS RAMÍREZ MURCIA**

Coordinadora Programas de Formación y Educación  
Comité de Cafeteros de Caldas



# Presentación

---

La alianza por la Educación Rural de Antioquia ERA tiene el propósito de fortalecer la educación rural en todos los niveles, aportando en términos de cobertura, calidad y pertinencia, con el fin de contribuir significativamente al desarrollo social y económico de las comunidades en sus territorios. Para lograrlo, está implementando un programa de acompañamiento a las instituciones y sus sedes educativas, basado en los principios de las pedagogías activas, que articula todos los niveles educativos hasta llegar a la Universidad en el Campo.

Los principios de las pedagogías activas parten del ser: la persona como centro de un aprendizaje activo y significativo. Pretenden brindar una educación que facilite al individuo desempeñarse en los diferentes aspectos de la vida, ser feliz, proyectarse y ser útil a su comunidad.

El material de interaprendizaje es fundamental para el desarrollo de las pedagogías activas. Este centra el aprendizaje en el estudiante, responde de manera significativa a cada uno de los principios y favorece sustancialmente el desarrollo de competencias. Está compuesto por módulos que contienen guías con las que los estudiantes interactúan, dialogan, y en las que se promueven diferentes formas de trabajo como: trabajo individual, en equipo o en grupo. El trabajo con guías de interaprendizaje propicia la reflexión, el trabajo colaborativo y el desarrollo de la autonomía, a través de momentos que se relacionan y dan significado a los aprendizajes.

Además, los módulos son herramientas que le facilitan al docente su labor como mediador en el proceso de aprendizaje y posibilitan el trabajo en aulas multigrado (varios grados en una misma aula), donde el maestro debe acompañar las diferentes áreas del currículo.

Agradecemos al área de educación del Comité de Cafeteros de Caldas por compartir con las comunidades de Antioquia su experiencia y el material desarrollado; un material diseñado teniendo en cuenta las pautas propuestas por el Ministerio de Educación Nacional y las necesidades del contexto rural.

Este material no pretende remplazar al maestro y, por el contrario, es una oportunidad para fortalecer su rol dentro del aula de clase y en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Invitamos a los directivos docentes, maestros y estudiantes a utilizar de manera responsable este material, a adoptarlo y adaptarlo como apoyo al desarrollo del plan curricular. Hacerlo, dará mayores oportunidades al desarrollo rural de nuestra región.



	Pag.
<b>UNIDAD 3: CON QUÉ ÓPTICA ESTUDIAMOS LA LUZ Y SUS FENÓMENOS</b>	9
Guía 1: ¿Qué es la Luz?	11
Guía 2: ¿Espejito ¿dónde está la imagen?	29
Guía 3: Estudiemos las lentes con lupa	57
Guía 4: Luz, Cámara, Acción: otros fenómenos ópticos	81
<b>UNIDAD 4: PÓNGASE ELÉCTRICO: sígame la Corriente</b>	103
Guía 1: ¿Podemos vivir sin electricidad?	105
Guía 2: El Campo Eléctrico: ¿Qué es?. ¿y el Potencial Eléctrico?	123
Guía 3: Sígame la corriente	145
Guía 4: Los circuitos eléctricos y «el corto circuito»	165
<b>UNIDAD 5: ¿DÓNDE ESTÁ EL MAGNETISMO?</b>	191
Guía 1: la Tierra es un enorme imán	193
Guía 2: ¿Cómo funciona un motor?	213
Guía 3: Campos magnéticos Originados por conductores especiales	231
Guía 4: La inducción magnética en la tecnología	249
<b>UNIDAD 6: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA FÍSICA</b>	271
Guía 1: Física cuántica	273
Guía 2: Teoría de la relatividad	289
Guía 3: Física nuclear y sus aplicaciones	307





# UNIDAD 3

## ¿Con qué ÓPTICA estudiamos la luz y sus fenómenos?



Atardecer en Manizales

### LOGROS

- Comprende y explica las teorías sobre la naturaleza y la generación de la luz y la forma como se calculó su velocidad de propagación
- Verifica las leyes y esquemas de formación de imágenes en espejos planos y esféricos
- Aplica las leyes de la refracción, especialmente en la solución gráfica y analítica de problemas sobre lentes
- Describe otros fenómenos ópticos y los principales instrumentos ópticos
- Usa adecuadamente la información para enfrentar situaciones (**GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN**)
- Dinamiza procesos con métodos innovadores (**CREATIVIDAD**)
- Participa activa, responsable y colectivamente en el logro de objetivos comunes (**TRABAJO EN EQUIPO**)
- Utiliza en forma eficiente las herramientas necesarias para desarrollar sus procesos (**MANEJO TECNOLÓGICO**)



## ¿Qué es la luz?



### INDICADORES DE LOGROS

- Diferencia todas las teorías acerca de la naturaleza de la luz
- Interpreta y explica los métodos que utilizaron algunos físicos y astrónomos para medir la velocidad de la luz
- Resuelve problemas teniendo en cuenta la velocidad de la luz y las leyes de la mecánica
- Comprueba experimentalmente que la luz se propaga en línea recta
- Demuestra interés por actualizar su información de manera constante (**GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN**)
- Identifica la información requerida para ampliar su conocimiento de una situación o problema
- Ubica las distintas fuentes de información disponibles
- Recoge organizadamente la información
- Analiza la información recolectada
- Utiliza la información para tomar decisiones y emprender acciones
- Reconoce la información resultante de la experiencia de otros
- Organiza y archiva la información recolectada

## ¿Por qué otra vez GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN?

En el mundo actual es cada vez mayor el flujo de **información**; constantemente estamos recibiendo información que nos llega de diferentes fuentes: televisión, radio, prensa, revistas, conferencias, Internet y todo lo que nos llega a través de los sentidos. La **Gestión de la Información** sistematiza la adquisición, transmisión, ordenamiento, aprovechamiento y evaluación de la información.

Con mis compañeros de subgrupo, analizamos la siguiente información:

### “UN NUEVO MUNDO DE COMPETENCIAS:

En el departamento de Caldas, los maestros preocupados por la violencia del país, se dieron a la tarea de buscar soluciones y, a través de Escuela Nueva y sus componentes, iniciaron un proceso para educar en los tres ámbitos fundamentales de Competencias Ciudadanas: convivencia y paz; participación y responsabilidad democrática; y pluralidad, identidad y valoración de las diferencias. Instituciones como Escuela Villa Julia, Colegio Eugenio Paccelli, Institución Educativa La Trinidad y Escuela Colonia Escolar han desarrollado en los niños cambios y conductas vitales en lo afectivo, creativo, ético, moral, político y comunicativo, que han impactado en las actitudes, valores y formas de convivencia”.



En forma individual, respondo las 3 preguntas planteadas:

1. ¿Por qué es tan importante la GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN aplicada a la actividad académica y en el desempeño laboral?
2. ¿Cómo se complementan las Competencias Laborales Generales y las Competencias Ciudadanas? Si necesita gestionar información, hágalo.
3. ¿Por qué la Escuela Nueva es un excelente ambiente para desarrollar y practicar las Competencias ciudadanas? Consulte, con su Profesor, fuentes de información.

Comparto las respuestas con mis compañeros de grupo.



## ¿QUÉ SABEMOS ACERCA DE LA LUZ?

Es posible que tengamos poco conocimiento acerca de la luz, por lo tanto debemos hacer una buena GESTIÓN para tener una INFORMACIÓN más completa.

Con mis compañeros de subgrupo, respondemos, en forma oral, las siguientes preguntas:

- ¿Qué es la luz?
- ¿A través de qué medio viaja la luz?
- ¿Puede propagarse la luz en el vacío?
- ¿Con qué velocidad viaja la luz?
- ¿Es la luz una onda o un flujo de partículas?
- ¿Puede la luz “doblar esquinas”?
- ¿Cuál es la relación entre la velocidad de la luz y la del sonido?

Quizá no tenemos una respuesta concreta a las preguntas anteriores. Será necesario **identificar la información requerida para ampliar los conocimientos** acerca de la luz. Para ello, debemos **ubicar las distintas fuentes de información disponibles:** textos de Física, Enciclopedias, Documentales de TV, Videos sobre óptica, Internet, Revistas especializadas.

Consultamos alguna de las fuentes disponibles en el CRA y volvemos a responder las preguntas anteriores.

Compartimos con el Profesor las respuestas de las preguntas que pudimos responder satisfactoriamente. Los demás, se aclararán durante el desarrollo de la guía.





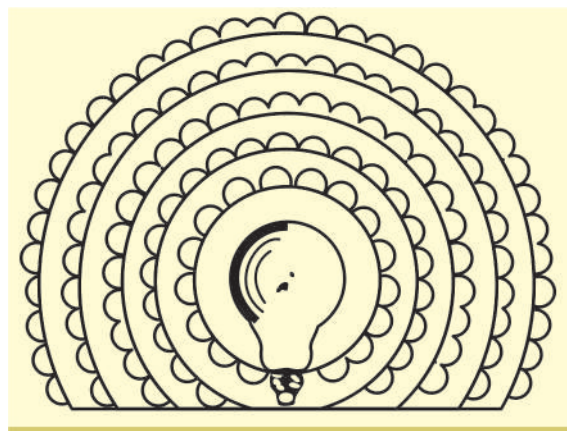
## NATURALEZA DE LA LUZ

El próximo ejercicio, utilizando el juego PIÉNSALO, requiere consultar cualquiera de las fuentes citadas en A (vivencia y exploración). La consulta puede ser completada o sustituida por la siguiente **información**, que deberá **analizar, organizar y utilizar** para resolver el ejercicio:

“La luz es familiar a toda la humanidad y ha sido objeto de varias interpretaciones a lo largo de la historia. Desde hace más de 2000 años, los griegos se preocuparon por explicar la **naturaleza de la luz**. Vemos la luz porque ésta entra a nuestros ojos. Hemos observado que cuando la luz viaja de un lado a otro, lo hace en línea recta mientras no encuentre nada en el camino. ¿Es la luz una onda o una partícula? Esta ha sido una pregunta fundamental en el estudio de la Física.

Para los seguidores de Demócrito (siglo IV a.C.) la luz era un flujo de partículas emitido por los cuerpos visibles. Para la física Aristotélica, era una especie de pulso emanado de los cuerpos visibles.

Leonardo da Vinci (1492 - 1519) estableció una similitud entre la luz, el sonido y las ondas de agua. Robert Hooke (1635 - 1703) antagonista de Newton, defendió el **modelo ondulatorio**.



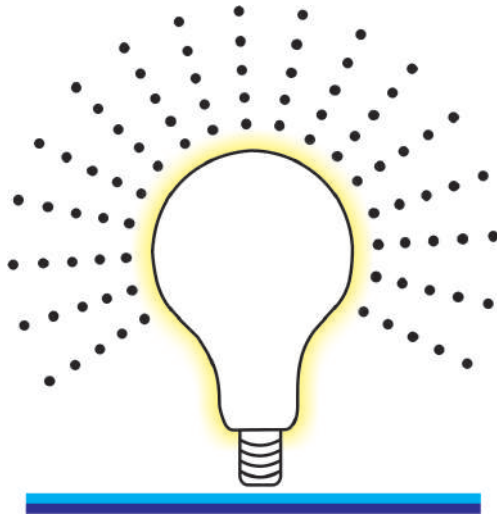
De la misma manera, Christian Huygens concebía la luz como un conjunto de ondas (ver figura a la derecha) que se propagan a través de algún medio material. Este medio universal que llena el espacio recibió el nombre de “éter cósmico”. El éter cósmico se comportaba de manera análoga a como lo hace el aire con respecto a la propagación del sonido. El éter era considerado lo suficientemente sutil como para penetrar los poros de las sustancias sólidas. Huygens se cuestionaba: si la luz fuese un flujo de partículas, ¿cómo podrían unas partículas continuar las trayectorias independientemente de las otras?

Newton hizo estudios sobre el comportamiento de la luz y adoptó el **modelo corpuscular** - interpretó la luz como un flujo de partículas - y, con base en este





modelo, explicó algunos fenómenos luminosos, entre ellos el de la descomposición de la luz blanca a través de un prisma. Newton realizó el experimento de la descomposición de la luz blanca en 1666, un año después de que Robert Hooke hubiera explicado este fenómeno en términos de la naturaleza ondulatoria de la luz.



Basado en el hecho de que la luz se propaga en línea recta formando sombras definidas, Newton refutó el modelo ondulatorio de la luz. Parecía imposible que la luz fuera una onda: las ondas se deforman en torno a los objetos que encuentra a su paso. Un flujo de partículas no haría esto, así que Newton insistía en que la luz era una corriente de partículas (ver figura a la izquierda) que viaja a gran velocidad a través del espacio. La gran influencia de Newton en el pensamiento Europeo durante los siglos XVII y XVIII hizo que su teoría predominara durante esa época.

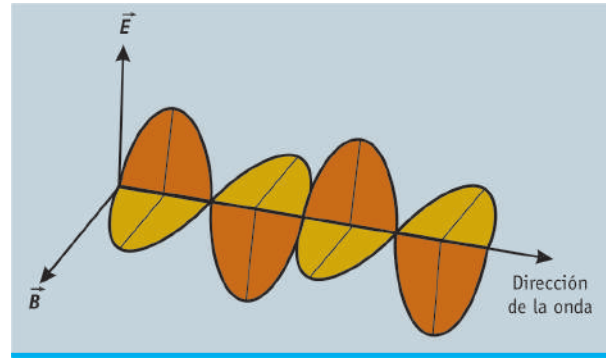
A comienzos del siglo XIX, con los trabajos de Thomas Young (1773 - 1829) y de Augustin Fresnel (1788 - 1827) sobre interferencia y difracción de la luz, se abre de nuevo el debate sobre la naturaleza de ésta.

A partir de 1820, la teoría ondulatoria sobre la naturaleza de la luz predomina. La idea de éter entra a jugar un papel importante en la física. La luz se concibe, por analogía con las ondas sonoras, como una perturbación mecánica del éter. Su velocidad sólo depende de dicho medio. La luz se concebía entonces como una onda longitudinal. En 1816, Young sugiere que la luz es una onda mecánica transversal.

Lo verdaderamente importante en la teoría ondulatoria es la introducción dentro de la ciencia de un concepto tan importante, como lo es el de la energía, ya que en el fenómeno ondulatorio no existe propagación de materia, sino propagación de un estado de perturbación que en el fondo no es sino transmisión de energía.

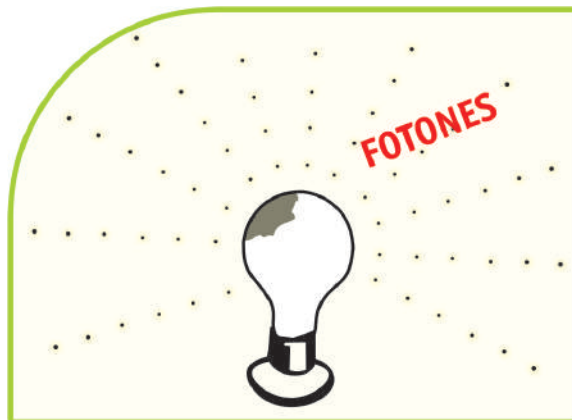
A finales del siglo XIX, los trabajos de Faraday, de Maxwell y de Hertz habían establecido que la luz es una onda electromagnética. Es decir, la luz era una combinación de campos eléctricos y magnéticos que atravesaban el éter. En guías posteriores se describirá la naturaleza de estos campos. La luz no es la única onda electromagnética; pertenecen a este tipo de ondas, por ejemplo, el infrarrojo, las ondas de radio, los rayos X, los rayos gamma y las microondas.

Con la finalidad de calcular la velocidad de propagación de las perturbaciones electromagnéticas en el vacío, Maxwell estableció una relación entre la unidad magnética y la electrostática, llegando al sorprendente resultado de 300.000 Km/seg, cifra que ya se conocía para la velocidad de la luz.



La teoría ondulatoria bajo la forma de ondas electromagnéticas, pareció derrotar para siempre a la clásica hipótesis de la teoría corpuscular hasta el punto que HERTZ exclamaba: "La teoría ondulatoria no es una teoría, es una certeza".

Investigando, el científico Alemán Planck, introdujo para la energía una estructura granular, afirmando que toda variación de energía debería corresponder a valores múltiplos de una pequeña cantidad, que se conoce como constante de Planck; en otras palabras, su postulado fundamental conducía a concebir la energía como de naturaleza discontinua.



Hacia 1905, Albert Einstein investigando las leyes que regulan el fenómeno fotoeléctrico, esto es, la expulsión de electrones de un conductor, por acción de la luz que incide sobre él, halló que el problema no tenía solución o interpretación si se consideraba a la luz de naturaleza ondulatoria. Dando un salto al pasado y en base a los trabajos de Planck, tuvo la genialidad de considerar la luz como de estructura granular, es decir,

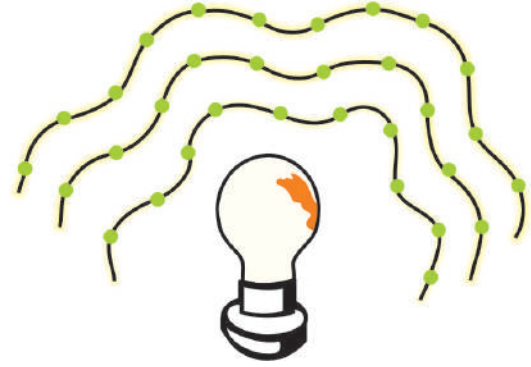
constituida por corpúsculos esta vez de energía y no de materia como los de Newton. A estos gránulos los denominó **fotones**.

El físico francés Luis de Broglie, en su tesis de grado en 1923, enlazó de manera prodigiosa las dos teorías reinantes y como síntesis de sus investigaciones llegó a la conclusión de que en verdad la luz participa de una doble naturaleza: ondas y corpúsculos, son dos caras de una misma realidad.

Al corpúsculo hubo la necesidad de asociarle una onda y este enlace quedó formalizado por las estrechas relaciones entre magnitudes mecánicas (energía, velocidad,...) y ondulatorias (frecuencia, longitud de onda, período,...).



La luz consistiría en un enjambre de fotones que ondulando se propagan en el espacio. Esta es la idea de la teoría **mecánica-ondulatoria**; de la fusión de onda y corpúsculo ha nacido la **Ondícula**.




Con mis compañeros de subgrupo, tomamos del CRA un juego de PIÉNSALO y resolvemos el siguiente ejercicio.

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
La luz es un impulso emanado de los cuerpos visibles	La luz es un flujo de partículas emitido por los cuerpos visibles. (Siglo IV a.c.)	Estableció similitud entre la luz, el sonido y las ondas de agua	La luz son ondas que se propagan en un medio llamado "eter"	La luz es un flujo de partículas (Modelo corpuscular)	Descomposición de la luz blanca con un prisma
<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Trabajos sobre interferencia y difracción de la luz	La luz es una onda electromagnética	La teoría ondulatoria no es una teoría, es una certeza	La energía es de naturaleza discontinua	La luz está constituida por fotones	La luz participa de ondas y corpúsculos (ondícula)
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
FARADAY, MAXWELL Y HERTZ	LUIS DE LA BROGLIE	NEWTON	ALBERT EINSTEIN	MAX PLANCK	THOMAS YOUNG Y AUGUSTIN FRESNEL
<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
CHRISTIAN HUYGENS	FÍSICA ARISTOTÉLICA	DEMÓCRITO	NEWTON (1666)	LEONARDO DA VINCI	HERTZ

Compartimos las respuestas con el Profesor y devolvemos el juego al CRA.

Después de hacer el análisis de la información anterior y una vez resuelto el ejercicio PIÉNSALO, consignamos en el cuaderno el siguiente resumen:



Las teorías para explicar la naturaleza de la luz han sido cinco, en su orden cronológico de apareamiento son:

- Teoría emisiva o corpuscular (Isaac Newton).
- Teoría Ondulatoria (Christian Huygens, Thomas Young, Augustin Fresnel).
- Teoría Electro-Magnética (Faraday, Maxwell, Hertz).
- Teoría Cuántica (Planck, Einstein).
- Mecánica Ondulatoria (Luis de la Broglie).

Se han propuesto varios modelos, algunos de los cuales fueron abandonados por parecer inadecuados, pero con el avance de la técnica en la investigación y el conocimiento de nuevos hechos, se han vuelto a considerar para explicar la naturaleza de la luz. La mayor dificultad ha residido en que ninguno de los modelos o teorías propuestas explica completamente el comportamiento de la luz, ya que algunos fenómenos pueden ser interpretados correctamente de acuerdo con una teoría, en tanto que otros no. Un modelo para la luz debe interpretar hechos ya conocidos y, fundamentalmente, debe predecir nuevas situaciones o fenómenos.

Es así como con base en la observación de muchas analogías, entre el comportamiento de las partículas y el de las ondas con el comportamiento de la luz, se ha llegado a la concepción de dos modelos básicos:

- El modelo corpuscular, y
- El modelo ondulatorio.

Según el **modelo corpuscular**, la luz estaría constituida por miríadas de pequeñísimas partículas o corpúsculos emitidos por los cuerpos luminosos en todas direcciones. Este modelo permite explicar algunos fenómenos relacionados con el comportamiento de la luz, pero no permite interpretar otros. Igual ocurre con el **modelo ondulatorio**, según el cual la luz es de naturaleza ondulatoria y, por consiguiente, un foco de luz sería un centro que emite continuamente ondas de luz en la misma forma que una fuente de sonido es un centro productor de ondas sonoras.

**La última imagen que tenemos de la luz es que se comporta a veces como onda y a veces como corpúsculos.**





## LA VELOCIDAD DE LA LUZ

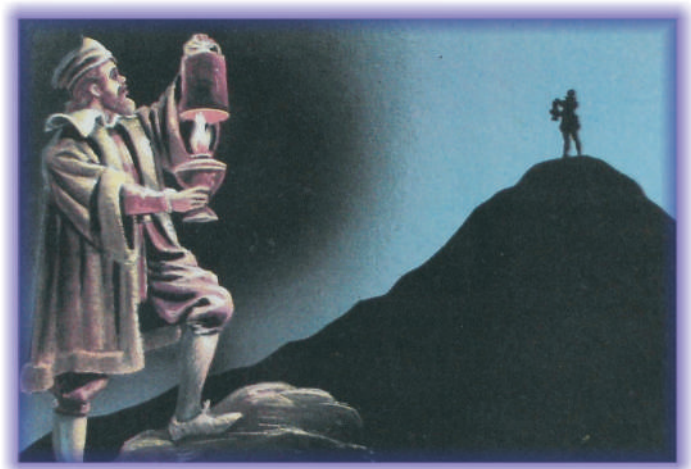
Recordemos que la competencia GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN se define como la capacidad de recolectar información pertinente con el fin de procesarla y utilizarla para resolver situaciones.

La situación ahora es recolectar la información acerca de la velocidad de la luz.

Con mis compañeros de subgrupo, consultamos la forma como ha sido calculada la velocidad de la luz, a través de la historia.

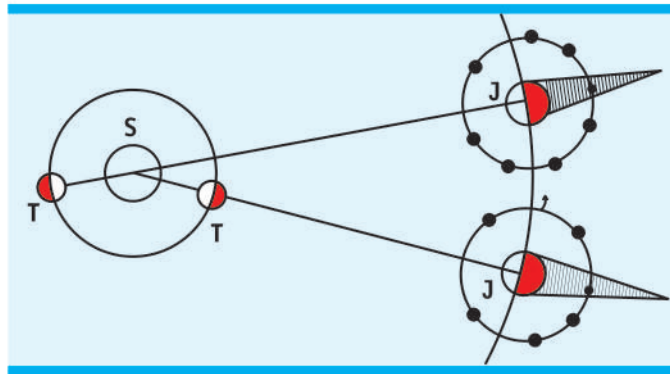
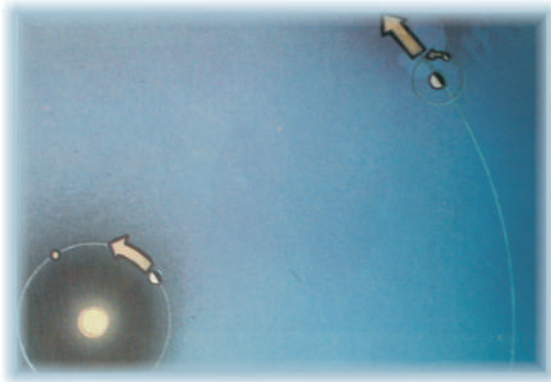
Utilice la **información** que encontrará a continuación para responder las preguntas que aparecen al final de dicha información.

La velocidad de la luz en el vacío es una de las constantes más importantes de la naturaleza. La luz avanza tan rápido que, a primera vista, pareciera que su propagación de un punto a otro fuera instantánea. Este hecho nos explica por qué los antiguos griegos consideraban que la velocidad de la luz era infinita. Los primeros intentos para medir la velocidad de la luz, fueron hechos por Galileo hacia 1667. Galileo diseñó un método que



consistió en colocar dos personas frente a frente separadas a una determinada distancia, durante la noche. Cada persona estaba provista de una lámpara. El mismo Galileo participó en el experimento. Este experimento se desarrollaba así: Galileo descubría su lámpara y la luz llegaba a su ayudante. Entonces, el ayudante destapaba su lámpara, cuya luz debería ser recibida por Galileo. Trataron de medir el tiempo transcurrido desde que Galileo descubría su lámpara hasta que recibía la luz proveniente de la lámpara de su ayudante. El método fracasó porque el tiempo invertido por la luz en ir y venir era menor que el tiempo de reacción de los experimentadores. La conclusión de Galileo fue: **la propagación de la luz, si no es instantánea, es extremadamente rápida.**

En 1675, ocho años más tarde, el astrónomo Danés Olaf Roemer, con base en observaciones de carácter astronómico ideó un procedimiento que lo condujo a cifras bastante exactas.

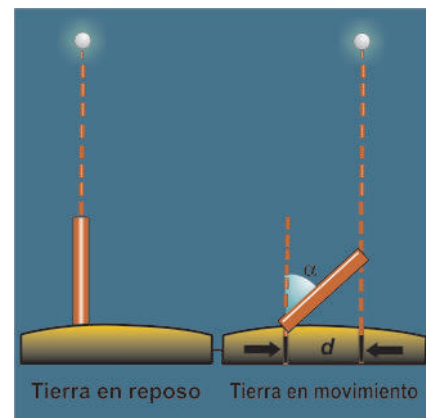


El procedimiento de **Roemer** se basa en observaciones que realizó acerca de los eclipses de uno de los satélites de Júpiter; Roemer perseguía determinar el período de rotación del satélite alrededor del planeta, utilizando el tiempo transcurrido entre dos eclipses consecutivos del satélite al entrar dentro del cono de sombra proyectado por el planeta.

Contra lo esperado, los resultados obtenidos de las numerosas observaciones no concurrieron hacia una sola cifra, sino que presentaron un mínimo de 42 horas y un máximo de 42 horas y 980 segundos. La mayor diferencia se observa para dos posiciones notables: **conjunción** (Sol-Tierra-Júpiter) y **oposición** (Tierra-Sol-Júpiter). En conjunción la distancia entre la tierra y Júpiter es mínima, mientras que en la posición de **oposición** es máxima.

La diferencia entre las dos distancias corresponde precisamente al diámetro de la órbita terrestre, cuyo valor es aproximadamente  $2 \times 1.47 \times 10^8$  Km. y esta diferencia de distancia en el recorrido de la luz ocasiona un retardo de 980 segundos; luego la velocidad de la luz se debe hallar aplicando la relación  $v = d/t$ .

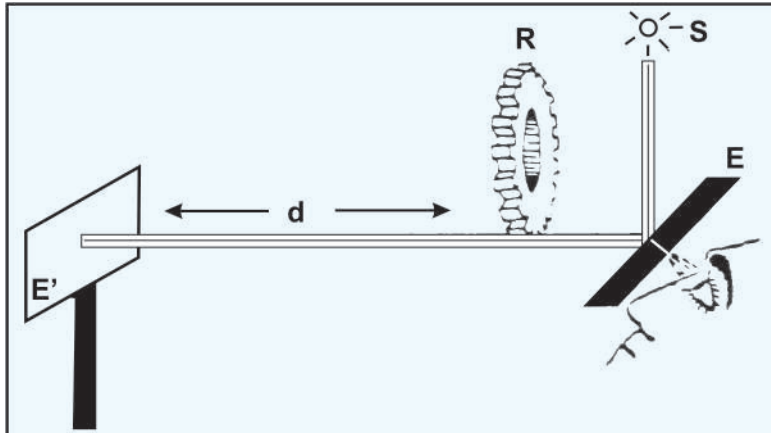
En 1729, James Bradley, un astrónomo Inglés, hizo otras observaciones de tipo astronómico. Calculó la velocidad de la luz partiendo de lo que se conoce como **aberración estelar**. La aberración estelar consiste en un movimiento aparente de la posición de una estrella con respecto al observador. Este movimiento es debido a la velocidad de la Tierra en su movimiento alrededor del Sol. Al observar una estrella fija, en el transcurrir del año, su posición aparente varía. Bradley consideraba que la luz era un flujo de partículas que viajaban a velocidad finita. Además Bradley tuvo en cuenta el







movimiento de la Tierra con respecto a la estrella. Supongamos el caso de una estrella que se encuentra exactamente sobre la vertical. Observa que mientras la luz recorre la longitud del telescopio, éste se desplaza una distancia "d" igual a la distancia que en ese intervalo de tiempo se desplaza la Tierra. Para que la imagen de la estrella sea vista, el telescopio tendría que inclinarse un ángulo. Con base en este ángulo y la velocidad de la Tierra alrededor del Sol, Bradley obtuvo un valor de  $3,04 \times 10^8$  m/s para la velocidad de la luz.



En 1849, Louis Fizeau, un físico francés, fue el primero en determinar la velocidad de la luz por un método no astronómico. La luz producida por la fuente, se refleja en el espejo semitransparente (además de reflejar, permite el paso de la luz), y pasa a través de una de las ranuras de la rueda dentada.

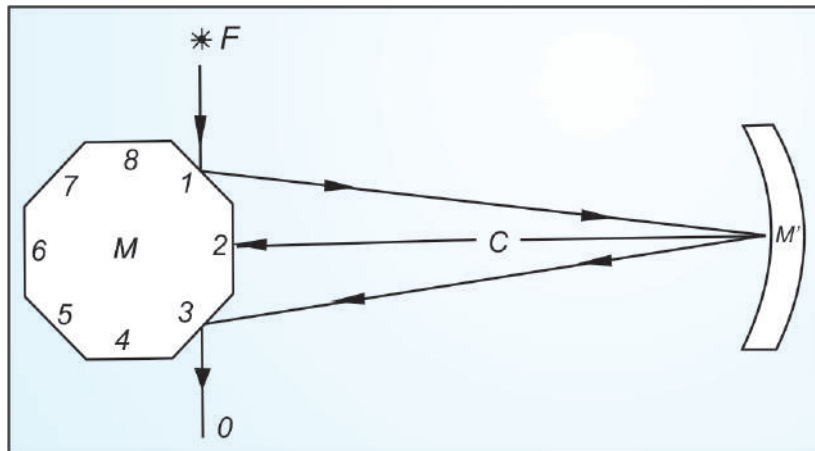
La rueda se hace girar con una velocidad angular lo suficientemente grande para que la luz reflejada pase por la siguiente ranura. De este modo, la luz llega al espejo semitransparente, lo atraviesa y es percibida por el ojo del observador. Si el movimiento de la rueda se mantiene a esta velocidad, siempre llegará luz al observador. La rueda dentada utilizada por Fizeau tenía 720 ranuras y giraba con una frecuencia de 25,2 rev/s y la distancia entre la rueda y el espejo (E') era  $8 \frac{1}{3}$  Km (8,33 Km).

Cuando el dispositivo está ajustado a las especificaciones anteriores, es natural que el tiempo empleado por la luz para hacer el recorrido, rueda, espejo, rueda, que es igual a  $2d$  será el mismo que el empleado por la rueda para que, al girar, la luz reflejada pase por la siguiente ranura. Fizeau obtuvo un valor muy aproximado a los 300.000 Km/s para la velocidad de la luz, empleando la relación  $v = d/t$ .

En 1862, el físico francés León Foucault modificó el método de Fizeau sustituyendo la rueda dentada por un espejo giratorio. Además, entre el espejo giratorio y el espejo plano que reflejaba la luz, introdujo un tubo, al que podía llenarlo con diferentes clases de líquidos lo cual permitía determinar la velocidad de la luz, en diversos medios.

El físico norteamericano Albert Michelson, quien dedicó su vida entera a la resolución de este problema, en 1880 utilizó el método de Foucault; el dispositivo que más

alto grado de precisión le permitió alcanzar fue el representado en la figura: un espejo octogonal M se acopló a un motor con la finalidad de poder imprimir al espejo una velocidad variable. La luz procedente de un foco F, incidía sobre el espejo justamente en la cara 1 con un ángulo de  $45^\circ$  y era reflejada en un espejo M' situado a una distancia "C", de donde era devuelta a la cara 3 en donde volvía a incidir con un ángulo de  $45^\circ$  y se reflejaba hacia el observador O. Esto ocurría cuando la rueda se encontraba en reposo.



Cuando al espejo M se le imprimía un movimiento giratorio, la luz que llegaba a la cara 3 ya no incidía con ángulo de  $45^\circ$  y por lo tanto no era percibida por el observador, sin embargo si se imprime una velocidad apropiada la condición de reposo se vuelve a cumplir y el observador percibe la luz.

Cuando la velocidad de giro del espejo es tal que la cara 2 ocupe la posición de la cara 3, el tiempo de este cambio es el empleado por el rayo para salir del foco F y llegar al observador. El tiempo empleado por la luz para hacer el recorrido FM'O es  $1/8$  del empleado por el espejo para dar una vuelta. El cálculo final hecho por el físico MICHELSON dio la cifra de 299,000 Km/s

## PREGUNTAS

1. ¿Por qué fracasó el método de Galileo para hallar la velocidad de la luz? ¿A qué conclusión llegó?
2. Con los datos suministrados en el método de **Roemer**, ¿Qué valor obtuvo Roemer para la velocidad de la luz?
3. ¿Quién calculó la velocidad de la luz partiendo de la **aberración estelar**? ¿En qué consiste esta aberración estelar?
4. Con los datos utilizados por Fizeau, ¿Cuál fue el valor de la velocidad de la luz obtenido?



5. Si el dispositivo de Fizeau se hubiera ajustado de tal manera que el tiempo empleado por la luz para hacer el recorrido rueda-espejo-rueda, que es igual a  $2d$  fuera el mismo que el empleado por la rueda para que al girar sustituya una ranura por un diente, ¿Cuál debería ser la velocidad de giro de la rueda dentada?
6. ¿Quién fue el ganador del premio Nobel en 1913 por sus investigaciones y haber dedicado casi toda su vida a resolver el problema de la velocidad de la luz?

Compartimos las respuestas con el profesor y consignamos en el cuaderno el siguiente resumen:

A través de la historia de la humanidad, se ha ido perfeccionando el método para medir la velocidad de la luz. Lo más importante es analizar el gran ingenio de tales mediciones.

El primero en intentar medir la velocidad de la luz fue Galileo hacia 1667. En 1675, el astrónomo danés Olaf Roemer y en 1729, el astrónomo inglés James Bradley utilizaron métodos astronómicos para medir la velocidad de la luz con mucha precisión.

En 1849, el físico francés Louis Fizeau fue el primero en determinar la velocidad de la luz por un método no astronómico, utilizando espejos y una rueda dentada. En 1862, el físico francés León Foucault midió la velocidad de la luz reemplazando la rueda dentada por un espejo giratorio. En 1880, el físico estadounidense Albert Michelson utilizó el método de Foucault y obtuvo un valor de  $2.99 \cdot 10^8$  m/s para la velocidad de la luz.

A partir de un análisis cuidadoso de las medidas obtenidas hasta 1964, se estableció como valor más probable para la velocidad de la luz:

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s} , \text{ donde } c \text{ es la velocidad de la luz.}$$

Con mis compañeros de subgrupo analizamos los siguientes ejemplos y resolvemos los ejercicios propuestos.

**EJEMPLO 1.** ¿Cuánto tiempo, en minutos y segundos, tarda la luz del Sol en llegar a la Tierra?

### Magnitudes conocidas:

Velocidad de la luz:  $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Distancia Sol-Tierra:  $d = 1.5 \times 10^8 \text{ Km.} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

### Magnitud incógnita:

Tiempo (t)

$$t = \frac{d}{c} = \frac{1,5 \times 10^{11} \text{ m}}{2,998 \times 10^8 \text{ m/s}} = 500.3 \text{ segundos}$$

La luz del Sol tarda en llegar a la Tierra 8 minutos y 20 segundos aproximadamente.

**EJEMPLO 2.** La luz de la estrella más cercana tarda unos 4 años en llegar a la Tierra. ¿A qué distancia está esa estrella?

### Magnitudes conocidas:

Tiempo:  $t = 4 \text{ años} = 4 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 126.144.000 \text{ segundos}$

Velocidad de la luz:  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Magnitud incógnita:

Distancia (d)

$$d = c \cdot t = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} \times 126.144.000 \text{ s} = 3,78 \times 10^{16} \text{ m}$$

La estrella más cercana está a una distancia de  $3,78 \times 10^{13} \text{ Km.}$  de la Tierra.

**EJERCICIOS.** Para la resolución de los siguientes ejercicios, puede utilizar un valor de 300,000 Km/s para la velocidad de la luz.

1. ¿Cuántas vueltas a la tierra puede dar la luz en 2 segundos? La circunferencia terrestre mide aproximadamente 40.000 Kilómetros.

**15 vueltas**

2. Calcular en kilómetros, el valor de un año luz o sea la distancia que recorre la luz en un año (360 días).

**$9.33 \times 10^{12} \text{ Km.}$**



- Suponiendo que la Tierra se mueve sobre una órbita circular de radio igual a  $1.5 \times 10^8$  Km, calcular el tiempo que tarda la luz en recorrer una distancia igual al diámetro de la órbita terrestre.

16' 40''

- Calcular el tiempo empleado por un haz de microondas en ir a la Luna y regresar, sabiendo que la luna se encuentra de la Tierra a una distancia de 384,325 Km.

2.56 seg.

- Un PARSEC es una unidad astronómica de longitud que equivale a 3.26 años luz. Calcular el valor de un **parsec** en kilómetros.

$3.04 \times 10^{13}$  Km.

Compartimos los procesos con el Profesor y aclaramos las dudas que se hayan presentado.

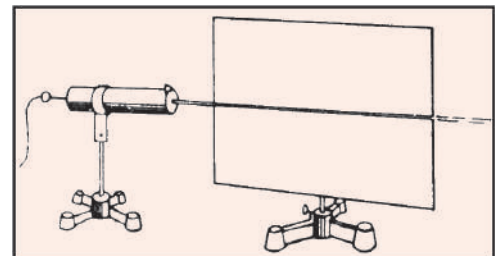


## APLIQUEMOS LOS CONCEPTOS BÁSICOS

La Gestión de la Información se ocupa de la adquisición, conservación transmisión, ordenamiento, aprovechamiento y evaluación de la información. Para los estudiantes es un medio de acercamiento a la actividad investigativa:

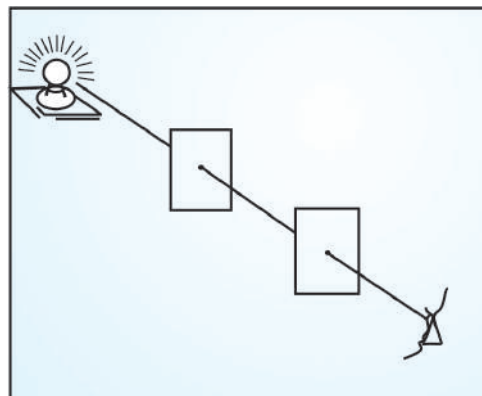
### 1. Investigue si la luz se propaga en línea recta.

- Ajuste una linterna de manera que obtenga un haz de rayos paralelos y dirija un haz sobre una pantalla como se muestra en la figura. La pantalla puede ser una cartulina, un tablero o la pared.



## Se observa una línea recta sobre la pantalla.

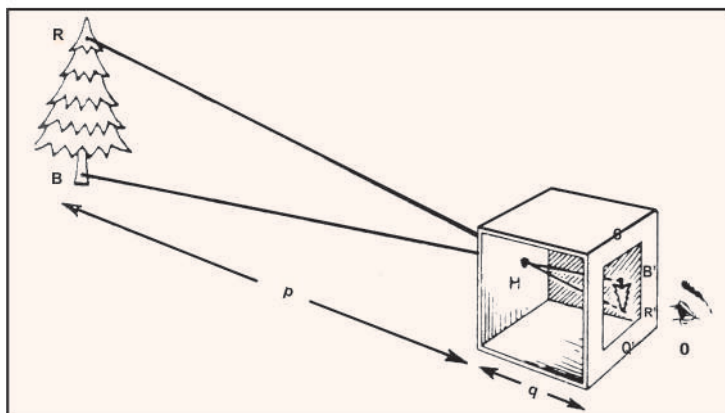
- b. Tome 2 cartulinas tamaño media carta a las que se les ha hecho un orificio en el centro y colóquelas en fila de manera que la fuente de luz pueda ser vista a través de los orificios. Se observa que para que una persona mirando a través de los orificios pueda ver la fuente de luz, es indispensable que orificios y fuente se encuentren en línea recta.



¿Qué puede concluir de estos 2 experimentos?

## 2. Construya una cámara oscura para analizar una aplicación de la propagación rectilínea de la luz.

**Cámara Oscura.** La cámara no es sino un cajón cerrado en una de cuyas caras se ha practicado un orificio circular muy pequeño. Cuando se coloca frente al orificio una vela encendida, los rayos al marchar en línea recta y pasar por el orificio, dan lugar a la formación de una imagen de la vela en la cara posterior, la que debe ser traslúcida para la observación del fenómeno. La imagen resultante es invertida y su nitidez depende de la magnitud del orificio y su tamaño de la profundidad de la caja. La cámara fotográfica es en esencia una cámara oscura.



Acerque y aleje la vela de la cámara oscura y **describa lo que sucede** en la cara traslúcida.

- a) ¿Qué sucede si se acerca la vela? ¿Y si se aleja?  
b) ¿Por qué la imagen es invertida?

Compartimos las conclusiones de los experimentos con el Profesor, y comprobamos si los resultados obtenidos son los correctos.





## ¿DESEA SABER MÁS?

Con una buena GESTIÓN se puede identificar la INFORMACIÓN requerida para AMPLIAR su conocimiento de una situación o problema.

1. Ubique la fuente más apropiada de consulta para saber más acerca de las biografías de los físicos que trabajaron sobre la luz y sus fenómenos.
2. Consulte el tema “Sombras y Penumbras” y sus aplicaciones.
3. Amplíe sus conocimientos sobre los eclipses de Sol o de Luna, parciales y totales.

DESARROLLE SU ESPÍRITU INVESTIGATIVO ACTUALIZANDO SU INFORMACIÓN DE MANERA ORGANIZADA Y CONSTANTE.

## ATENCIÓN

Para la próxima guía, el Profesor deberá tener disponible en el CRA o en el laboratorio, los siguientes elementos:

- Fuente Luminosa: Lámpara o linterna.
- Pantallas blanca y negra.
- Disco óptico.
- Espejo plano.
- Espejos esféricos, cóncavos y convexos.
- Banco óptico con sus accesorios.



# ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LA GUÍA

