

RESUMEN

El presente proyecto de graduación es de tipo informático y didáctico y contiene animaciones realizadas en el programa Modellus en el que se aborda tema por tema las unidades didácticas de Ondas, Ondas Electromagnéticas y Óptica Geométrica.

Estas animaciones son de tres categorías, Conceptuales, Ejercitativas y Lúdicas. Las animaciones Conceptuales presentan al estudiante toda la parte teórico-conceptual correspondiente al tema de una manera clara, precisa, amena y directa. Las animaciones Ejercitativas le permiten al estudiante la visualización de ejercicios modelos y propuestos, poniendo de manifiesto de una forma recreada el conocimiento adquirido a través de las animaciones conceptuales. Y por último las animaciones Lúdicas o “juegos didácticos”, que permiten demostrar habilidades de tipo mental y manual ya que las mismas son interactivas.

También, como parte complementaria, hemos elaborado un manual escrito que complementa el aprendizaje, el mismo que, estamos seguras, aportará mucho en la ardua, pero gratificante labor de todos los docentes. Además presentamos un resumen muy operativo acerca del programa informático Modellus para que los potenciales usuarios lo conozcan y aprendan el uso del programa de una manera sencilla. Por último presentamos cada uno de los contenidos con un breve resumen teórico, el listado de animaciones respectivas con una pequeña introducción, una presentación de muestra con su respectiva explicación.

PALABRAS CLAVE

Ondas Electromagnéticas
Frecuencia
Periodo
Longitud de onda
Fase
Velocidad de Fase
Ondas Tridimensionales Planas
Ondas Cilíndricas
Ondas Esféricas
Ecuaciones de Maxwell
Permeabilidad
Permitividad
Espectro Electromagnético
Colores
Irradiancia
Exitancia
Comportamiento Cuántico de la Luz
Cuantos
Gotas Energéticas
Constante de Planck
Vector de Propagación
Flujo Fotónico
Índice de Refracción
Sustancias
Ecuaciones de Fresnel
Reflectancia
Transmitancia
Ley de Snell
Principio de De Fermat
Longitud de Trayectoria Óptica
Reflexión y Refracción de la Luz
Frentes de Onda
Fenómenos de Refracción
Propagación

Interfases
Espejos Planos
Campo Objeto
Campo Imagen
Reales
Virtuales
Aumento Transversal
Eje Óptico
Objeto
Espejos Esféricos
Zona Paraxial
Espejos Paraboloidales
Rayo
Refracción en Interfases Esféricas
Distancia Objeto
Distancia Imagen
Convención de Signos
Superficies Refractoras
Lentes Delgadas Simples
Convergentes
Divergentes
Centro Óptico
Sistemas de Lentes Delgadas
Lentes Gruesas
Sistema Óptico
Plano Principal
Puntos Principales
Sistema de Lentes Gruesas
Prismas y Fibras Ópticas
Dispersión
Velocidad de la Luz
Sistemas Ópticos

Í N D I C E

Certificado.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Introducción.....	9
Descripción de cada tema.....	10
Introducción a Modellus.....	13
Presentación.....	24
Ondas Armónicas Unidimensionales.....	25
Fase y Velocidad de Fase.....	32
Ondas Tridimensionales Planas.....	38
Otras Ondas Tridimensionales.....	46
Ecuaciones de Maxwell y Ondas Electromagnéticas.....	53
El Espectro Electromagnético.....	60
Irradiancia.....	66
Comportamiento Cuántico de la Luz.....	71
Índice de Refracción.....	77
Las Ecuaciones de Fresnel.....	84
El Principio de De Fermat.....	92
Reflexión y Refracción de la Luz.....	97
Fenómenos de Refracción.....	102
Espejos Planos.....	107
Espejos Esféricos.....	113
Refracción en Interfases esféricas.....	119
Lentes Delgadas Simples.....	125
Sistema de Lentes Delgadas.....	135
Lentes Gruesas.....	143
Sistema de Lentes Gruesas.....	149
Prismas y Fibras Ópticas.....	155
Sistemas Ópticos.....	162
Conclusiones.....	175
Recomendaciones.....	176
Bibliografía.....	177

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ESPECIALIDAD DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA



**“ONDAS, ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS
Y ÓPTICA GEOMÉTRICA”**

**Tesis previa a la obtención
del título de Licenciadas
en Ciencias de la Educación
en la especialidad de
Matemáticas y Física**

***DIRECTOR:* Dr. ALBERTO SANTIAGO AVECILLAS JARA**

***AUTORAS:* ZOILA ROSA SANTOS CHACHA
VALERIA YADIRA SINCHI PACURUCU**

**CUENCA-ECUADOR
2012**

CERTIFICADO

**Nosotras, Zoila Rosa Santos Chacha y
Valeria Yadira Sinchi Pacurucu,
certificamos que todo el contenido
del presente trabajo es
de exclusiva responsabilidad de las autoras.**

.....

.....

DEDICATORIA

**Primero a Dios, por regalarnos la vida y permitirnos
alcanzar una meta mas en nuestras vidas.**

**A nuestros padres porque siempre estuvieron presentes
apoyándonos en todo momento de una
u otra manera.**

**Con toda la sinceridad y gratitud a todos los maestros
de la carrera de Matemáticas y Física
por su dedicación y paciencia; de manera
especial al Dr. Santiago Avecillas
que nos ha apoyado de una manera desinteresada
para que en este momento este objetivo académico
se cumpla.**

**Gracias al apoyo incondicional de todas
estas personas, hoy nuestro sueño se hace realidad.**

AGRADECIMIENTO

Ante todo queremos dar las gracias a Dios, por darnos la vida, paciencia y sabiduría para cumplir con las metas que nos hemos propuesto a lo largo de nuestra corta vida, fortalecernos en los momentos difíciles, por habernos bendecido con nuestras familias, quienes nos apoyaron en todo momento para poder alcanzar este sueño.

Además queremos dar gracias a todos los profesores por haber compartido con nosotras sus conocimientos y experiencias, las mismas que nos ayudaron a crecer como personas de bien, también queremos agradecer de manera especial al director de nuestra tesis, Dr. Santiago Avecillas Jara, por su apoyo incondicional, sus consejos y sugerencias desde el primer día que iniciamos nuestra carrera universitaria.

Y finalmente queremos agradecer a todos nuestros amigos de aula y compañeros de la especialidad, por haber compartido con nosotras momentos únicos e inolvidables.

INTRODUCCIÓN

“ONDAS, ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS Y ÓPTICA GEOMÉTRICA CON MODELUS” es un proyecto que contiene una guía didáctica con un CD de animaciones, enfocado a los docentes del Área de Física que tengan alcance al mismo, ya que la finalidad de este proyecto es facilitar la enseñanza de la Física y atraer el interés de los alumnos por la misma, de esta manera el proyecto servirá de ayuda para mejorar la educación.

Este proyecto busca desarrollar el interés, capacidades y motricidad del usuario, ya que se ha visto la necesidad de reforzar los conocimientos adquiridos en el aula con un material tecnológico para lograr una mayor comprensión por parte del usuario, por esta razón la utilización de recursos académicos adecuados, aun sin ser reales, sino virtuales, ayudarán al conocimiento y comprensión.

Este proyecto es uno de los tantos recursos académicos virtuales que brindan actividades que atraen el interés en las aulas, con sus animaciones conceptuales, ejercitativas y lúdicas; además esta obra tiene incorporada una guía que sirve como refuerzo con respecto a lo mostrado en estas animaciones.

DESCRIPCIÓN DE CADA TEMA

1.2.1 Ondas Armónicas Unidimensionales: Este tema contiene conceptos y modelos matemáticos correspondientes a las Ondas Electromagnéticas, además presenta ecuaciones de los periodos espaciales y temporales.

1.2.2 Fase y Velocidad de Fase: Aquí podemos encontrar modelos matemáticos correspondientes a la rapidez del cambio de fase respecto al tiempo y distancia, además la velocidad de fase.

1.2.3 Ondas Tridimensionales Planas: Abarca conceptos, características y modelos matemáticos, aquí también podemos encontrar la ecuación diferencial de la Onda Tridimensional, en coordenadas cartesianas, introduciendo el operador Laplaciano y la solución general.

1.2.4 Otras Ondas Tridimensionales: Aquí se muestra modelos matemáticos de las Ondas Cilíndricas, las Ondas Esféricas con sus respectivas solución y su solución general, además se muestra un caso especial que es la Onda Esférica Armónica.

1.2.5 Ecuaciones de Maxwell y Ondas Electromagnéticas: Este tema contiene la tabla de las Ecuaciones de Maxwell en función de los campos \vec{E} o \vec{D} y \vec{H} o \vec{B} , además, el concepto de Ondas Electromagnéticas y valores de permeabilidad magnética y permitividad eléctrica del vacío.

1.2.6 El Espectro Electromagnético: Aquí se desarrolla cada una de las radiaciones del espectro electromagnético con sus respectivas frecuencia, energía y longitud de onda, también se muestra la tabla de colores basado en la longitud de onda y la frecuencia.

1.2.7 Irradiancia: Abarca las características, propiedades y modelos matemáticos de la onda que transmite energía y Momentum, además los conceptos de densidad de flujo radiante y excitancia.

1.2.8 Comportamiento Cuántico de la Luz: Este tema muestra modelos matemáticos como la densidad volumétrica de energía y Momentum lineal, también se indica el valor de la constante de Planck, y la presión de radiación cuando una onda electromagnética incide oblicuamente.

1.2.9 Los Índices de Refracción: Este tema abarca concepto, características y modelos matemáticos, además una tabla de los Índices de Refracción de algunas sustancias en sólidos, líquidos, gases y vapores.

1.2.10 Las Ecuaciones de Fresnel: Aquí se plasma el concepto de reflectancia y transmitancia, así también los modelos matemáticos de la amplitud del coeficiente de reflexión y transmisión, además podemos ver la aplicación de la ley de Snell en algunos modelos matemáticos.

1.2.11 El Principio de De Fermat: Engloba conceptos, características y modelos matemáticos para la anticipación del comportamiento de la luz, poniendo de manifiesto la ecuación de Longitud de Trayectoria Óptica.

2.1.1 Reflexión y Refracción de la Luz: Este tema contiene conceptos, características y ecuaciones de las leyes básicas de la Reflexión y la Refracción.

2.1.2 Fenómenos de Refracción: Contiene modelos matemáticos y conceptos de las Imágenes por refracción del ángulo límite o crítico.

2.1.3 Espejos Planos: Este tema tiene conceptos, modelos matemáticos, además se indica las posiciones del campo objeto, campo imagen y la formación de imágenes en los campos indicado, además se introduce el concepto de aumento transversal.

2.1.4 Espejos Esféricos: Aquí se muestran conceptos, características, modelos matemáticos y los trazos de los rayos principales para la construcción de imágenes en espejos esféricos y los parámetros para los mismos.

2.1.5 Refracción en Interfases Esféricas: Aquí se plasma los modelos matemáticos de la refracción en interfases esféricas, distancia focal objeto e imagen, además se muestra la tabla que contiene la convención de signos para superficies refractoras.

2.1.6 Lentes Delgadas Simples: Contiene conceptos, modelos matemáticos, parámetros y características de las lentes delgadas simples, además se indica el trazo de los tres rayos principales para la ubicación, tamaño y orientación de la imagen formada por lentes delgadas.

2.1.7 Sistemas de Lentes Delgadas: Abarca modelos matemáticos como el aumento transversal total de un sistema de lentes, distancia focal anterior y posterior y las ecuaciones para la potencia de una lente.

2.1.8 Lentes Gruesas: Este tema contiene conceptos, características, y modelos matemáticos de las lentes gruesas, además se muestra las ubicaciones del plano principal y los puntos principales.

2.1.9 Sistema de Lentes Gruesas: Aquí se muestra parámetros y la ecuación de la distancia focal que obedece al convenio de signos, también las ecuaciones de los planos y puntos principales y la ecuación del aumento transversal del sistema.

2.1.10 Prismas y Fibras Ópticas: Este tema incluye conceptos, características, y modelos matemáticos de los prismas y fibras ópticas, además se indica la clasificación de los prismas y la importancia que ha alcanzado la fibra óptica.

2.1.11 Sistemas Ópticas: En este tema se adjunta conceptos, características, modelos matemáticos y se muestran diferentes sistemas en los que se aplican las lentes.

INTRODUCCIÓN A MODELLUS

(Herramienta para la Modelización de Sistemas)

1. Introducción

Modellus es una herramienta orientada a la simulación y modelización de sistemas válida para el estudio de diversas materias dentro de los currícula de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional. Sus autores la han concebido como instrumento de apoyo en el aula y con ese objetivo es que se explica su funcionamiento y uso para profesores y estudiantes.

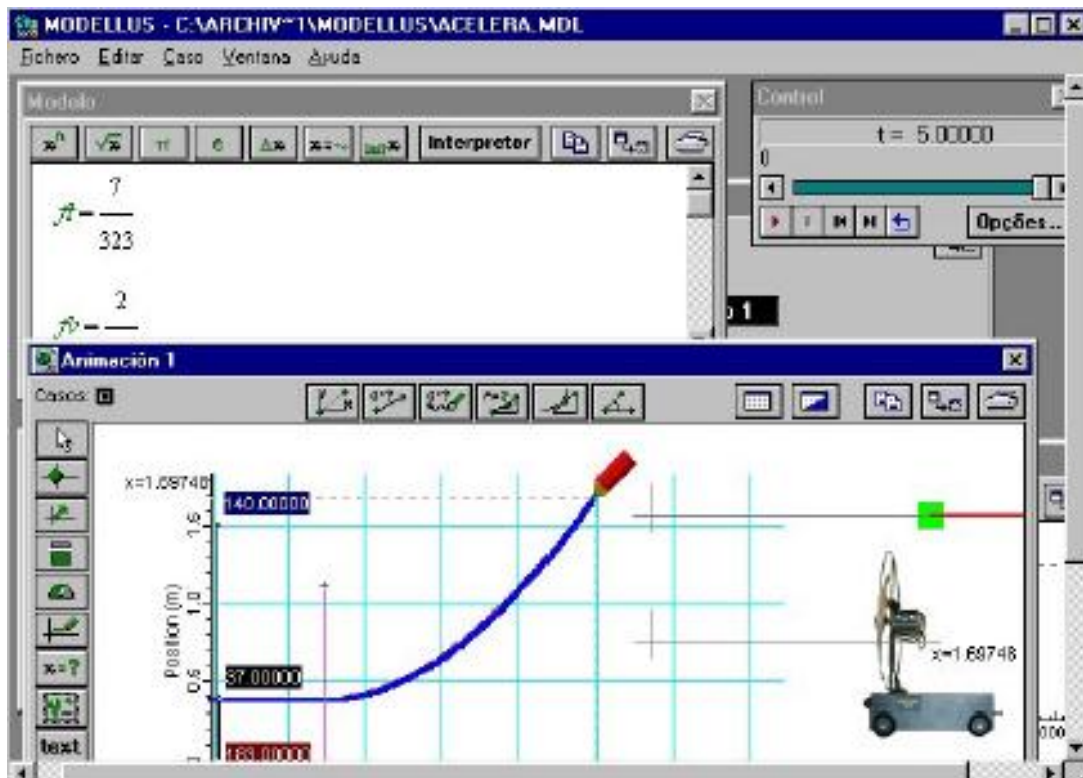
Modelo matemático

Sabemos que los diversos fenómenos que se estudian en las materias del área de ciencias pueden explicarse y representarse mediante su modelo matemático. Este modelo recogerá el comportamiento del sistema tanto en su aspecto temporal (evolución a lo largo del tiempo) como en su aspecto puramente matemático (cálculo de valores). Modellus está orientado a los modelos temporales de tal manera que con él se puede estudiar el comportamiento dinámico de los distintos sistemas. Este comportamiento se podrá estudiar mediante la simulación en distintos escenarios “casos” en cada uno de los cuales cada uno de los parámetros o constantes del modelo pueden ser modificados. Tal sería el caso del estudio de la caída de un cuerpo en distintos planetas del sistema solar con distintas fuerzas de gravedad, o el comportamiento de un muelle con distintas constantes de elasticidad.

La modelización de cualquier fenómeno o sistema se apoya en la observación de los fenómenos que lo caracterizan, razón por la cual, en la medida que podamos reproducir esos fenómenos y experimentar con ellos, podremos comprender con más claridad el modelo. El estudio del modelo se realizará siempre en orden creciente de complejidad de tal forma que en una primera fase se tendrán en cuenta los aspectos más relevantes para posteriormente derivar hacia un modelo más perfecto a través de un método de “refinamiento”. Según lo define uno de sus autores (V. D. Teodoro), Modellus es, bajo el punto de vista computacional, un micromundo computacional para estudiantes y profesores a la vez, basado en un método de programación en el que el usuario escribe en la “Ventana de modelo”.

2. Estructura Básica de Modellus.

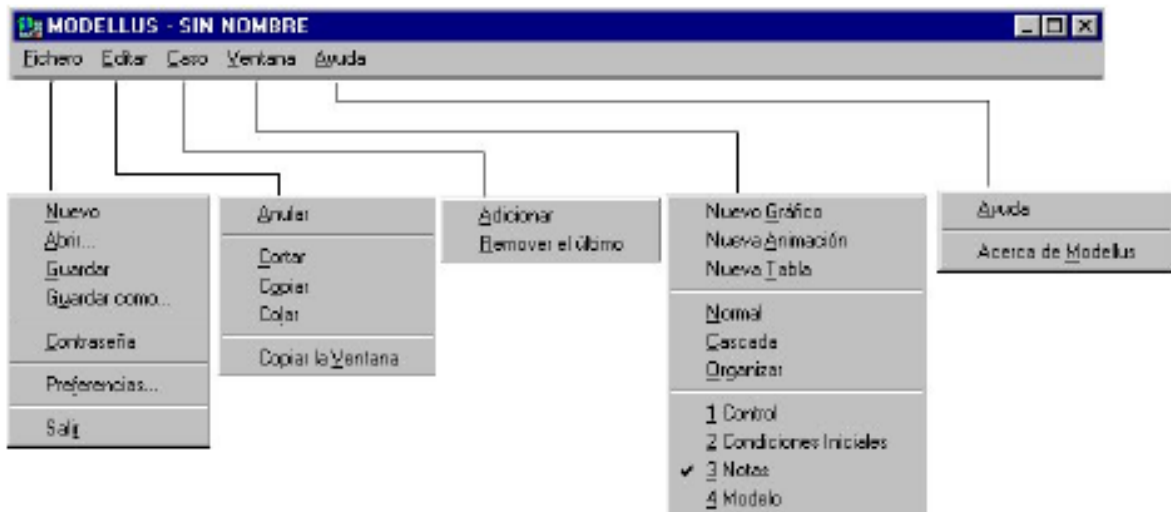
Modellus presenta un entorno muy “amigable” basado en una serie de ventanas, cada una de las cuales recoge o muestra una serie de informaciones muy concretas. En la figura vemos una imagen del entorno; las ecuaciones matemáticas se escriben de la misma manera que lo haría en el papel.



Por ser una aplicación que trabaja en Windows, aprovecha todas las ventajas del entorno y esto facilita su manejo. La versión que explicamos en este trabajo es la V:2.01 de 2000.

Las ventanas permiten la modificación de su tamaño y al activarlas pasan a primer plano colocando en segundo plano a las que estén dentro de su área; del mismo modo las ventanas se pueden mover dentro de la pantalla.

Menú de Modellus:



El menú que presenta el entorno consta de cinco opciones principales:

Fichero
 Editar
 Caso
 Ventana
 Ayuda

Fichero: Con la opción Fichero podemos realizar las siguientes operaciones:

Nuevo: Crear un nuevo modelo.

Abrir: Leer un modelo del disco (ya creado).

Guardar: Guardar modelo en un fichero con el mismo nombre que tenga.

Guardar Como: Grabar un fichero con el nombre que le queramos dar.

Contraseña: Poner una clave al modelo de tal manera que no se puedan modificar los datos de las ventanas de animación y modelo.

Preferencias: Configurar ubicación de ficheros.

Salir: Salir y abandonar el programa.

Editar: Permite las operaciones de edición comunes a cualquier herramienta.

Anular: Anula la última operación de edición realizada

Cortar: Permite cortar el objeto seleccionado y lo coloca en el portapapeles.

Copiar: Copia el objeto seleccionado al portapapeles.

Copiar la Ventana: Copia todo el contenido de la ventana en la que estemos y lo deposita en el portapapeles.

Caso: Esta opción presenta dos posibilidades:

Adicionar: Añade un caso en la ventana de condiciones.

Remove el último: Quita el último de los casos añadidos, téngase en cuenta que al menos debe existir un caso en la ventana de condiciones.

Ventanas: Esta opción presenta las siguientes acciones encaminadas a la creación de ventanas dentro del modelo.

Nuevo Gráfico: Crea una nueva ventana de gráfico.

Nueva Animación: Crea una nueva ventana de animación.

Nueva Tabla: Crea una nueva ventana de tabla.

Normal: Sitúa las ventanas en la pantalla en modo normal

Cascada: Sitúa las ventanas en la pantalla en cascada.

Organizar: Sitúa las ventanas en pantalla de forma organizada.

1 Control: Activamos la ventana de control.

2 Condiciones Iniciales: Activamos la ventana de condiciones iniciales.

3 Notas: Activamos la ventana de notas.

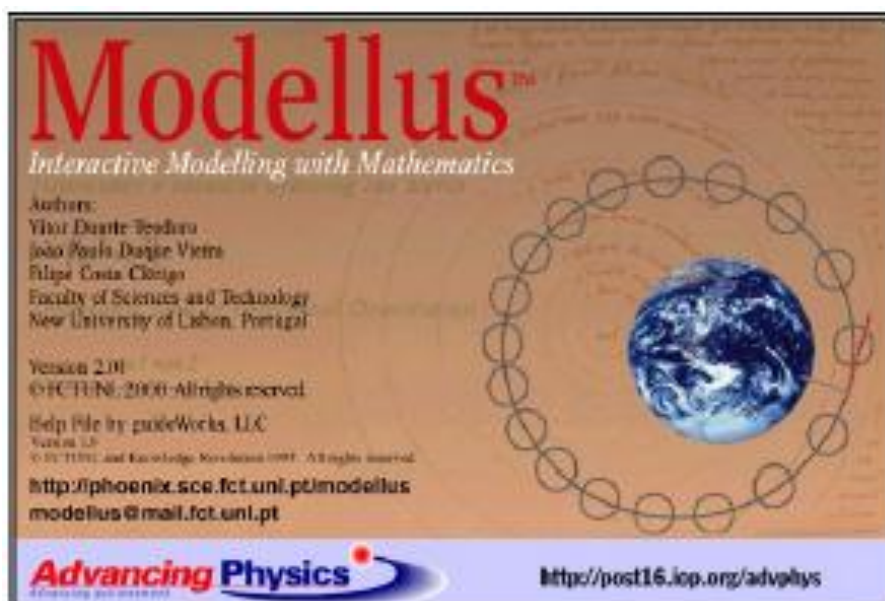
4 Modelo: Activamos la ventana de modelo.

Las ventanas que se van creando aparecerán en esta opción del menú con números consecutivos a partir del 4, téngase en cuenta que las ventanas 1, 2, 3 y 4 no se pueden eliminar.

Ayuda: Muestra las opciones siguientes:

Ayuda: Nos despliega la ventana de ayuda.

Acerca de Modellus: Esta opción nos presenta información sobre el programa



Modellus está estructurado en torno a un conjunto de ventanas sobre las que se escribe o se muestra la información de los modelos que se pretenden simular. Las ventanas son las siguientes:

- Ventana de modelo.
- Ventana de condiciones
- Ventana de animaciones
- Ventana de control
- Ventana de gráficos
- Ventana de tablas

A continuación se estudian estas ventanas, su utilización y contenidos.

2.1. VENTANA DE MODELO: Escritura de las ecuaciones del modelo. Para iniciar el trabajo con Modellus, una vez arrancada la aplicación, debemos ir al menú Modelo (Nuevo) y de esta manera iniciamos la creación de un modelo nuevo.

Lo primero que debemos hacer es escribir las ecuaciones del modelo, y esto lo hacemos en la “ventana de modelo” que aparece en la figura. A la hora de escribir las ecuaciones tenemos que hacerlo observando unas normas básicas en lo que se refiere a la sintaxis. Estas normas son las siguientes:

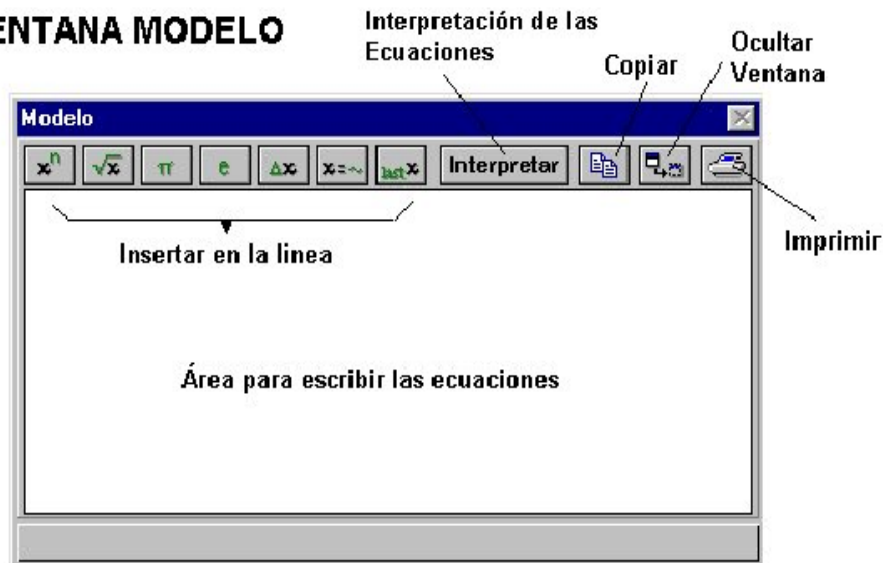
Sintaxis de los modelos:

Modellus soporta ecuaciones algebraicas, diferenciales e iterativas.

Usted puede modelar ecuaciones que van desde las relaciones simples como las líneas rectas y parábolas a los conceptos más complejos como son las ecuaciones de Van der Pol o de Lorentz.

La entrada de un modelo en Modellus es casi como la escritura de ecuaciones matemáticas en el papel.

VENTANA MODELO

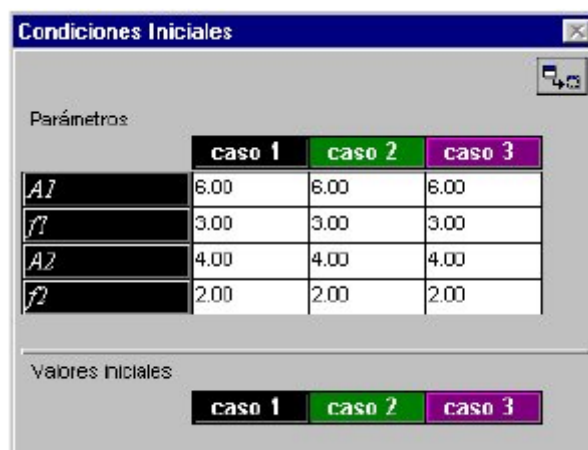


2.2. VENTANA DE CONDICIONES

Cuando se ha escrito el modelo en la correspondiente ventana y se ha pulsado por primera vez el botón interpretar aparecerá la ventana de “condiciones” que se encarga de recoger los valores de los “parámetros” y los “valores iniciales” del modelo en forma de tabla formando parte del “caso 1” que es el primer caso de simulación que Modellus crea por defecto.

Los “parámetros” se podrán modificar en esta misma ventana o también en la ventana de “animación” haciendo uso de algunos de sus objetos como veremos más adelante.

Cada uno de los posibles casos, que nosotros podremos añadir en el estudio del modelo, no son otra cosa que distintos escenarios para aplicar a las mismas ecuaciones. Esto nos permitirá poder estudiar el modelo cambiando a nuestro gusto distintos parámetros.



Si deseamos modificar los parámetros desde la ventana de animación quedará invalidado el valor del parámetro que se coloque en esta ventana. Cada uno de los casos que nosotros establezcamos en la simulación tendrá la posibilidad de verse en la ventana de “animación”; bastará con seleccionarlo de entre los que aparecerán señalados en la parte superior izquierda de la ventana, y esto ocurrirá en las ventanas de “tabla” y “gráfico” teniendo en cuenta que en la ventana de “gráfico” pueden coexistir los gráficos de cada uno de los casos con el fin de poder ver las distintas curvas superpuestas.

2.3. VENTANA DE ANIMACIONES



Una vez que hemos escrito las ecuaciones del modelo, la siguiente operación será diseñar la ventana de animaciones en la que se realizarán las representaciones gráficas de aquellos valores que nos interese ver.


Esta ventana tiene mucho interés de cara a ser el “interface” con el estudiante ya que si se hace buen uso de todas sus posibilidades encontraremos en ella una poderosa herramienta. En la figura vemos la estructura de esta ventana de “animación” mostrando un ejemplo de movimiento de un balón lanzado hacia arriba.



El tamaño y posición de esta ventana, al igual que el resto, se puede modificar colocando el puntero en los bordes y estirando hacia dentro o hacia fuera o manteniendo pulsado y moviendo en el caso de cambiar la posición.

En esta ventana se pueden colocar distintos elementos gráficos que se corresponden con los botones que aparecen en la parte superior. Cada uno de estos elementos se podrá asociar a las variables del modelo y realizar las funciones que correspondan a él de acuerdo a los parámetros que se hayan colocado en su ventana de parámetros asociada. Pasaremos a explicar cada uno de los elementos, así como sus ventanas asociadas.

Los botones de la parte superior  se usan para realizar mediciones sobre las imágenes (GIF o BMP) o videos (AVI), que pueden colocarse en el fondo,  usando el botón de fondo.

El rayado (grid) puede mostrarse u ocultarse mediante el botón . Pulsando sobre el botón de fondo puede definir el espaciado del grid y su color así como el color del fondo de la pantalla.

A continuación se muestra una tabla en la que se puede identificar cada uno de los botones que representan un determinado objeto.

Use esta herramienta.....para añadir:

Partícula



Imagen, bola (partícula), rectángulo, o referencia.

Vector



Vector con o sin flecha resultante o componentes.

Indicador de Nivel



Horizontal o Vertical.

Medidor Analógico



Aguja, reloj, o medidor circulo completo.

Trazador



Realiza el trazado interactivo de líneas o puntos.

Medidor Digital



Medidor digital, mostrado o no el nombre de la Variable.

Importar imagen



Importa imagen en formato BMP o GIF

Texto



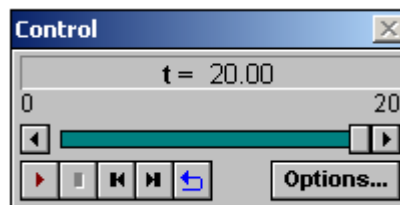
Texto con el color, fuente, estilo y tamaño especificables.

Objeto Geométrico



Líneas y figuras tales como círculos y polígonos.

2.4. VENTANA DE CONTROL



Una vez que hemos diseñado el modelo en la ventana “Modelo” y hemos colocado en la ventana “animaciones los objetos, así como las condiciones y las tablas y gráficos que nos haya parecido bien, se debe pasar a la fase de “simulación”.


En la fase de “simulación” Modellus realizará los cálculos y mostrará los valores de la forma que hayamos previsto. La ventana “Control” es la que permite el control del proceso de simulación.


Los botones de esta ventana sirven para:

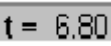
Simular  o detener  la simulación.


Terminar  la simulación.

Reiniciar  el modelo, ir al principio sin perder los valores calculados.

Saltar  al último valor calculado del modelo.

Repetir  la simulación del modelo.

Lee  el actual valor de la variable independiente.

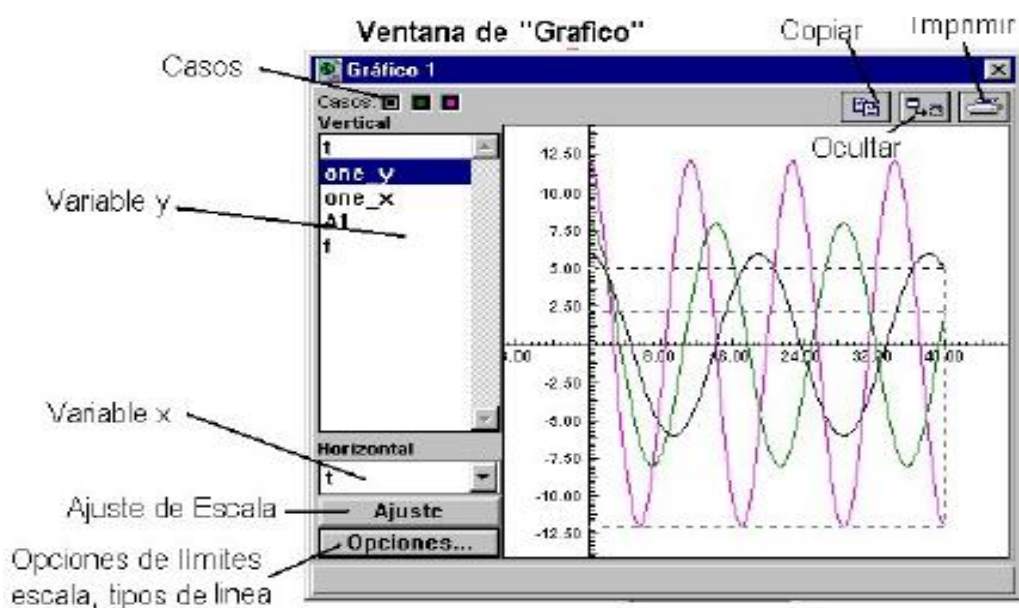
Muestra  el valor actual de la variable independiente y chequea visualmente el progreso de esta variable.

Ir atrás  o adelante  un simple paso.

Acceder a caja de diálogo Opciones...:

2.5. VENTANA DE GRÁFICO

Mediante esta ventana podemos realizar representaciones gráficas en ejes de coordenadas (XY) de las variables que queramos y para los casos que hayamos definido mediante la opción del menú "Casos". En la figura vemos la ventana de "gráficos" y en ella se puede distinguir el área de representación en donde se dibujan los gráficos y a la izquierda aparecen las ventanas de las variables.



2.6. VENTANA DE TABLA

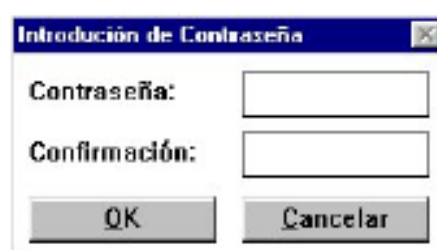
En numerosas aplicaciones será necesario realizar una tabla con los valores de las variables, esta posibilidad nos la brinda la ventana de “tabla” que sencillamente permite la creación de tablas con tantas variables como seleccionemos en la ventana de la izquierda simplemente pulsando las teclas “Control” o “Shift” a la vez que señalamos con el ratón (tecla izquierda) sobre éstas.



2.7. PROTECCIÓN DE LOS TRABAJOS

Mediante la opción Contraseña dentro del menú de “Fichero” podremos conseguir proteger el trabajo, de tal manera que a quien realice las simulaciones solo le estará permitido ver los resultados, pero nunca modificar la ventana “Modelo” o la ventana Animación ni podrá modificar ni crear ventanas de “gráficos” o “tablas”.

Cuando activamos por primera vez ésta opción aparece una ventana como la de la figura en la que se nos pide el Password y la Confirmación, es decir debemos escribir dos veces, una en cada ventana, el password (clave).



PRESENTACIÓN

A partir de este momento iniciamos el estudio con Modellus de las subunidades estructurales “ONDAS, ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS Y ÓPTICA GEOMÉTRICA”, pertenecientes a la Óptica.

Dicho estudio abarca el desarrollo de los veinte y dos temas que fueron descritos anteriormente y cada uno de ellos contiene:

- 1) Logros de aprendizaje;
- 2) Fundamentación teórica, sus gráficas en caso de haberlas y sus ecuaciones matemáticas;
- 3) Problema modelo;
- 4) Evaluación de logros, con las respuestas;
- 5) Listado y descripción por grupos de las animaciones, y
- 6) Animación de muestra con su descripción.

Es necesario indicar que la **animación de muestra** presentada en este trabajo de graduación es sólo un ejemplo de animación por cada tema, puesto que todas las animaciones de las subunidades mencionadas se encuentran en el CD adjunto en formato DVD.

1.2.1 ONDAS ARMÓNICAS UNIDIMENSIONALES

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Identificar el modelo matemático de una onda unidimensional y sus soluciones armónicas.
- 2- Conocer las frecuencias y periodos de una Onda Armónica Unidimensional.
- 3- Resolver correctamente las actividades planteadas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Una onda unidimensional es algún tipo de perturbación de un campo escalar o vectorial que se desplaza con velocidad v a lo largo de una sola dirección. Representaremos tal perturbación con la letra ψ (psi) y supondremos que el movimiento ocurre a lo largo del eje X . En tal caso la ecuación diferencial de la onda unidimensional es simplemente:

$$\boxed{\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}} \quad (1.2.1.1)$$

cuyas soluciones son funciones del argumento $(x \pm vt)$, esto es, funciones de la forma:

$$f(x - vt) \quad \text{y/o} \quad g(x + vt)$$

de tal manera que las soluciones generales tienen la estructura:

$$\boxed{\psi = C_1 f(x - vt) + C_2 g(x + vt)} \quad (1.2.1.2)$$

La ecuación de onda tiene, entre otras, soluciones armónicas muy sencillas descritas por una función seno, o coseno, o exponencial compleja, que representan las versiones más simples de onda. Y aún para ondas de perfiles no armónicos resultan válidas las soluciones armónicas ya que: "Toda forma de onda se puede sintetizar como una superposición de ondas armónicas". La solución sinusoidal armónica de una onda tiene la estructura:

$$\boxed{\psi(x; t) = A \text{Sen} K(x - vt)} \quad (1.2.1.3)$$

que es función de $(x - vt)$. Si en (1.2.1.3) mantenemos constante x o t , la solución se repite periódicamente cada vuelta, de tal manera que la onda es periódica tanto en el espacio como en el tiempo. Por lo tanto, si aumentamos o disminuimos a la

variable espacial x en una cantidad $\pm \lambda$, llamada "período espacial" o "longitud de onda", (longitud necesaria para que se forme un ciclo completo de onda en un instante dado), ψ debe mantenerse inalterada. Así que la ecuación (1.2.1.3) se puede escribir también en la forma:

$$\psi(x;t) = A \text{Sen}K(x - vt) = A \text{Sen}K[(x \pm \lambda) - vt] = A \text{Sen}[K(x - vt) \pm 2\pi]$$

de donde $|K\lambda| = 2\pi$. Por consiguiente:

$$\boxed{K = \frac{2\pi}{\lambda}} \quad (1.2.1.4)$$

la cual representa la "frecuencia cíclica espacial" que se expresa en m^{-1} .

Análogamente, si aumentamos o disminuimos a la variable temporal t en una cantidad $\pm P$, llamada "período temporal", (tiempo que le toma a una onda completa pasar frente a un observador estacionario), ψ debe mantenerse inalterada y la ecuación (1.2.1.3) se puede escribir en la forma:

$$\psi(x;t) = A \text{Sen}K(x - vt) = A \text{Sen}K[x - v(t \pm P)] = A \text{Sen}[K(x - vt) \pm 2\pi]$$

de donde $|KvP| = 2\pi$. Por consiguiente:

$$\boxed{P = \frac{2\pi}{Kv} = \frac{\lambda}{v}} \quad (1.2.1.5)$$

Ya que la "frecuencia temporal" f cumple con la relación $f = 1/P$, entonces de (1.2.1.5) obtenemos:

$$\boxed{v = f\lambda} \quad (1.2.1.6)$$

Hay otras dos cantidades muy utilizadas: la "frecuencia cíclica temporal", ω , y la "frecuencia espacial" o "número de onda", χ , definidas mediante:

$$\boxed{\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{P} = Kv} \quad (1.2.1.7)$$

y:

$$\boxed{\chi = \frac{1}{\lambda}} \quad (1.2.1.8)$$

NOTA:

Si una onda comprende una sola frecuencia se dice que es "monocromática".

Utilizando las cantidades ya conocidas, la ecuación (1.2.1.3) se puede escribir de las siguientes formas:

$$\psi = A \text{Sen} 2\pi \left[\frac{x}{\lambda} \mp \frac{t}{P} \right] \quad (1.2.1.9)$$

$$\psi = A \text{Sen} 2\pi (\chi x \mp ft) \quad (1.2.1.10)$$

$$\psi = A \text{Sen} (Kx \mp \omega t) \quad (1.2.1.11)$$

$$\psi = A \text{Sen} 2\pi f \left[\frac{x}{v} \mp t \right] \quad (1.2.1.12)$$

3) PROBLEMAS MODELO:

1) Una onda armónica en un hilo tiene una amplitud de 0,015 m, una longitud de onda de 2,4 m, y una velocidad de 3,5 m/s. a) Determinar el período, la frecuencia temporal, la frecuencia cíclica temporal y el número de onda. b) Escribir su función de onda tomando la dirección +x como dirección de propagación de la onda.

a) Ya que la velocidad de una onda armónica viene dada por $P = \frac{\lambda}{v}$, el período es:

$$P = \frac{\lambda}{v} = \frac{2,4}{3,5} = 0,69 \text{ s}$$

La frecuencia temporal: $f = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,69} = 1,5 \text{ Hz}$

La frecuencia cíclica temporal: $\omega = \frac{2\pi}{P} = \frac{2\pi}{0,69} = 9,2 \text{ rad/s}$

El número de onda es: $\chi = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{2,4} = 0,42 \text{ m}^{-1}$

b) Haciendo uso de la expresión $\psi(x;t) = A \text{Sen}(Kx - \omega t)$ tenemos:

$$\psi(x;t) = 0,015 \text{Sen} (2,6x - 9,2t)$$

Como la variable x aparece en la expresión con signo opuesto a la variable t , la onda se propaga en la dirección + x.

2) La función de una onda armónica que se mueve en una cuerda es $\psi(x;t) = 0,03 \text{ Sen}(2,2x - 3,5t)$ ¿En qué sentido se propaga esta onda y cuál es su velocidad?

La función de una onda es de la forma $\psi(x;t) = A \text{ Sen}(Kx + \omega t)$. Teniendo en cuenta que $\omega = Kv$, escribir la función de onda en función de $x + vt$.

$$\psi(x;t) = A \text{ Sen}(Kx + \omega t) \text{ y } \omega = Kv, \text{ es decir}$$

$$\psi(x;t) = A \text{ Sen}(Kx + Kvt) = A \text{ Sen}[K(x + vt)]$$

La onda viaja en el sentido de - x

Como la forma de la función de onda es $\psi(x;t) = A \text{ Sen}(Kx - \omega t)$ sabemos cuánto vale A, ω , y K, por lo que lo usaremos para calcular la velocidad:

$$v = \frac{\omega}{K} = \frac{3,5}{2,2} = 1,59 \text{ m/s}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- ¿Qué es una onda unidimensional?

.....

2- La expresión $f(x - vt)$ representa

.....

3- Escriba la estructura de la Solución General de una onda armónica unidimensional:

.....

4- A que llamamos período temporal:

.....

5- Escriba Los modelos matemáticos de:

Frecuencia Temporal

Frecuencia Cíclica

Frecuencia Espacial

.....

6- Anote las 4 formas de escribir la ecuación $\psi(x;t) = A \text{ Sen } K(x - vt)$ conociendo sus parámetros:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- La ecuación que representa la propagación de una onda transversal en una cuerda es $\psi(x;t) = 0,05 \text{ Sen } (10\pi x - 4\pi t)$ compare con la ecuación $\psi(x;t) = A \text{ Sen } (Kx - \omega t)$ y determine sus parámetros.

Resp. a) 0,05 m b) 4π rad/s c) 2 Hz d) 0,04 m/s e) + x

2- Una onda armónica en una cuerda viene dada por la expresión $\psi(x;t) = 0,0068 \text{ Sen } (1,47x - 4,18t)$ ¿Cuáles son a) Su amplitud, b) su frecuencia cíclica temporal, c) su velocidad, d) su longitud de onda, e) su frecuencia, f) su periodo y h) su dirección de propagación.

Resp. a) 0,0068 m. b) 4,18 rad/s c) 2,84 m/s d) 4,27 m e) 0,665 Hz f) 1,50 s h) + i

3- Si tiene la foto de una onda para $t = 0$ cuya configuración tiene la forma $\psi(z;0) = 20 \text{ Sen } (\pi z / 15)$. Si la onda se mueve en la dirección negativa del eje z a la velocidad de 8 m/s. Halle la expresión para la perturbación correspondiente a $t = 5$ s.

Resp. $\psi(z;5) = 20 \text{ Sen } \frac{\pi}{15} (z + 40t)$

4- Escribe la ecuación de una onda armónica unidimensional de 0,2 m de amplitud que avanza en el sentido negativo del eje X con una velocidad de propagación de 8 m/s, si la frecuencia es de 200 Hz.

Resp. $\psi(x;t) = 0,2 \text{ Sen } \left[2\pi \left(\frac{x}{0,04} + \frac{t}{0,005} \right) \right]$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Estas animaciones van enfocadas a manifestar los conceptos de las Ondas Armónicas Unidimensionales, incluyendo sus modelos matemáticos.

OP121C1

OP121C2

OP121C3

OP121C4

b) Ejercitativas: En estas animaciones usted podrá observar paso a paso la resolución de dos ejercicios enfocados al tema estudiado.

OP121E1

OP121E2

c) Lúdicas: Estas dos animaciones permite que el usuario a través de unos pequeños juegos tenga un repaso de todo lo que se ha visto en las animaciones conceptuales y ejercitativas consiguiendo reforzar todos los conocimientos adquiridos.

OP121L1

OP121L2

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



ONDAS ARMÓNICAS UNIDIMENSIONALES

La ecuación de la onda tiene, soluciones armónicas muy sencillas descritas por una función Seno, Coseno o Exponencial Complejo. Siendo la solución Armónica $\Psi(x; t) = A \text{ Sen } K(x - vt)$

Llamamos PERÍODO ESPACIAL O LONGITUD DE ONDA, a la longitud necesaria para que se forme un ciclo completo de onda en un instante dado, de esta manera la función vuelve a tener los mismos valores y se la representa mediante: $\pm \lambda$

Su ecuación se escribe: $\Psi(x; t) = A \text{ Sen } [K(x - vt) \pm 2\pi]$

donde $K = \frac{2\pi}{\lambda}$

Representa LA FRECUENCIA CÍCLICA ESPACIAL.

Conocemos como PERÍODO TEMPORAL $\pm P$ al tiempo que le toma a una onda completa pasar frente a un observador estacionario, volviéndose a repetir la función. Su ecuación se escribe: $P = \frac{2\pi}{Kv} = \frac{\lambda}{v}$

Pulse comenzar y estudie más acerca de las Ondas Armónicas Unidimensionales.

Descripción: La animación aquí plasmada es de tipo conceptual la cual indica los conceptos de el período espacial y el período temporal y los modelos matemáticos de cada uno de ellos, además se incluye la solución armónica de la ecuación de una onda y los modelos matemáticos de cada uno.

1.2.2 FASE Y VELOCIDAD DE FASE

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Analizar los conceptos dados de acuerdo al tema.
- 2- Aplicar estos conceptos en la resolución de las actividades.
- 3- Trabajar mancomunadamente en grupo.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

El argumento completo de la función seno, coseno o exponencial compleja de la solución de una onda, tal como la ecuación (1.2.1.11) se llama "fase" ϕ de la onda:

$$\phi = Kx - \omega t$$

que realmente es un caso especial y ocurre cuando $\psi(0; 0) = 0$, esto es, cuando $x = t = 0$. Sin embargo, de manera más general, la ecuación (1.2.1.11) se puede escribir en la forma:

$$\psi(x; t) = A \text{Sen}(Kx - \omega t + \varepsilon)$$

en donde ε es la fase inicial; por lo tanto la fase ϕ de la onda es:

$$\boxed{\phi = Kx - \omega t + \varepsilon} \quad (1.2.2.1)$$

La rapidez del cambio de la fase con el tiempo, manteniendo x constante es:

$$\left[\frac{\partial \phi}{\partial t} \right]_x = \omega$$

La rapidez del cambio de la fase con la distancia, manteniendo t constante es:

$$\left[\frac{\partial \phi}{\partial x} \right]_t = K$$

Utilizando el teorema de la ciclicidad de la teoría de derivadas parciales tenemos:

$$\left[\frac{\partial x}{\partial t} \right]_{\phi} = - \frac{\left[\frac{\partial \phi}{\partial t} \right]_x}{\left[\frac{\partial \phi}{\partial x} \right]_t} = \pm \frac{\omega}{K}$$

$$\left[\frac{\partial x}{\partial t} \right]_{\phi} = \pm v \quad (1.2.2.2)$$

Ésta es la rapidez con la cual el perfil se mueve y se conoce como la "velocidad de fase".

3) PROBLEMAS MODELO:

1) Una frecuencia de 440 Hz se desplaza en el sentido positivo de las x. Calcule a) ¿Cuánto varia su fase en un tiempo de 0,03 s?. b) La diferencia de fase en grados entre dos puntos separados 4,4 cm.

a) En $t_1 = 0$ y $t_2 = 0,03$ s tenemos:

$$\Delta\phi = \phi(t_2) - \phi(t_1)$$

Por lo que:

$$\Delta\phi = (Kx - \omega t_2 + \varepsilon) - (Kx - \omega t_1 + \varepsilon)$$

$$\Delta\phi = \omega(t_2 - t_1)$$

$$\Delta\phi = 2\pi f(t_2 - t_1)$$

$$\Delta\phi = 2\pi(440)(0,03 - 0)$$

$$\Delta\phi = 82,938 = 13 \text{ ciclos}$$

b) Tenemos un Δx conociendo que $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$ y $\Delta\phi = \Delta t \cdot \omega$

Combinamos y obtenemos:

$$\Delta\phi = \frac{\Delta x \cdot \omega}{v} = \frac{\Delta x(2\pi f)}{v} = \frac{0,044(2\pi)(440)}{345}$$

$$\Delta\phi = 0,35 = 20^\circ$$

2) La ecuación de una onda es $y = 0,02 \text{Cos}(4\pi t - 2\pi x)$ estando y & x expresadas en metros y t en segundos. Halle la fase inicial de esta onda.

La ecuación de una onda que se propaga en dirección positiva del eje X es:

$$\psi(x; t) = A \text{Sen}(Kx - \omega t + \varepsilon)$$

Por trigonometría decimos que: $\text{Cos}\alpha = \text{Cos}(-\alpha)$ por lo tanto tenemos:

$$y = 0,02 \text{Cos}(-4\pi t + 2\pi x)$$

$$y = 0,02 \text{Cos}(2\pi x - 4\pi t)$$

En trigonometría por comparación tenemos: $\text{Cos } \alpha = \text{Sen} \left(\alpha + \frac{\pi}{2} \right)$ obteniendo:

$$y = 0,02 \text{Cos} \left(2\pi x - 4\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Por comparación tenemos que:

$$\varepsilon = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- A que llamamos fase

2- ¿Qué representa ε ?.....

3- Escriba el modelo matemático de la fase:

.....

4- Describa el siguiente modelo matemático $\left[\left[\frac{\partial \phi}{\partial x} \right] \right]_t = K$:

.....

5- Escriba la ecuación de la velocidad de fase:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Un foco puntual realiza un movimiento periódico representado por la ecuación

$y = 4 \text{Cos} \left(\frac{2\pi}{240} x - \frac{2\pi}{6} t \right)$. Determine a) La diferencia de fase para dos posiciones de la

misma partícula cuando el intervalo de tiempo transcurrido es 1 s. b) La diferencia de fase en un instante dado de dos partículas separadas 210 cm.

Resp. a) 30° b) 31°

2- Una onda sinusoidal que viaja en la dirección positiva x tiene una amplitud de 15 cm, el desplazamiento de la onda en $t = 0$ y $x = 0$ es 15 cm. Determine la fase inicial en radianes.

Resp. a) $\pi/2$ rad

3- La velocidad de propagación de la onda es de 330 m/s y su frecuencia es 1 000 Hz. Calcule a) La diferencia de fase para dos posiciones de una misma partícula que se presenta en intervalos de tiempo separados de 0,0005 s. b) La diferencia de fase en un determinado instante entre dos partículas que distan entre sí 2,75 cm.

Resp. a) π rad b) $\pi/6$ rad

4- Las ecuaciones de dos ondas dadas por: $y_1(x,t) = 4\text{Sen } 2\pi(0,5x+4t)$ & $y_2(x,t) = 6\text{Sen}(4\pi x - 5\pi t)$. Calcule en cada caso la velocidad de fase.

Resp. a) 8 m/s b) $5/4$ m/s

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Estas animaciones manifiestan los conceptos de la Fase y Velocidad de Fase con sus modelos matemáticos respectivos.

OP122C1

OP122C2

b) Ejercitativas: Aquí se ha plasmado dos ejercicios aplicando los conceptos y los modelos matemáticos estudiados anteriormente, se podrá observar paso a paso la resolución de los mismos.

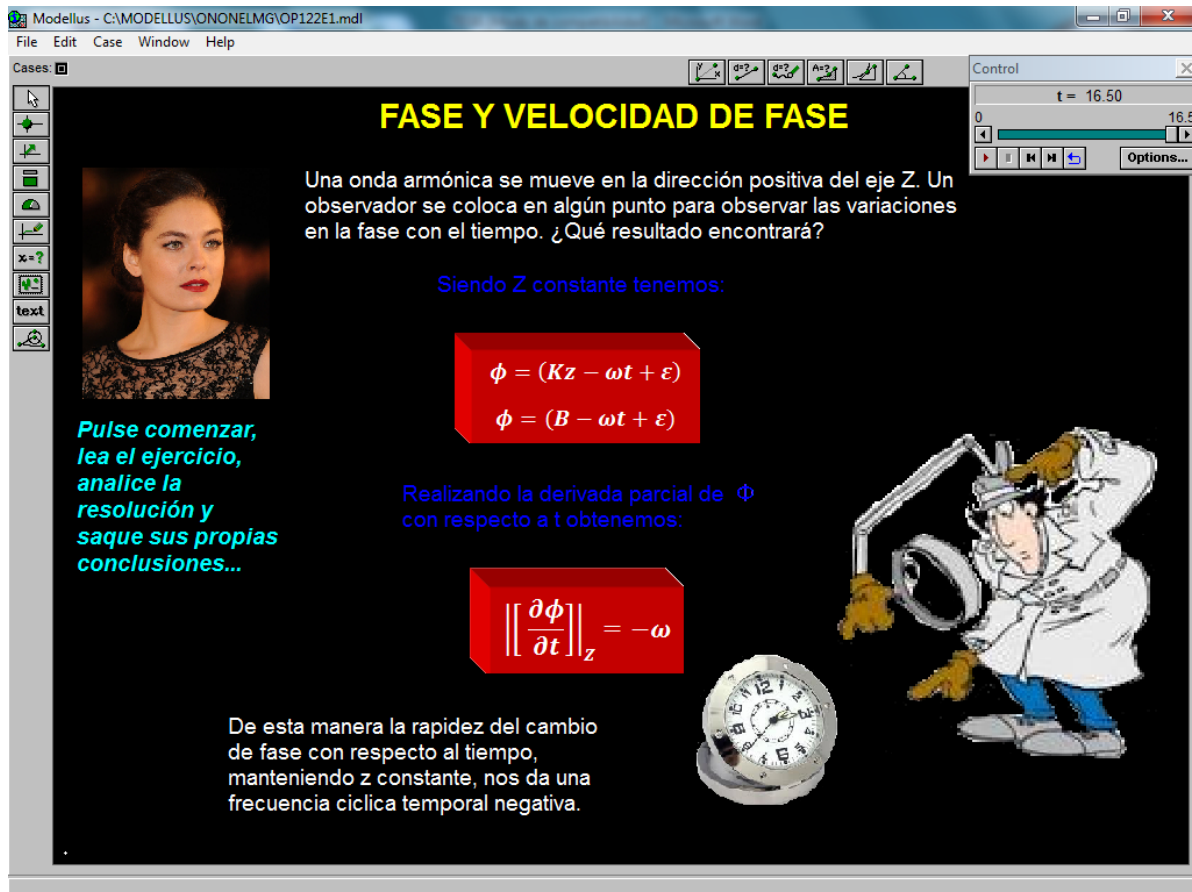
OP122E1

OP122E2

c) Lúdica: En esta animación se reforzara todos los conocimientos vistos mediante un pequeño juego interactivo en el que podrá poner a prueba lo estudiado.

OP122L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



Modellus - C:\MODELLUS\ONONELMG\OP122E1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: [icon]

Control

t = 16.50

0 16.5

Options...

FASE Y VELOCIDAD DE FASE

Una onda armónica se mueve en la dirección positiva del eje Z. Un observador se coloca en algún punto para observar las variaciones en la fase con el tiempo. ¿Qué resultado encontrará?

Siendo Z constante tenemos:

$$\phi = (Kz - \omega t + \epsilon)$$

$$\phi = (B - \omega t + \epsilon)$$

Realizando la derivada parcial de Φ con respecto a t obtenemos:

$$\left[\left[\frac{\partial \phi}{\partial t} \right] \right]_z = -\omega$$

De esta manera la rapidez del cambio de fase con respecto al tiempo, manteniendo z constante, nos da una frecuencia cíclica temporal negativa.

Pulse comenzar, lea el ejercicio, analice la resolución y saque sus propias conclusiones...

Control panel showing t = 16.50 and a progress bar from 0 to 16.5.

Illustration of a scientist in a white lab coat and blue pants, holding a magnifying glass and a clock.

Descripción: Esta animación nos muestra claramente la resolución de un ejercicio, en el que podremos aplicar los conceptos y modelos matemáticos de fase y velocidad de fase ya estudiados, además podremos leer la conclusión a la que llegamos al terminar nuestra resolución.

1.2.3 ONDAS TRIDIMENSIONALES PLANAS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Demostrar que los modelos matemáticos están de acuerdo a la realidad física analizada.
- 2- Exponer gráficos de una situación donde se aplica lo estudiado.
- 3- Aplicar lo estudiado para resolver las actividades propuestas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

La onda plana es el ejemplo más simple de una onda tridimensional. Se la puede visualizar como un conjunto infinito de planos paralelos muy próximos entre sí, que a la vez son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda que es rectilínea. De este modo cada plano tiene asociado un valor concreto, pero instantáneo, de perturbación $\psi(r; t)$.

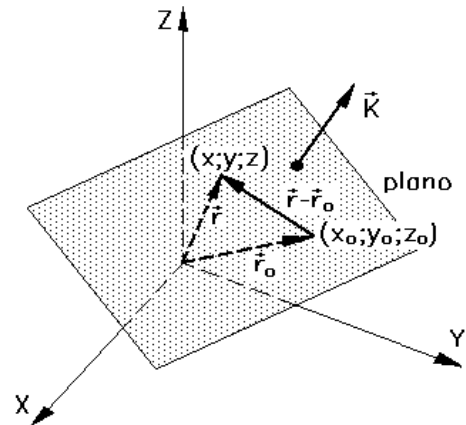


Figura 1.2.3.1

La expresión matemática vectorial para un plano perpendicular a un vector dado \vec{K} que pasa por un punto $(x_0; y_0; z_0)$, figura 1.2.3.1, es:

$$(\vec{r} - \vec{r}_0) \cdot \vec{K} = 0 \quad \text{o} \quad \vec{K} \cdot \vec{r} = a = \text{constante}$$

Recordemos que el plano es el lugar geométrico de todos los puntos, cuyos vectores posición proyectados sobre la dirección \vec{K} dan el vector constante \vec{r}_K . Podemos construir un conjunto de planos sobre los cuales $\psi(r)$ varía armónicamente según:

$$\psi(r) = A \text{Sen}(\vec{K} \cdot \vec{r}) \quad (\text{a})$$

$$\psi(r) = A \text{Cos}(\vec{K} \cdot \vec{r}) \quad (\text{b})$$

$$\psi(r) = A e^{i(\vec{K} \cdot \vec{r})} \quad (\text{c})$$

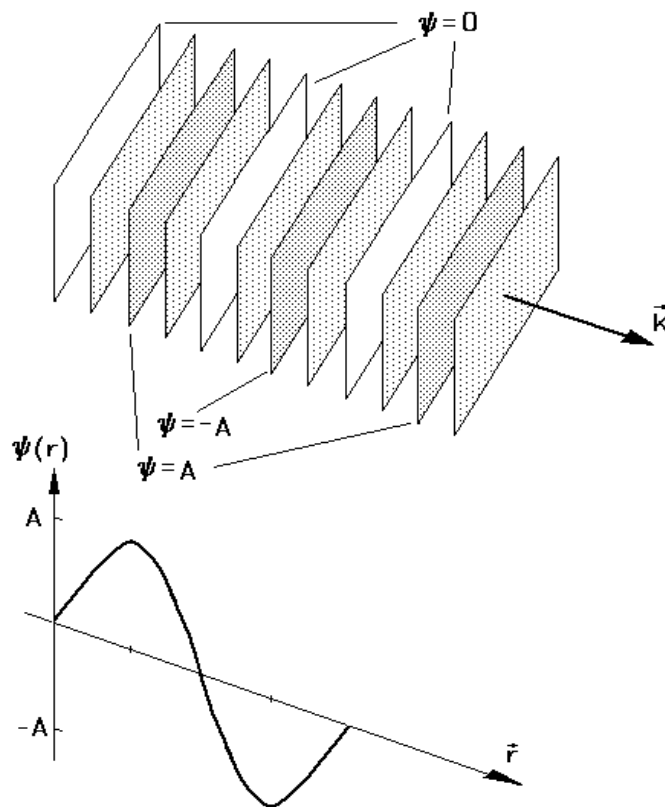
Para cada una de estas expresiones, $\psi(r)$ es constante sobre toda la extensión geométrica del plano definido por la expresión $\vec{K} \cdot \vec{r} = \text{constante}$. Ya que estamos manejando funciones armónicas, éstas se deben repetir a sí mismas en el espacio tras desplazamientos λ en la dirección del vector \vec{K} . La figura 1.2.3.2 es una representación de esta cuestión. La naturaleza espacialmente repetitiva de estas funciones armónicas se puede expresar mediante:

$$\psi(r) = \psi[\vec{r} + \lambda \vec{u}_K]$$

en donde $\vec{u}_K = \frac{\vec{K}}{K}$ es el vector unitario en la dirección \vec{K} . Entonces, utilizando la forma exponencial, ecuación (c), se tiene:

$$Ae^{i(\vec{K} \cdot \vec{r})} = Ae^{i\vec{K}(\vec{r} + \lambda \vec{u}_K)} = Ae^{i(\vec{K} \cdot \vec{r})} e^{iK\lambda}$$

Pero para que esto sea cierto debe cumplirse que $e^{iK\lambda} = e^{i2\pi} = 1$, lo cual es efectivamente así, de tal manera que $K\lambda = 2\pi$ y por lo mismo $K = \frac{2\pi}{\lambda}$. El vector \vec{K} , cuya magnitud K es la conocida "frecuencia cíclica espacial", se llama con justa razón "vector de propagación", puesto que la onda avanza en la dirección de \vec{K} .



F i g u r a 1 . 2 . 3 . 2

En cualquier punto fijo del espacio, en donde r es constante, la fase y $\psi(r)$ también lo son, de modo que los planos están inmóviles y no corresponden a ninguna perturbación u onda. Para ponerlos en movimiento debemos incluir la dependencia temporal en la forma:

$$\psi(r; t) = Ae^{i(\vec{K} \cdot \vec{r} \mp \omega t)} \quad (1.2.3.1)$$

De este modo se obtiene al fin una "onda" moviéndose con velocidad \vec{v} cuya magnitud es:

$$\frac{dr_K}{dt} = \pm \frac{\omega}{K} = \pm v$$

La solución armónica de la onda plana se escribe en coordenadas cartesianas como:

$$\psi(x; y; z; t) = Ae^{i(K_x x + K_y y + K_z z - \omega t)} \quad (1.2.3.2)$$

o:

$$\psi(x; y; z; t) = Ae^{iK(\text{Cos}\alpha x + \text{Cos}\beta y + \text{Cos}\gamma z - vt)} \quad (1.2.3.3)$$

en donde $\text{Cos } \alpha$, $\text{Cos } \beta$ y $\text{Cos } \gamma$ son los cosenos directores de \vec{K} .

ECUACIÓN DIFERENCIAL DE LA ONDA TRIDIMENSIONAL

La ecuación diferencial de la onda tridimensional en coordenadas cartesianas tiene la forma:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (1.2.3.4)$$

en donde x , y , z aparecen en forma simétrica. Introduciendo el operador laplaciano:

$$\text{lap} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

la ecuación anterior se convierte en:

$$\text{lap} \psi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (1.2.3.5)$$

cuyas soluciones son funciones de las siguientes formas:

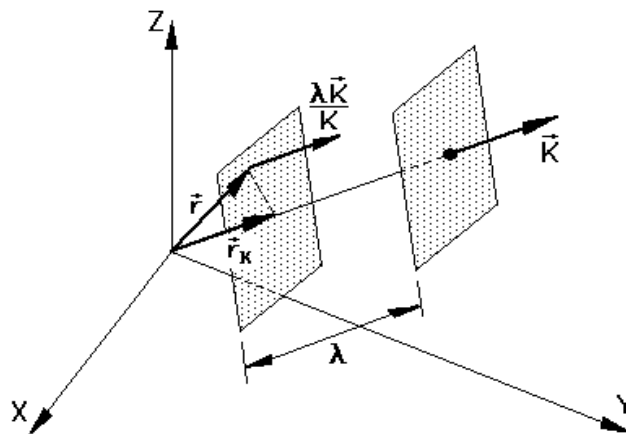
$$\psi(x; y; z; t) = f(\cos \alpha x + \cos \beta y + \cos \gamma z - vt)$$

$$\psi(x; y; z; t) = g(\cos \alpha x + \cos \beta y + \cos \gamma z + vt)$$

y cuya solución general es de la forma:

$$\boxed{\psi(\vec{r}; t) = C_1 f(\vec{r} \cdot \vec{u}_K - vt) + C_2 g(\vec{r} \cdot \vec{u}_K + vt)} \quad (1.2.3.6)$$

en donde C_1 y C_2 son constantes arbitrarias.



F i g u r a 1 . 2 . 3 . 3

3) PROBLEMA MODELO:

1) Conociendo que $\vec{K} \cdot \vec{r} = \text{constante}$ tiene un plano en \vec{K} y pasa por el punto $(x_0; y_0; z_0)$. Determine la forma de la constante y escriba la función de onda armónica en coordenadas cartesianas.

La expresión matemática vectorial para un plano perpendicular es:

$$(\vec{r} - \vec{r}_0) \cdot \vec{K} = 0$$

Sustituiremos por sus equivalentes:

$$[(x - x_0)\vec{i} + (y - y_0)\vec{j} + (z - z_0)\vec{k}] \cdot [K_x\vec{i} + K_y\vec{j} + K_z\vec{k}] = 0$$

$$(x - x_0)K_x + (y - y_0)K_y + (z - z_0)K_z = 0$$

$$xK_x + yK_y + zK_z = x_0K_x + y_0K_y + z_0K_z$$

Sabiendo que $\vec{K} \cdot \vec{r} = \vec{K} \cdot \vec{r}_0$ es constante tenemos:

$$\psi(r; t) = A \text{Sen}(\vec{K} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

Obteniendo en coordenadas cartesianas:

$$\psi(x; y; z; t) = A \text{Sen}(xK_x + yK_y + zK_z - \omega t)$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- ¿Cómo se puede visualizar a una onda tridimensional plana?.....

.....

2- ¿Qué representa $(\vec{r} - \vec{r}_0) \cdot \vec{K} = 0$?.....

3- Escriba los tres planos sobre los cuales $\psi(r)$ varía armónicamente:

.....

4- La ecuación $\vec{K} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{\mu}$ representa:

5- Escribir la solución armónica de la onda plana en coordenadas cartesianas:

.....

6- ¿Cuál es la forma de la ecuación diferencial de una onda tridimensional en coordenadas cartesianas:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Una onda armónica plana de longitud λ que se propaga con velocidad v en la dirección dada por el vector $(\vec{i} + \vec{j})/\sqrt{2}$ en coordenadas cartesianas. Hallar la expresión para la función de onda.

Resp. $\psi(r; t) = A \text{Sen} \left[\frac{K}{\sqrt{3}}x + \frac{K}{\sqrt{3}}y - \omega t \right]$

2- Halle la dirección de propagación de la onda

$$\psi(x; y; z; t) = A \text{Sen} \left(\frac{5K}{\sqrt{28}}x - \frac{8K}{\sqrt{28}}y + \frac{3K}{\sqrt{28}}z - \omega t \right).$$

Resp. $\vec{\mu}_K = \frac{5}{\sqrt{28}}\vec{i} - \frac{8}{\sqrt{28}}\vec{j} + \frac{3}{\sqrt{28}}\vec{k}$

3- Halle la expresión de una onda plana armónica para la cual $K = 2\pi/\lambda$ y

$$\vec{u}_K = \frac{5\vec{i} + 3\vec{j} - 8\vec{k}}{\sqrt{64}}.$$

Resp. $\psi(r; t) = A \text{Sen} (5x + 3y - 8z - \omega t)$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Estas animaciones nos muestran los conceptos relacionados con las Ondas Tridimensionales Planas además de los modelos matemáticos. Dentro de estas animaciones también podremos encontrar la Ecuación diferencial de la onda tridimensional con su respectiva explicación.

OP123C1

OP123C2

OP123C3

OP123C4

OP123C4

b) Ejercitativas: En estas animaciones encontraremos dos ejercicios modelos relacionado con el tema, resueltos paso a paso, además podrá observar la aplicación de los modelos matemáticos en la resolución de problemas.

OP123E1

OP123E2

c) Lúdica: Esta animación está enfocada a un juego interactivo en el cual podrá reforzar los conocimientos adquiridos, de una manera práctica y divertida.

OP123L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



ONDAS TRIDIMENSIONALES PLANAS

Podemos construir un conjunto de planos sobre los cuales $\Psi(\mathbf{r})$ varía armónicamente según:

Vector Unitario en dirección \vec{k}

Vector de Propagación

Frente de Onda moviendose con una velocidad \vec{v}

Al introducir el operador Laplaciano, la ecuación de la onda tridimensional se convierte en:

Pulse comenzar y utilice las caritas para emparar el enunciado con su correspondiente modelo matemático, tiene 20 segundos. Buena suerte...

$\vec{u}_k = \frac{\vec{K}}{K}$

$\frac{dr_K}{dt} = \pm \frac{w}{K} = \pm v$

$\Psi(\mathbf{r}) = Ae^{i(\vec{K}\cdot\vec{r})}$

$\text{lap } \Psi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$

$\vec{K} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{u}$

Descripción: Esta animación de de tipo Lúdica, donde el usuario puede reforzar lo aprendido de una manera divertida, este juego consiste en llevar cada miembro de la familia Simpson con su concepto a la ecuación correspondiente, después de haber transcurrido 20 segundos, saldrá las respuestas correctas.

1.2.4 OTRAS ONDAS TRIDIMENSIONALES

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Analizar los modelos matemáticos correspondiente a las Ondas Cilíndricas y Ondas Esféricas.
- 2- Realizar gráficos de una Onda Cilíndrica y una Onda Esférica.
- 3- Resolver las actividades planteadas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

ONDAS CILÍNDRICAS

El laplaciano de ψ en coordenadas cilíndricas es:

$$\text{lap } \psi = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left[R \frac{\partial \psi}{\partial R} \right] + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}$$

Puesto que vamos a tratar con ondas que tienen simetría cilíndrica, desaparecen las dependencias con respecto a ϕ y a z , de modo que la forma que adopta la ecuación de onda es simplemente:

$$\boxed{\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left[R \frac{\partial \psi}{\partial R} \right] = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}} \quad (1.2.4.1)$$

que es una expresión particular de la ecuación diferencial de Bessel. Para ondas armónicas, las soluciones asintóticas, esto es para grandes valores de R , toman la forma:

$$\boxed{\psi(R; t) = \frac{A}{\sqrt{R}} e^{iK(R \pm vt)}} \quad (1.2.4.2)$$

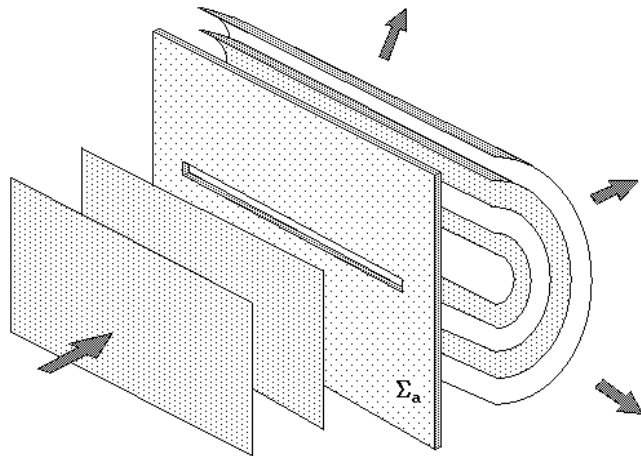
o:

$$\boxed{\psi(R; t) = \frac{A}{\sqrt{R}} \text{Sen } K(R \pm vt)} \quad (1.2.4.3)$$

en donde A representa la “amplitud de la onda” medida a 1 m de distancia de la

fente lineal. Las ecuaciones anteriores representan un conjunto de cilindros circulares coaxiales que llenan el espacio y que viajan hacia una fuente lineal infinita o se alejan de ella.

Una onda plana que incide sobre una pantalla que tiene una rendija angosta y larga producirá en el otro lado un tren de ondas cilíndricas, como se ve en la figura 1.2.4.1.



F i g u r a 1 . 2 . 4 . 1

ONDAS ESFÉRICAS

Consideremos una fuente puntual ideal de ondas. La radiación que emana de ella fluye radialmente hacia afuera, uniformemente en todas direcciones. Se dice que la fuente es isotrópica cuando los frentes de onda son esferas concéntricas con diámetros crecientes que se expanden en el espacio que las rodea. La simetría de los frentes de onda sugiere utilizar el laplaciano en coordenadas esféricas; esto es:

$$\text{lap } \psi = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2 \text{Sen } \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\text{Sen } \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right] + \frac{1}{r^2 \text{Sen}^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2}$$

Puesto que estamos tratando con ondas con simetría esférica, las dependencias de θ y de ϕ desaparecen y el laplaciano se reduce a:

$$\text{lap } \psi = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right] = \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r}$$

Este resultado se puede expresar también en la forma:

$$\text{lap } \psi = \frac{1}{r} \frac{\partial^2 (r\psi)}{\partial r^2}$$

con lo que la ecuación diferencial de onda se puede escribir como:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial^2 (r\psi)}{\partial r^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

y, finalmente, multiplicando ambos lados por r tenemos:

$$\boxed{\frac{\partial^2 (r\psi)}{\partial r^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 (r\psi)}{\partial t^2}} \quad (1.2.4.4)$$

cuyas soluciones son de las formas:

$$\psi(r; t) = \frac{f(r - vt)}{r}$$

y:

$$\psi(r; t) = \frac{g(r + vt)}{r}$$

La solución general es:

$$\boxed{\psi(r; t) = \frac{C_1}{r} f(r - vt) + \frac{C_2}{r} g(r + vt)} \quad (1.2.4.5)$$

Un caso especial es la onda esférica armónica que se expresa mediante:

$$\boxed{\psi(r; t) = \frac{A}{r} \text{Sen } K(r \pm vt) = \frac{A}{r} e^{iK(r \pm vt)}} \quad (1.2.4.6)$$

en donde A es la "amplitud de la onda" medida a 1 m de distancia de la fuente puntual.

Para cualquier valor fijo del tiempo, esto representa una agrupación de esferas concéntricas que llenan el espacio, y cuyos frentes de onda están dados por $Kr = \text{constante}$.

La amplitud de cualquier onda esférica es función de r^{-1} , que hace las veces de atenuador de la amplitud, lo cual es una consecuencia directa de la ley de conservación de la energía.

3) PROBLEMA MODELO:

1) Determine los parámetros correspondientes a la onda:

$$\psi(r; t) = \frac{0,05}{r} \text{Sen} (250r - 750t - \pi/3).$$

Identifiquemos los valores propuestos en nuestra ecuación siendo estos:

Amplitud: 0,05 m

Frecuencia Cíclica temporal: 750 rad/s

Frecuencia Cíclica espacial: 250 m^{-1}

En base a estos datos seguiremos encontrando los parámetros que faltan:

Frecuencia Temporal: $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{750}{2\pi} = \frac{375}{\pi} \text{ Hz}$

Frecuencia Espacial: $\chi = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\frac{2\pi}{K}} = \frac{K}{2\pi} = \frac{250}{2\pi} = \frac{125}{\pi}$

Periodo Temporal: $P = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{750} = \frac{\pi}{375} \text{ s}$

Periodo espacial: $\lambda = \frac{2\pi}{K} = \frac{2\pi}{250} = \frac{\pi}{125}$

Velocidad de la onda: $v = \frac{2\pi}{KP} = \frac{2\pi}{250(\pi/375)} = 3 \text{ m/s}$

Fase inicial: $\varepsilon = -\frac{\pi}{3}$

La dirección de propagación de esta onda es +r.

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- A la ecuación $\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left[R \frac{\partial \psi}{\partial R} \right] = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$ es una expresión particular de:.....

.....

2- Manifieste otras dos ondas tridimensionales:

3- ¿Cuáles son las soluciones asintóticas para grandes valores de R?

.....

4- A que llamamos ondas esféricas:

.....

5- La solución general de una onda esférica es:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Escriba la ecuación de una onda esférica de amplitud 3 y cuyos periodos son 0,4 m & 0,04 s.

Resp. $\psi(r;t) = \frac{3}{r} \text{Sen}(5\pi r - 50\pi t)$

2- Determine los parámetros correspondientes a la onda

$$\psi(R;t) = \frac{0,3}{\sqrt{R}} \text{Sen}(14R - 110t + \pi/4).$$

Resp. a) 0,3 m b) 110 rad/s c) 14 m⁻¹ d) $\frac{55}{\pi}$ e) $\frac{7}{\pi}$ f) $\frac{\pi}{55}$ g) $\frac{\pi}{7}$

h) 7,85 m/s i) $\frac{\pi}{4}$ j) +R

3- Encuentre la ecuación de una onda cilíndrica de amplitud 5 y cuyo periodo es 0,8 m y su velocidad 3 m/s.

Resp. $\psi(R;t) = \frac{5}{\sqrt{R}} \text{Sen}(2,5\pi R - 7,5\pi t).$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En estas animaciones se puede encontrar los conceptos, modelos matemáticos y gráficos que explican claramente lo que es un Onda Cilíndrica y una Onda Esférica.

OP124C1

OP124C2

OP124C3

b) Ejercitativas: Estas dos animaciones contiene la resolución de dos ejercicios, donde se resuelve paso a paso y además se aplica los modelos matemáticos necesarios.

OP124E1

OP124E2


c) Lúdica: En esta animación se reforzara todos los conocimientos vistos mediante un pequeño juego interactivo en el que podrá poner a prueba lo estudiado.

OP124L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\ONONELMG\OP124C1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: 

Control

t = 28.00

0 28

Options...

OTRAS ONDAS TRIDIMENSIONALES

Ondas Cilíndricas

Ondas que tienen simetría cilíndrica, siendo su ecuación.

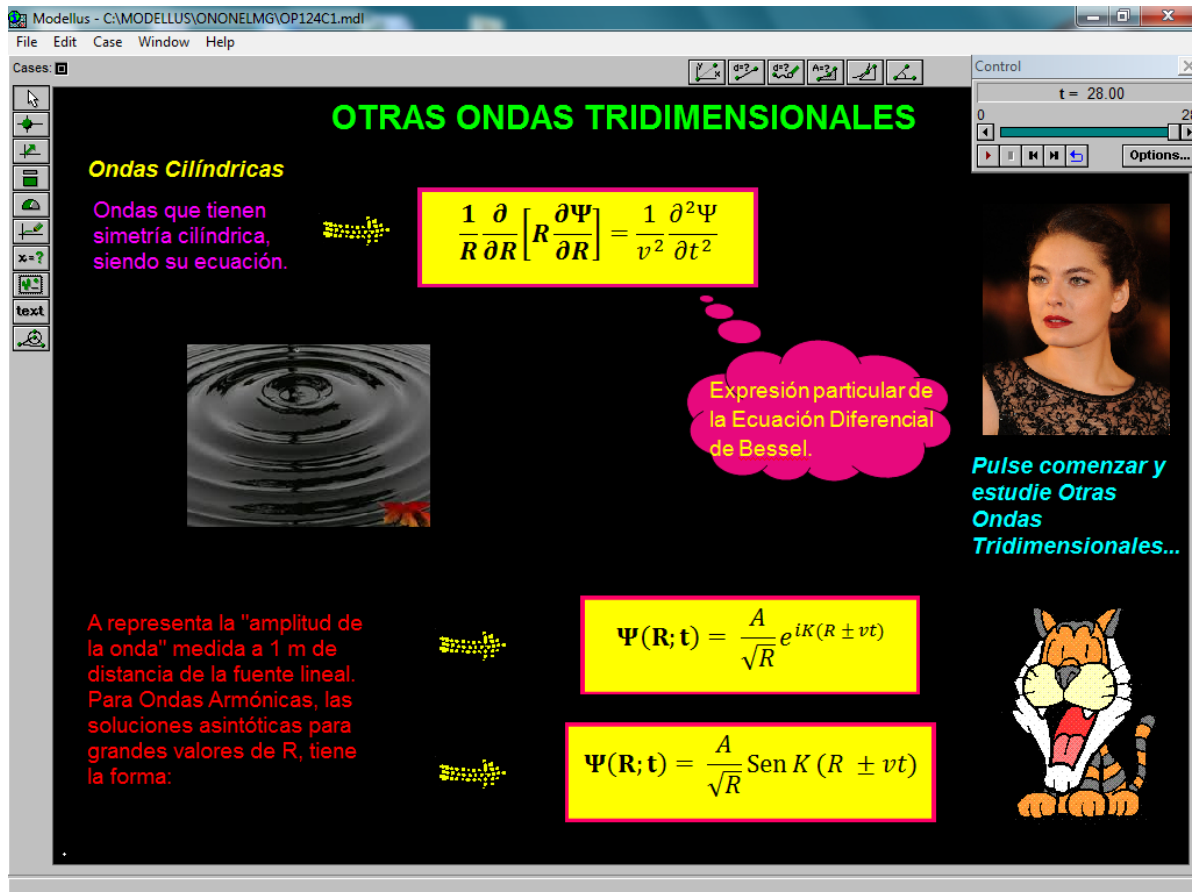
$$\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left[R \frac{\partial \Psi}{\partial R} \right] = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$$

Expresión particular de la Ecuación Diferencial de Bessel.

Pulse comenzar y estudie Otras Ondas Tridimensionales...

A representa la "amplitud de la onda" medida a 1 m de distancia de la fuente lineal. Para Ondas Armónicas, las soluciones asintóticas para grandes valores de R, tiene la forma:

$$\Psi(R; t) = \frac{A}{\sqrt{R}} e^{iK(R \pm vt)}$$

$$\Psi(R; t) = \frac{A}{\sqrt{R}} \text{Sen } K(R \pm vt)$$


Descripción: Esta animación es de tipo conceptual, se puede observar los conceptos relacionados a una Onda cilíndrica también se encuentra sus modelos matemáticos y un gráfico de muestra para reforzar el concepto.

1.2.5 ECUACIONES DE MAXWELL Y ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Examinar las ecuaciones de Maxwell y los conceptos relacionados con ondas electromagnéticas.
- 2- Analizar las ecuaciones de Maxwell escritas en forma diferencial y componentes cartesianas.
- 3- Introducir lo aprendido para la resolución de las actividades propuestas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Llamamos ecuaciones de Maxwell a un sistema de cuatro ecuaciones del Electromagnetismo. En el vacío o espacio libre y en función de los campos \vec{E} o \vec{D} y \vec{H} o \vec{B} , dichas ecuaciones son:

<i>ECUACIONES DE MAXWELL</i>	
$rot \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$rot \vec{B} = \mu_0 \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$
$div \vec{E} = div \vec{D} = 0$	$div \vec{B} = div \vec{H} = 0$

Sin embargo, estas ecuaciones nos serán mucho más útiles escritas en forma diferencial y en componentes cartesianas:

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = -\frac{\partial B_x}{\partial t} = -\mu_0 \frac{\partial H_x}{\partial t} \quad (a)$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = -\frac{\partial B_y}{\partial t} = -\mu_0 \frac{\partial H_y}{\partial t} \quad (b)$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = -\frac{\partial B_z}{\partial t} = -\mu_0 \frac{\partial H_z}{\partial t} \quad (c)$$

$$\frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial E_x}{\partial t} \quad (d)$$

$$\frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial E_y}{\partial t} \quad (e)$$

$$\frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial E_z}{\partial t} \quad (f)$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = 0 \quad (g)$$

$$\frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0 \quad (h)$$

en donde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ y $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ son la permeabilidad magnética y permitividad eléctrica del vacío.

Llamamos ondas electromagnéticas a las perturbaciones del campo electromagnético que se propagan en el espacio. La afirmación de la existencia de las ondas electromagnéticas es una consecuencia directa de las ecuaciones de Maxwell, quien demostró que cada componente del campo eléctrico y magnético obedece a la ecuación de una onda. Por ejemplo, la componente en X del campo eléctrico, E_x , cumple con la expresión:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2}$$

la cual es una ecuación de una onda en particular, pues se asemeja, en su estructura, a la ecuación diferencial:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

que es la forma general de la ecuación de onda. Entonces, por simple comparación vemos que: $\psi = E_x$ y $v = 1/\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, valor que será en adelante representado por c (velocidad de la luz en el vacío). Con esto se concluye que la luz es un caso particular de onda electromagnética.

3) PROBLEMA MODELO:

1) Demuestre por diferenciación directa que $E(z;t)$ dada por $E(z;t) = E_0 \cos(Kz - \omega t)$ es una solución de la ecuación de onda $\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$.

La solución posible para este campo está dado por:

$$E(z;t) = E_0 \cos(Kz - \omega t)$$

donde $K = \frac{2\pi}{\lambda}$

la ecuación de la onda unidimensional se expresa por:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (a)$$

La primera y la segunda derivadas parciales del campo con respecto a z están dadas por:

$$\frac{\partial E}{\partial z} = -E_0 K \sin(Kz - \omega t)$$

y

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = -E_0 K^2 \cos(Kz - \omega t) \quad (1)$$

De igual manera la primera y segunda derivadas parciales del campo con respecto al tiempo están dadas por:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = E_0 \omega \sin(Kz - \omega t)$$

y

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = -E_0 \omega^2 \cos(Kz - \omega t) \quad (2)$$

Reemplazando (1) y (2) en la ecuación diferencial (a) tenemos:

$$-E_0 K^2 \cos(Kz - \omega t) = -\epsilon_0 \mu_0 E_0 \omega^2 \cos(Kz - \omega t)$$

Simplificando:

$$K^2 = \epsilon_0 \mu_0 E_0 \omega^2 \quad \longrightarrow \quad \frac{K^2}{\omega^2} = \epsilon_0 \mu_0$$

$$\frac{\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2}{(2\pi f)^2} = \epsilon_0 \mu_0 \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{(\lambda f)^2} = \epsilon_0 \mu_0$$

$$\frac{1}{c^2} = \epsilon_0 \mu_0 \quad \longrightarrow \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Como el resultado es correcto la solución posible de $E(z;t) = E_0 \cos(Kz - \omega t)$ es solución de la ecuación diferencial $\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$.

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Llamamos ecuaciones de Maxwell a.....
en el espacio libre en función de

2- Escribir los siguientes modelos matemáticos:

$$\text{rot } \vec{E} =$$

$$\text{div } \vec{B} =$$

3- Una correctamente:

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}$$

$$-\frac{\partial B_z}{\partial t}$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}$$

$$\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial E_y}{\partial t}$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y}$$

$$-\frac{\partial B_x}{\partial t}$$

$$\frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z}$$

$$\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial E_z}{\partial t}$$

$$\frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x}$$

$$\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial E_x}{\partial t}$$

$$\frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y}$$

$$-\frac{\partial B_y}{\partial t}$$

4- El símbolo y el valor de la permeabilidad magnética y de la permitividad eléctrica del vacío es:

.....

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- El campo eléctrico en una onda electromagnética viene dado por: $\vec{E}_x = 0$; $\vec{E}_y = E_0 \text{Sen}(\omega t - Kx)$; $\vec{E}_z = 0$. a) Comprobar por sustitución directa que cumple la ecuación de onda $\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$. b) Utilizando los valores de $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ y $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ para calcular c y comprobar que aproximadamente es $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

2- Una onda electromagnética se propaga en el vacío y su campo eléctrico \vec{E} está dado por $\vec{E}_y = 50 \text{Sen}[2\pi(6E14t - 2E6x)]$. a) Calcular la frecuencia, el periodo, la longitud de onda y la fase inicial del campo E . b) Escribir la expresión del campo \vec{B} asociada con el campo eléctrico de la onda electromagnética en el vacío.

Resp. a) $6 E 10 \text{ Hz}$ $1,66 E -15 \text{ s}$ $5 E -7 \text{ m}$ $\epsilon_0 = 0$

$$b) \vec{B}_z = 1,66E -7 \text{Sen}[2\pi(6E14t - 2E6y)]$$

3- El campo magnético de una onda electromagnética se representa mediante la expresión $\vec{B} = 0,1 \text{Sen} 4\pi E6(x - 3E8t)\vec{k}$. Determine el campo \vec{E} correspondiente y la longitud de onda.

Resp. $\vec{E}_y = [29 974 180,95 \text{Sen}(4\pi E6x - 1,2 E15\pi t)]$

4- Las componentes de cierto campo magnético, en función de la posición y el tiempo son: $\vec{B}_x = 2 \text{Sen}(3x + 5y - 6z - \omega t)$; $\vec{B}_y = 6 \text{Sen}(3x + 5y - 6z - \omega t)$; $\vec{B}_z = B_{0z} \text{Sen}(3x + 5y - 6z - \omega t)$. (a) Calcule el \vec{E} de esta onda. (b) Calcule la longitud de onda.

Resp. (a) $\vec{E} = [-119\vec{u}_x + 54\vec{u}_y - 14,4\vec{u}_z]E7 \text{Sen}(3x + 5y - 6z - 1,26 E9t)$ (b) $0,75 \text{ m}$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En estas animaciones se puede encontrar concepto de lo que son las Ecuaciones de Maxwell, además encontrará tablas donde se podrá observar estas ecuaciones escritas en forma diferencial.

OP125C1

OP125C2

OP125C3

b) Ejercitativas: Aquí usted podrá observar la resolución de dos ejercicios paso a paso, de esta manera se podrá apreciar la utilización de los modelos matemáticos en dos casos diferentes.

OP125E1

OP125E2

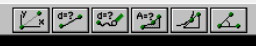
c) Lúdica: Estas animaciones nos ayudara a completar nuestro estudio sobre las Ecuaciones de Maxwell y las Ondas electromagnéticas siendo un juego divertido e interactivo.

OP125L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\ONONELMG\OP125E2.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: 

Control: t = 40.00

ECUACIONES DE MAXWELL Y ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Considere una onda electromagnética armónica plana de longitud de onda $\lambda = 400 \text{ nm}$ que se propaga en el vacío en la dirección positiva del eje Y. Si el campo \vec{B} se confina en el plano XY y su amplitud es de 0,2 T, determine el campo \vec{D} .

$K = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{400 \text{ E } -9} = 5 \text{ E } 6 \pi$ $B_o = 0,2 \text{ T}$ $\omega = 4,712 \text{ E } 15$

$\vec{B} = 0,2 \text{ Sen } (5 \text{ E } 6 \pi y - 4,712 \text{ E } 15 t) \vec{i}$

$\frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y} = \mu_o \frac{\partial D_z}{\partial t}$ $-\frac{\partial B_x}{\partial y} = \mu_o \frac{\partial D_z}{\partial t}$

$\frac{\partial B_x}{\partial y} = 1 \text{ E } 6 \pi \text{ Cos } (5 \text{ E } 6 \pi y - 4,712 \text{ E } 15 t)$


$-1 \text{ E } 6 \pi \text{ Cos } (5 \text{ E } 6 \pi y - 4,712 \text{ E } 15 t) = \mu_o \frac{\partial D_z}{\partial t}$

$-2,5 \text{ E } 12 \pi \text{ Cos } (5 \text{ E } 6 \pi y - 4,712 \text{ E } 15 t) = \frac{\partial D_z}{\partial t}$

$\int dD_z = \frac{1}{-4,712 \text{ E } 15} \int -2,5 \text{ E } 12 \text{ Cos } (5 \text{ E } 6 \pi y - 4,712 \text{ E } 15 t) dt (-4,712 \text{ E } 15)$

$\vec{D} = [5,305 \text{ E } -4 \text{ Sen } (5 \text{ E } 6 \pi y - 4,712 \text{ E } 15 t)] \vec{k}$

Pulse comenzar y analice el ejercicio propuesto con parámetros específicos...




Descripción: Esta animación es de tipo ejercitativa muestra la resolución de un ejercicio del tema Ecuaciones de Maxwell y Ondas Electromagnéticas, este ejercicio esta resultado paso a paso, aplicando las ecuaciones necesarias de acuerdo a los parámetros dados.

1.2.6 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Conocer el amplio espectro electromagnético y sus características.
- 2- Analizar las diferentes radiaciones del espectro electromagnético.
- 3- Aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de las actividades planteadas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Las ondas electromagnéticas abarcan una amplia gama de frecuencias o de longitudes de onda. La clasificación habitual del espectro electromagnético se ilustra en la tabla 1.2.6.1.

La franja angosta que representa a la luz es muy importante en nuestro mundo, pues ha dado lugar al desarrollo de una rama de la Física aplicada, "la Óptica". Las diferentes sensaciones que la luz produce en el ojo se denominan colores, los mismos que dependen de la frecuencia de la onda electromagnética y corresponden, para la persona promedio, a los intervalos indicados en la tabla 1.2.6.2.

<i>FRECUENCIA</i>	<i>NOMBRE de la RADIACIÓN</i>	<i>ENERGÍA</i>	<i>LONGITUD de ONDA</i>
<i>Hz</i>		<i>eV</i>	<i>m</i>
<i>1E22</i>	Rayos gamma	<i>1E08</i>	<i>1E-14</i>
<i>1E21</i>		<i>1E07</i>	<i>1E-13</i>
<i>1E20</i>	Rayos Roentgen (Rayos X)	<i>1E06</i>	<i>1E-12</i>
<i>1E19</i>		<i>1E05</i>	<i>1E-11</i>
<i>1E18</i>		<i>1E04</i>	<i>1E-10</i>
<i>1E17</i>		<i>1E03</i>	<i>1E-09</i>
<i>1E16</i>	Rayos ultravioleta	<i>1E02</i>	<i>1E-08</i>
<i>1E15</i>		<i>1E01</i>	<i>1E-07</i>
<i>1E14</i>	Luz visible	<i>1E00</i>	<i>1E-06</i>

1E13	Rayos infrarrojos	1E-01	1E-05
1E12		1E-02	1E-04
1E11		1E-03	1E-03
1E10	Microondas	1E-04	1E-02
1E09		1E-05	1E-01
1E08	TV y FM	1E-06	1E00
1E07	Radiodifusión	1E-07	1E01
1E06		1E-08	1E02
1E05	Radiofrecuencia	1E-09	1E03
1E04		1E-10	1E04
1E03		1E-11	1E05

Tabla 1.2.6.1

COLOR	LONGITUD de ONDA <i>m</i>	FRECUENCIA Hz
Violeta	(3,90 – 4,55)E-7	(7,69 – 6,59)E14
Azul	(4,55 – 4,92)E-7	(6,59 – 6,10)E14
Verde	(4,92 – 5,77)E-7	(6,10 – 5,20)E14
Amarillo	(5,77 – 5,97)E-7	(5,20 – 5,03)E14
Naranja	(5,97 – 6,22)E-7	(5,03 – 4,82)E14
Rojo	(6,22 – 7,80)E-7	(4,82 – 3,84)E14

Tabla 1.2.6.2

3) PROBLEMA MODELO:

1) Se ha detectado en un dispositivo ondas electromagnéticas de $0,075 \text{ m}$ de longitud en vacío. Determine su período temporal y la energía de sus fotones en eV.

Conociendo la longitud de onda tenemos:

$$0,075 \text{ m} = 7,5E-2 \text{ m}$$

Reemplacemos este dato conocido en la siguiente ecuación:

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

Obtenemos:

$$P = \frac{7,5E-2}{3E8} = 2,5E-10 \text{ s}$$

Para obtener la energía de sus fotos en electro-voltios utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$E = hf = \frac{h}{P}$$

$$E = \frac{6,626 E-34}{2,5E-10}$$

$$E = 2,650 E-24 \text{ J}$$

Es decir:

$$E = 2,259 E-5 \text{ eV}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- ¿Qué entiende por Espectro Electromagnético?.....

2- Defina la palabra color dentro del espectro electromagnético:

4- Complete la tabla:

RADIACIÓN	ENERGÍA	FRECUENCIA	EN QUÉ SE UTILIZA
Rayos Gamma			
		$1 \text{ E}15 < f < 1 \text{ E}16$	
	$1 \text{ E}-03 < E < 1 \text{ E}-01$		
Microondas			

3- ¿Cuál es el valor de un electrón-voltio?

.....

4- Ordene de menor a mayor la longitud de onda de la luz en el aire: azul, violeta, amarillo y verde.

.....

.....

.....

.....

5- Comparando la luz infrarroja y la ultravioleta, ¿Cuál de ellas tiene longitud de onda mayor?, ¿Cuál tiene mayor frecuencia?

.....

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Las lámpara de arco de sodio se utilizan a menudo en los semáforos y se distinguen por su luz amarilla. La longitud de onda de esta luz es 590 nm. ¿Cuál es su frecuencia?

Resp. a) $5,1 \times 10^{14}$ Hz.

2- Se recibe en un hospital a un paciente con fuertes dolores de sus costillas, el médico de turno lo envía a tomarse una placa de rayos X. Explique de que se trata esta radiación y manifieste los valores de frecuencia, energía y longitud de onda.

Resp. a) $1 \times 10^{17} < f < 1 \times 10^{20}$ b) $1 \times 10^3 < E < 1 \times 10^6$ c) $1 \times 10^{-9} < \lambda < 1 \times 10^{-12}$

3- Ciertos científicos realizan un experimento donde se detecta la existencia de ondas electromagnéticas de 0,045 m de longitud de onda. Encontrar el periodo, la frecuencia y la energía de sus fotones en eV. Explique qué clase de onda es si puede hacer daño a los científicos.

Resp. a) $1,5 \times 10^{-10}$ s b) $6,67 \times 10^9$ Hz c) $2,75 \times 10^{-5}$ eV

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Todas estas animaciones están relacionadas con el tema El Espectro Electromagnético, se puede encontrar desarrollado cada una de las radiaciones, con sus tablas de valores, una breve explicación de la radiación y ejemplos de la utilización de las mismas.

OP126C1

OP126C2

OP126C3

OP126C4

OP126C5

OP126C6

OP126C7

OP126C8

OP126C9

OP126C10

OP126C11

b) Ejercitativas: Aquí encontraremos dos ejercicios resueltos paso a paso de diferentes radiaciones, utilizando lo visto en las animaciones conceptuales para analizar ejercicios enfocados a este tema.

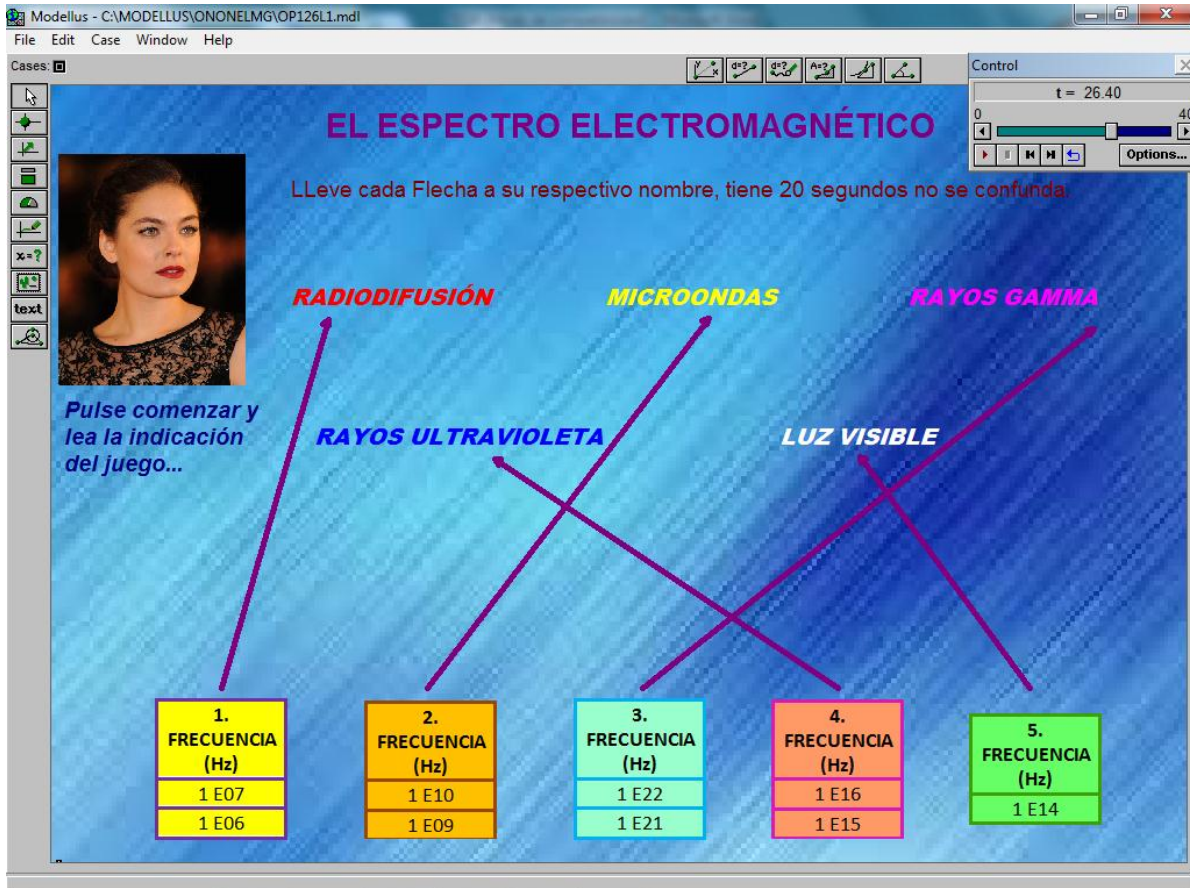
OP126E1

OP126E2

c) Lúdica: Esta animación es un juego donde podrá interactuar de una manera divertida con el tema, se podrá afianzar todo lo estudiado anteriormente.

OP126L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



Modellus - C:\MODELLUS\ONONELMG\OP126L1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: [Icons]

Control: t = 26.40

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Lleve cada Flecha a su respectivo nombre, tiene 20 segundos no se confunda.

Pulse comenzar y lea la indicación del juego...

RADIODIFUSIÓN **MICROONDAS** **RAYOS GAMMA**

RAYOS ULTRAVIOLETA **LUZ VISIBLE**

1.	FRECUENCIA (Hz)	1 E07	1 E06
2.	FRECUENCIA (Hz)	1 E10	1 E09
3.	FRECUENCIA (Hz)	1 E22	1 E21
4.	FRECUENCIA (Hz)	1 E16	1 E15
5.	FRECUENCIA (Hz)	1 E14	

Descripción: La animación aquí presentada es lúdica, quiere decir que es un pequeño juego interactivo donde pondrá a prueba todos los conocimientos adquiridos en este tema, este juego consiste en llevar cada flecha a su respectivo nombre tiene un tiempo determinado y luego de haber transcurrido esto aparecerá las soluciones del juego

1.2.7 IRRADIANCIA

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Recordar los preconceptos relacionados a una onda electromagnética.
- 2- Estudiar el modelo matemático relacionado con el tema.
- 3- Transferir la información teórica a la resolución de las actividades.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Una de las propiedades de toda onda, y por lo mismo de la onda electromagnética es que transporta energía y momentum. Para representar la densidad de flujo de energía electromagnética utilizaremos el vector de Poynting, \vec{S} , que representa el transporte de energía por unidad de tiempo (potencia) a través de un área unitaria, cuya unidad SI es el W/m^2 . Como la energía fluye en la dirección de propagación de la onda, \vec{S} es:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} = c^2 \varepsilon_0 (\vec{E} \times \vec{B}) \quad (1.2.7.1)$$

cuya magnitud es la potencia por unidad de área que cruza una superficie cuya normal es paralela a \vec{S} ; dicha magnitud es $|\vec{S}| = \frac{P}{S}$.

Consideremos el caso de una onda plana armónica polarizada linealmente, viajando en el espacio en dirección de \vec{K} :

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \text{Sen}(\vec{K} \cdot \vec{r} - \omega t) ; \quad \vec{B} = \vec{B}_0 \text{Sen}(\vec{K} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

Utilizando la ecuación (1.2.7.1) obtenemos:

$$\vec{S} = c^2 \varepsilon_0 (\vec{E}_0 \times \vec{B}_0) \text{Sen}^2(\vec{K} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

Ya que \vec{S} es una función que varía con el tiempo de forma extremadamente rápida, no es factible medir su valor instantáneo; más bien conviene tomar el promedio en un intervalo finito de tiempo. Así, el valor de \vec{S} promediado en el tiempo, simbolizado por $\langle \vec{S} \rangle$, es la "densidad de flujo radiante". Si la energía emerge de una superficie, la densidad de flujo se llama "Excitancia"; si la energía es incidente, se llama "Irradiancia", I .

Puesto que $\langle \text{Sen}^2(\vec{K} \cdot \vec{r} - \omega t) \rangle = \frac{1}{2}$ y $E = cB$ entonces:

$$I = \langle \vec{S} \rangle = \frac{\epsilon_0 c^2}{2} |\vec{E}_0 \times \vec{B}_0| = \frac{\epsilon_0 c}{2} E_0^2 = \frac{I}{2 \mu_0 c} E_0^2 = \frac{c}{2 \mu_0} B_0^2 \quad (1.2.7.2)$$

Observe que "Irradiancia" es el nombre propio asignado a la Intensidad de onda luminosa.

3) PROBLEMA MODELO:

1) Una fuente puntual irradia en todas las direcciones. La amplitud de campo eléctrico a los 20 m de la fuente tiene un valor de 50 V/m. Halle el flujo de energía radiante.

A partir de la ecuación $I = \frac{\epsilon_0 c}{2} E_0^2$ tenemos:

$$I = \frac{(8,85E-12)(3E8)}{2} E_0^2$$

$$I = 1,33E-03 E_0^2$$

$$I = 1,33E-03 (50)^2$$

$$I = 3,325 \frac{W}{m^2}$$

El área de una esfera es $S = 4\pi r^2$:

$$S = 4\pi(20)^2 = 1\,600\pi \text{ m}^2$$

Aplicando la ecuación $I = \frac{P}{S}$ obtenemos:

$$P = I \cdot S$$

$$P = (3,325)(1\,600\pi)$$

$$P = 16\,713,27 \text{ W}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Irradiancia es:

.....

2- Para representar la densidad de flujo de energía electromagnética se utiliza.....

.....

3- ¿Qué representa \vec{S} ?.....

4- Si la energía emerge de una superficie, la densidad de flujo se llama.....

5- La Irradiancia es el nombre que se le asigna a.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Un láser tiene 15 mW, emite un haz colimado de 2 mm de diámetro. Determine su irradiancia.

Resp. a) 4 774,65 W/m

2- Un haz luminoso de 20 W/cm^2 de irradiancia, incide normalmente sobre una superficie absorbente de área 2 cm^2 durante 1 000 s. ¿Cuánta energía se imparte en la superficie?

Resp. a) 40 000 J

3- Una onda electromagnético de $\lambda = 652 \text{ nm}$ que se propaga en el vacío en dirección positiva del eje z. Si el campo \vec{H} vibra en el plano xz y la irradiancia es 175 W/m^2 . Encontrar el campo eléctrico \vec{E} .

Resp. a) $\vec{E} = 363,07 \text{ Sen}(9 636 787,28z - 2,89E15t)\vec{j}$

4- Un haz de láser que emite una onda de 4 kW es capaz de perforar un hueco a través de una lámina de acero inoxidable. Encuentre la irradiancia si se enfoca en una porción de área $2E-5 \text{ cm}^2$. ¿Cuál es la amplitud del campo eléctrico?

Resp. a) $2E12 \text{ W/m}^2$

b) $3,88E7V/m$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En estas animaciones se puede visualizar conceptos, modelos matemáticos relacionados con la Irradiancia, además de los conceptos de Excitación.

OP127C1

OP127C2

b) Ejercitativas: Se puede encontrar dos ejercicios relacionados a la Irradiancia donde observará paso a paso la resolución del mismo y la aplicación de los modelos matemáticos relacionados con este tema.

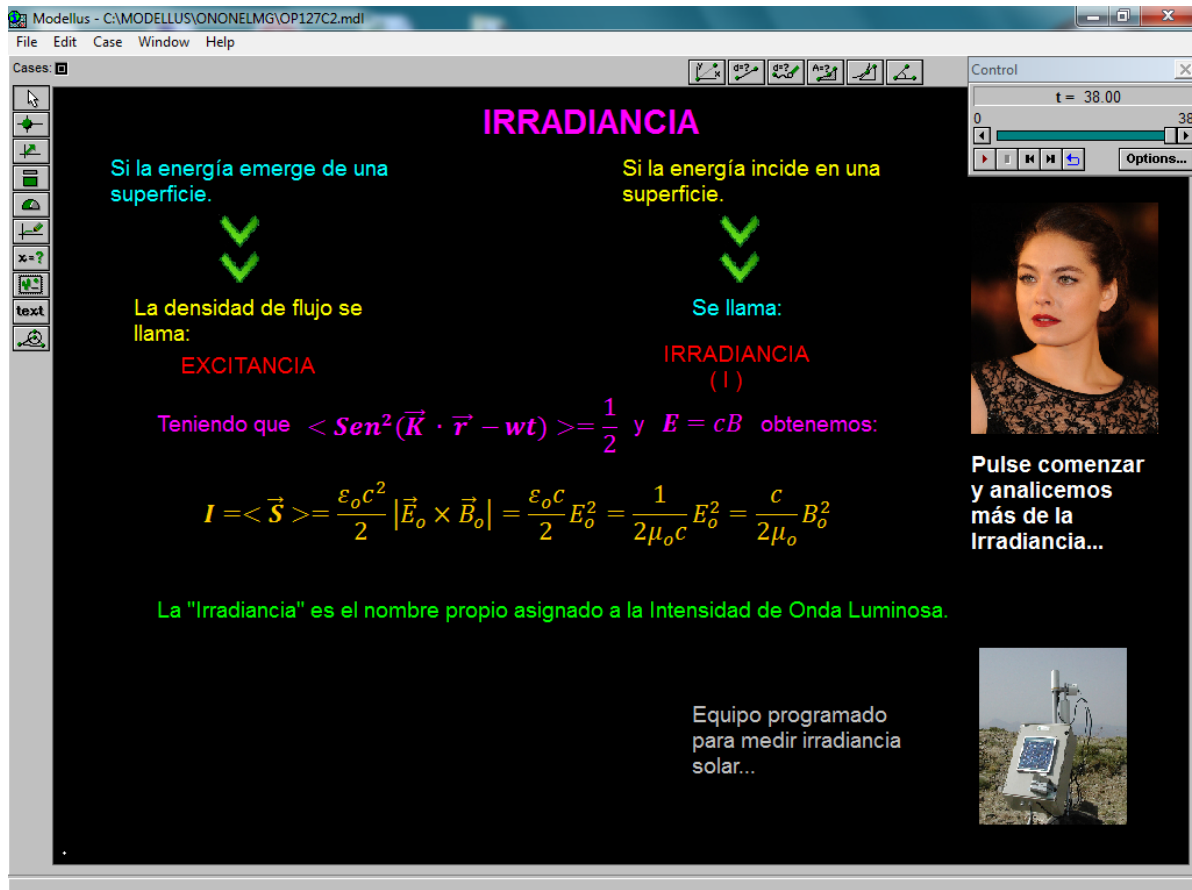
OP127E1

OP127E2

c) Lúdica: Esta animación es un juego, donde podrá interactuar con el computador, de esta manera logrará reforzar y recordar lo aprendido en las animaciones anteriores.

OP127L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



IRRADIANCIA

Si la energía emerge de una superficie.

✓
✓

La densidad de flujo se llama:

EXCITANCIA

Si la energía incide en una superficie.

✓
✓

Se llama:


IRRADIANCIA (I)

Teniendo que $\langle \text{Sen}^2(\vec{K} \cdot \vec{r} - \omega t) \rangle = \frac{1}{2}$ y $E = cB$ obtenemos:


$$I = \langle \vec{S} \rangle = \frac{\epsilon_0 c^2}{2} |\vec{E}_0 \times \vec{B}_0| = \frac{\epsilon_0 c}{2} E_0^2 = \frac{1}{2\mu_0 c} E_0^2 = \frac{c}{2\mu_0} B_0^2$$

La "Irradiancia" es el nombre propio asignado a la Intensidad de Onda Luminosa.

Equipo programado para medir irradiancia solar...



Pulse comenzar y analicemos más de la Irradiancia...



Descripción: La animación aquí plasmada es de tipo conceptual, en la que puede encontrar conceptos relacionados con Excitancia e Irradiancia, se muestra cinco ecuaciones equivalentes a la Irradiancia y por último el gráfico de un equipo que sirve para medir irradiancia solar.

1.2.8 COMPORTAMIENTO CUÁNTICO DE LA LUZ

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Tener un acercamiento a aspectos cuánticos de la luz.
- 2- Conocer el comportamiento cuántico de la luz.
- 3- Transferir la información teórica a la resolución de las actividades propuestas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

En el modelo fotónico de la luz se visualiza a ésta como un enorme conjunto de "cuantos" o microscópicas "gotas energéticas" con un comportamiento similar al de las partículas; según la ecuación de Planck, cada fotón posee una "energía fotónica" dada por:

$$E = hf \quad (1.2.8.1)$$

que para el caso de N fotones es:

$$E = Nhf \quad (1.2.8.2)$$

en donde $h = 6,626E-34 \text{ J.s}$ es la constante de Planck. La expresión para el momentum lineal p de los fotones es:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (1.2.8.3)$$

En función del vector de propagación \vec{K} y de $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, el vector momentum lineal es:

$$\vec{p} = \hbar\vec{K} \quad (1.2.8.4)$$

Debido a que las ondas electromagnéticas poseen o conllevan momentum lineal, dan lugar a cierta presión cuando se reflejan o absorben en la superficie de un cuerpo. Sean E_v y p_v las densidades volumétricas de energía y momentum lineal definidas por:

$$E_v = \frac{E}{V} \quad (1.2.8.5)$$

y:

$$p_v = \frac{p}{V} \quad (1.2.8.6)$$

La presión de radiación p_{rad} es:

$$p_{\text{rad}} = \frac{F}{S} = \frac{I}{c} = cp_v \quad (1.2.8.7)$$

Para el caso de una onda electromagnética plana que incide oblicuamente sobre una superficie perfectamente absorbente, la presión de radiación es:

$$p_{\text{rad}} = cp_v \cos \theta = E_v \cos \theta = \varepsilon_0 \langle E^2 \rangle \cos \theta = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 \cos \theta \quad (1.2.8.8)$$

en donde θ es el ángulo incidente. Si $\theta = 0$, la onda incide perpendicularmente sobre la superficie y:

$$p_{\text{rad}} = cp_v = E_v = \varepsilon_0 \langle E^2 \rangle = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 \quad (1.2.8.9)$$

Y si la superficie es perfectamente reflectora, la radiación reflejada tiene un momentum de módulo igual al de la incidente, pero en dirección opuesta; por lo tanto la presión de radiación es:

$$p_{\text{rad}} = 2cp_v \cos \theta = 2E_v \cos \theta = 2\varepsilon_0 \langle E^2 \rangle \cos \theta = \varepsilon_0 E_0^2 \cos \theta \quad (1.2.8.10)$$

Si $\theta = 0$, la onda incide perpendicularmente sobre la superficie y:

$$p_{\text{rad}} = 2cp_v = 2E_v = 2\varepsilon_0 \langle E^2 \rangle = \varepsilon_0 E_0^2 \quad (1.2.8.11)$$

Para el caso de una onda electromagnética esférica, si la superficie que la recibe es perfectamente absorbente, la presión de radiación es:

$$p_{\text{rad}} = \frac{1}{3} cp_v = \frac{1}{3} E_v = \frac{1}{3} \varepsilon_0 \langle E^2 \rangle = \frac{1}{6} \varepsilon_0 E_0^2 \quad (1.2.8.12)$$

Y si la superficie es perfectamente reflectora tenemos:

$$p_{\text{rad}} = \frac{2}{3} cp_v = \frac{2}{3} E_v = \frac{2}{3} \varepsilon_0 \langle E^2 \rangle = \frac{1}{3} \varepsilon_0 E_0^2 \quad (1.2.8.13)$$

EL FLUJO FOTÓNICO, Φ_{fot} , es el número de fotones incidentes por segundo y viene dado por:

$$\Phi_{\text{fot}} = \frac{N}{t} = \frac{F \lambda}{h} = \frac{P}{hf} \quad (1.2.8.14)$$

3) PROBLEMA MODELO:

1) Teniendo las energías radiantes de longitud de onda $\lambda_0 = 2E - 13 \text{ m}$. Encuentre el número de fotones que se necesita para transportar una energía de 2 J.

Utilizando la ecuación $f = \frac{c}{\lambda}$ obtenemos:

$$f = \frac{3E8}{2E-13} = 1,5E21 \text{ Hz}$$

Para encontrar el número de fotones ocuparemos la ecuación $E = N h f$ logrando que:

$$N = \frac{E}{h f} = \frac{2}{(6,626E-34)(1,5E21)} = 2,01E12 \text{ Fotones de rayos gamma.}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- El modelo fotónico de la luz se visualiza con el conjunto de.....
según la ecuación de..... cada fotón posee
dada por.....

2- Escriba el valor de la constante de Planck:

.....

3- La ecuación $\vec{p} = \hbar \vec{K}$ representa.....

4- E_ν representa:..... y p_ν representa.....

5- ¿Qué entiende por flujo fotónico?:.....
..... y viene dado por:
.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- ¿Cuál es el momentum lineal de un fotón de luz visible de 5×10^{14} Hz?

Resp. a) $1,104 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

2- La irradiancia que incide normalmente sobre una superficie fuera de la atmósfera es alrededor de 1485 W/m^2 . Determine la presión de radiación proveniente del sol.

Resp. a) $9,9 \times 10^{-6} \text{ Pa}$

3- Una lámpara láser emite 450 mW. ¿Cuál es el empuje promedio que ejerce la luz de la lámpara?

Resp. a) $1,5 \times 10^{-9} \text{ N}$

4- Una radiación que proviene del espacio tiene longitud de onda detectada a 5 cm. Determine su frecuencia temporal y la energía del fotón.

Resp. a) $6 \times 10^9 \text{ Hz}$

b) $3,976 \times 10^{-24} \text{ J}$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Las animaciones presentadas en este bloque muestran conceptos, modelos matemáticos relacionados al Comportamiento Cuántico de la luz, además está incluido información del el Flujo Fotónico.

OP128C1

OP128C2

OP128C3

OP128C4

b) Ejercitativas: En estas animaciones encontraremos dos ejercicios modelos relacionado con el Comportamiento Cuántico de la Luz, resueltos paso a paso, observando la aplicación de los modelos matemáticos en la resolución de problemas.

OP128E1

OP128E2

c) Lúdica: Esta animación permite que el usuario a través de un juego pueda tener un repaso de todo lo que se ha visto en las animaciones conceptuales y ejercitativas consiguiendo reforzar todos los conocimientos adquiridos.

OP128L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\ONONELMG\OP128E2.mdl



File Edit Case Window Help

Cases: [Icons]

Control: t = 40.00

COMPORTAMIENTO CUÁNTICO DE LA LUZ

Compare la energía de un fotón de rayos X de $6 \text{ E-}11 \text{ m}$, con la de un fotón de luz visible de $6 \text{ E-}7 \text{ m}$. Encuentre el momentum lineal de un fotón de microondas de $4 \text{ E}10 \text{ Hz}$.

	Fotón Rayos X	Fotón Luz Visible
	$\lambda_x = 6 \text{ E} - 11 \text{ m}$	$\lambda_v = 6 \text{ E} - 7 \text{ m}$
	$\frac{E_x}{E_v} = \frac{hf_x}{hf_v} = \frac{c\lambda_x}{c\lambda_v} = \frac{\lambda_v}{\lambda_x}$	$\frac{E_x}{E_v} = \frac{6 \text{ E} - 7 \text{ m}}{6 \text{ E} - 11 \text{ m}}$
Pulse comenzar y analice el siguiente ejercicio...	$\frac{E_x}{E_v} = 10\,000$	
	Momentum lineal	
	$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{(6,626 \text{ E} - 34)(4 \text{ E}10)}{3 \text{ E}8}$	
	$p = 8,835 \text{ E} - 32 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	

Descripción: La animación nos muestra claramente la resolución de un ejercicio modelo, en el que podemos aplicar los conceptos y modelos matemáticos del Comportamiento Cuántico de la luz para obtener el momentum lineal de un fotón de microondas.

1.2.9 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Aprender el concepto y su expresión matemática.
- 2- Conocer los índices de refracción de algunas sustancias.
- 3- Aplicar los conceptos a las actividades planteadas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Se llama "índice de refracción absoluto" de un medio a la razón entre la velocidad c de las ondas electromagnéticas (o luz) en el vacío y su correspondiente velocidad de fase v en dicho medio; es decir:

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\varepsilon \mu}{\varepsilon_0 \mu_0}} = \frac{\lambda_0}{\lambda} \quad (1.2.9.1)$$

en donde ε y μ son la permitividad y permeabilidad absolutas del medio, respectivamente. En general, el índice de refracción depende de la longitud de onda.

En términos de la permitividad relativa, $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ y de la permeabilidad relativa,

$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ tenemos:

$$n = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$$

La gran mayoría de las sustancias, con excepción de las ferromagnéticas, son sólo muy débilmente magnéticas; así pues, μ_r no se desvía apreciablemente de la unidad y por lo tanto:

$$n = \sqrt{\varepsilon_r} \quad (1.2.9.2)$$

ecuación conocida como la "relación de Maxwell".

ÍNDICES DE REFRACCIÓN DE ALGUNAS SUSTANCIAS	
(Para la longitud de onda $\lambda = 5\,893 \text{ \AA}$)	
S Ó L I D O S	
Vidrio crown	1,517
Vidrio flint de bario	1,568
Vidrio crown de bario	1,574
Vidrio flint ligero	1,580
Vidrio flint denso	1,655
Fluorita	1,434
Calcita (rayo o)	1,658
Calcita (rayo e)	1,486
Bálsamo de Canadá	1,530
Diamante	2,419
Cuarzo fundido	1,459
Hielo a $-8 \text{ }^\circ\text{C}$	1,310
Lucita (plexiglás)	1,500
Cloruro de sodio	1,530
Polietilenos	1,50 – 1,54
Espato de Islandia	1,658
Rutilos	2,60 – 2,90
Zirconio	1,920
L Í Q U I D O S	
Benceno a $20 \text{ }^\circ\text{C}$	1,501
Bisulfuro de carbono a $20 \text{ }^\circ\text{C}$	1,643
Tetracloruro de carbono a $20 \text{ }^\circ\text{C}$	1,461
Alcohol etílico a $20 \text{ }^\circ\text{C}$	1,354
Agua a $0 \text{ }^\circ\text{C}$	1,334
Agua a $20 \text{ }^\circ\text{C}$	1,333

Agua a 40 °C	1,331
Agua a 80 °C	1,323
Yoduro de metileno	1,740
Sodio	4,220
Glicerina	1,470
GASES Y VAPORES (a 0 °C y 101 325 Pa)	
Aire seco	1,000 292
Dióxido de carbono	1,000 450
Éter etílico	1,001 520
Vapor de agua	1,000 250

Tabla 1.2.9.1

3) PROBLEMAS MODELO:

1) ¿A qué velocidad se propagará la luz en el benceno?

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

de donde despejamos v y obtenemos:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3E8}{1,501}$$

$$v = 1,99E8 \text{ m/s}$$

2) Una onda armónica descrita por la ecuación $\vec{E} = 320 \text{ Sen} 2\pi \left(\frac{y}{4E-7} - 3E15t \right) \vec{i}$ se

desplaza en un medio transparente con una velocidad de $1,5E8 \text{ m/s}$. Determine el índice de refracción del medio con esta frecuencia y la correspondiente longitud de onda en el vacío.

Escribiremos la ecuación de la siguiente manera:

$$\vec{E} = 320 \text{ Sen} \left(\frac{2\pi}{4E-7} y - 6\pi E 15t \right) \vec{i}$$

Tomando en cuenta los siguiente datos:

$$\lambda = 4E - 7 \text{ m}$$

$$v = 1,5E8 \text{ m/s}$$

y a partir de la ecuación $n = \frac{c}{v}$ obtenemos:

$$n = \frac{3E8}{1,5E8} = 2$$

De la ecuación $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$ tenemos:

$$\lambda_0 = n\lambda = 2(4E - 7)$$

$$\lambda_0 = 8E - 7 \text{ m}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- A que llamamos índice de refracción.....

2- Escriba los índices de refracción de las siguientes sustancias:

Yoduro de metileno Lucita

Vapor de Agua Vidrio Flint de Bario

3- Que representa ϵ y μ

4- Escriba la ecuación de la relación de Maxwell:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Halle el índice de refracción de un líquido en el que la velocidad de la luz es: a) 60% que en vacío, b) 80% que en agua, c) 150% que en rutilo.

Resp. a) 1,666 b) 1,666 c) 1,833

2- Calcule la longitud de onda en una disolución de sodio de un rayo de luz amarilla cuya longitud de onda en el vacío es de 589 nm.

Resp. a) 139,6 nm

3- La longitud de onda en el vacío de un haz de 400 nm. ¿Cuál es la frecuencia cíclica espacial en un medio donde el índice de refracción es 1,643?

Resp. a) 2,580 rad/m

4- ¿Cuál es el índice de refracción de un líquido cuya permitividad relativa tiene un valor de 2,7225?

Resp. a) 1,650

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En estas animaciones puede encontrar modelos matemáticos y conceptos relacionados con los índices de refracción. Además encontrará tablas de datos de los valores de los índices de refracción de diferentes sustancias.

OP211C1

OP211C2

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El índice de refracción es el cociente entre la velocidad c de la luz en el vacío y su correspondiente velocidad de fase v en dicho medio.

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\epsilon \mu}{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

El índice de refracción se representa con la letra n y es una cantidad adimensional siempre mayor que uno.

En términos de la permitividad y permeabilidad relativa:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad \mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

La mayoría de las sustancias, excepto las ferromagnéticas, son muy débilmente magnéticas; por lo que μ_r no se desvía apreciablemente de la unidad, por lo tanto:

$$n = \sqrt{\epsilon_r}$$

Ecuación conocida como la "relación de Maxwell".

Pulse comenzar y estudie los conceptos de índice de refracción...

Descripción: Esta animación es de tipo conceptual aquí se encuentra la ecuación del índice de refracción, además se plasma las ecuaciones en términos de la permitividad y permeabilidad relativa, y la ecuación de la relación de Maxwell.

1.2.10 LAS ECUACIONES DE FRESNEL

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Aprender los conceptos aquí mostrados correctamente.
- 2- Estudiar los conceptos y modelos matemáticos de Reflectancia y Transmitancia.
- 3- Utilizar los modelos matemáticos para resolver las actividades.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Ya que las ondas electromagnéticas involucran tanto al campo eléctrico como al campo magnético, los mismos que son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, aunque con cualquier orientación alrededor de dicha dirección, entonces si estudiamos la reflexión y transmisión de las ondas electromagnéticas encontraremos relaciones matemáticas entre las amplitudes E_{0i} , E_{0r} y E_{0t} tales como:

$$\boxed{r = \frac{E_{0r}}{E_{0i}}} \quad (\text{Amplitud del coeficiente de reflexión}) \quad (1.2.10.1)$$

y:

$$\boxed{t = \frac{E_{0t}}{E_{0i}}} \quad (\text{Amplitud del coeficiente de transmisión}) \quad (1.2.10.2)$$

Cuando \vec{E} es perpendicular al plano de incidencia, obtenemos la amplitud del coeficiente de reflexión perpendicular, r_{\perp} , y la amplitud del coeficiente de transmisión perpendicular, t_{\perp} , dados por:

$$\boxed{r_{\perp} = \left[\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right]_{\perp} = \frac{n_i \cos \theta_i - n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t}} \quad (1.2.10.3)$$

y:

$$\boxed{t_{\perp} = \left[\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right]_{\perp} = \frac{2n_i \cos \theta_i}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t}} \quad (1.2.10.4)$$

Cuando \vec{E} es paralelo al plano de incidencia, obtenemos la amplitud del coeficiente de reflexión paralelo, r_{\parallel} , y la amplitud del coeficiente de transmisión paralelo, t_{\parallel} , dados por:

$$r_{\parallel} = \left[\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right]_{\parallel} = \frac{n_t \cos \theta_i - n_i \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_t + n_t \cos \theta_i} \quad (1.2.10.5)$$

y:

$$t_{\parallel} = \left[\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right]_{\parallel} = \frac{2n_i \cos \theta_i}{n_i \cos \theta_t + n_t \cos \theta_i} \quad (1.2.10.6)$$

Aplicando la ley de Snell a medios dieléctricos, las amplitudes de los coeficientes de reflexión y transmisión perpendiculares y paralelos se transforman en:

$$r_{\perp} = -\frac{\text{Sen}(\theta_i - \theta_t)}{\text{Sen}(\theta_i + \theta_t)}$$

$$t_{\perp} = \frac{2 \text{Sen} \theta_t \cos \theta_i}{\text{Sen}(\theta_i + \theta_t)}$$

$$r_{\parallel} = \frac{\text{Tan}(\theta_i - \theta_t)}{\text{Tan}(\theta_i + \theta_t)}$$

$$t_{\parallel} = \frac{2 \text{Sen} \theta_t \cos \theta_i}{\text{Sen}(\theta_i + \theta_t) \text{Cos}(\theta_i - \theta_t)}$$

LA REFLECTANCIA, R se define como la relación o cociente entre las componentes normales de las irradiancias reflejada e incidente, es decir:

$$R = \frac{I_r \cos \theta_r}{I_i \cos \theta_i} = \left[\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right]^2 = r^2 \quad (1.2.10.7)$$

LA TRANSMITANCIA, T se define como la relación o cociente entre las componentes normales de las irradiancias transmitida e incidente, es decir:

$$T = \frac{I_t \cos \theta_t}{I_i \cos \theta_i} = \frac{v_i \cos \theta_t}{v_t \cos \theta_i} \left[\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right]^2 = \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} t^2 \quad (1.2.10.8)$$

Cuando \vec{E} es perpendicular o paralelo al plano de incidencia, las expresiones anteriores son:

$$R_{\perp} = r_{\perp}^2 ; R_{\parallel} = r_{\parallel}^2 \quad (1.2.10.9)$$

$$T_{\perp} = \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} t_{\perp}^2 ; T_{\parallel} = \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} t_{\parallel}^2 \quad (1.2.10.10)$$

Haciendo uso de la ley de conservación de la energía para la configuración que se muestra en la figura 1.2.10.1 tenemos el siguiente enunciado:

"La energía total incidente por unidad de tiempo que llega al área S es igual a la energía total que fluye fuera de ella por unidad de tiempo"; es decir:

$$I_i S \cos \theta_i = I_r S \cos \theta_r + I_t S \cos \theta_t$$

o también:

$$n_i E_{0i}^2 \cos \theta_i = n_r E_{0r}^2 \cos \theta_r + n_t E_{0t}^2 \cos \theta_t$$

de donde, dividiendo los tres miembros para $n_i E_{0i}^2 \cos \theta_i$ se obtiene:

$$I = \left[\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right]^2 + \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} \left[\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right]^2$$

es decir:

$$I = R + T$$

de modo que $R + T = 1$ en las regiones donde no hay absorción. En función de las componentes perpendicular y paralela se tiene:

$$\boxed{R_{\perp} + T_{\perp} = 1 ; R_{\parallel} + T_{\parallel} = 1} \tag{1.2.10.11}$$

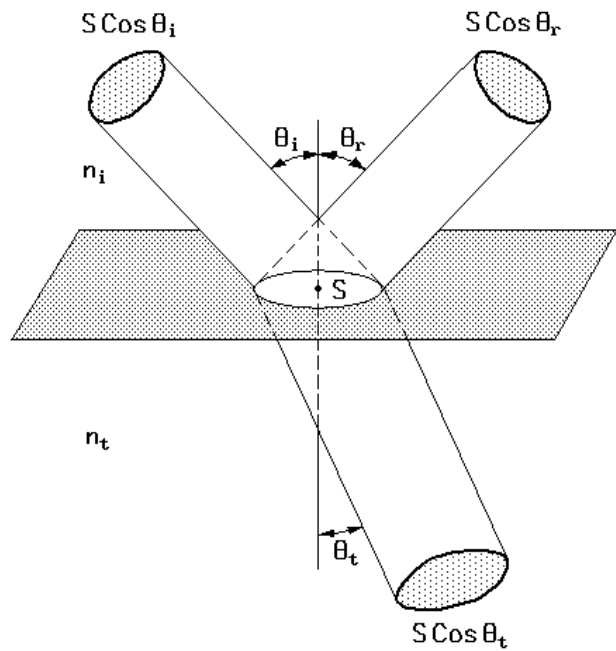


Figura 1.2.10.1

3) PROBLEMA MODELO:

1) Encontrar el valor del coeficiente de amplitud de la reflexión de la luz que incide a 35° sobre una interfase aire – diamante para lo cual $n_{ii} = 2,419$.

Cuando \vec{E} es perpendicular al plano de incidencia, la amplitud del coeficiente de reflexión perpendicular r_{\perp} es:

$$r_{\perp} = \frac{n_i \cos \theta_i - n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t} = \frac{\cos \theta_i - n_{ii} \cos \theta_t}{\cos \theta_i + n_{ii} \cos \theta_t}$$

$$r_{\perp} = \frac{\cos \theta_i - n_{ii} \sqrt{1 - \text{Sen}^2 \theta_i / n_{ii}^2}}{\cos \theta_i + n_{ii} \sqrt{1 - \text{Sen}^2 \theta_i / n_{ii}^2}} = \frac{\cos \theta_i - \sqrt{n_{ii}^2 - \text{Sen}^2 \theta_i}}{\cos \theta_i + \sqrt{n_{ii}^2 - \text{Sen}^2 \theta_i}}$$

Sustituyendo valores obtenemos:

$$r_{\perp} = \frac{\cos 35 - \sqrt{2,419^2 - \sin^2 35}}{\cos 35 + \sqrt{2,419^2 - \sin^2 35}}$$

$$r_{\perp} = -0,483$$

Cuando \vec{E} es perpendicular al plano de incidencia, la amplitud del coeficiente de reflexión perpendicular r_{\perp} es:

$$r_{\perp} = \frac{n_i \cos \theta_i - n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t} = \frac{\cos \theta_i - n_{ii} \cos \theta_t}{\cos \theta_i + n_{ii} \cos \theta_t}$$

Desarrollando la ecuación podemos encontrar:

$$r_{\perp} = \frac{\cos \theta_i - n_{ii} \sqrt{1 - \sin^2 \theta_i / n_{ii}^2}}{\cos \theta_i + n_{ii} \sqrt{1 - \sin^2 \theta_i / n_{ii}^2}} = \frac{\cos \theta_i - \sqrt{n_{ii}^2 - \sin^2 \theta_i}}{\cos \theta_i + \sqrt{n_{ii}^2 - \sin^2 \theta_i}}$$

Sustituyendo valores obtenemos:

$$r_{\perp} = \frac{\cos 35 - \sqrt{2,419^2 - \sin^2 35}}{\cos 35 + \sqrt{2,419^2 - \sin^2 35}}$$

$$r_{\perp} = -0,483$$

Cuando \vec{E} es paralelo al plano de incidencia, la amplitud del coeficiente de reflexión paralela r_{\parallel} es:

$$r_{\parallel} = \frac{n_t \cos \theta_i - n_i \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t}$$

Desarrollando la ecuación podemos encontrar:

$$r_{\parallel} = \frac{n_{ii}^2 \cos \theta_i - \sqrt{n_{ii}^2 - \sin^2 \theta_i}}{n_{ii}^2 \cos \theta_i + \sqrt{n_{ii}^2 - \sin^2 \theta_i}}$$

Sustituyendo valores obtenemos:

$$r_{\parallel} = \frac{2,419^2 \cos 35 - \sqrt{2,419^2 - \sin^2 35}}{2,419^2 \cos 35 + \sqrt{2,419^2 - \sin^2 35}}$$

$$r_{\parallel} = 0,342$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Llamamos Ecuaciones de Fresnel al.....

2- La ecuación $t = \frac{E_{ot}}{E_{oi}}$ representa.....

3- Escriba las ecuaciones de r_{\perp} y t_{\parallel} en función de θ_i y θ_t .

.....

4- Aplicando la ley de Snell a medios dieléctricos, escriba el modelo matemático de t_{\perp} y r_{\parallel} :

.....

5- ¿Qué entiende por reflectancia?.....

6- Se llama transmitancia a:.....

7- De acuerdo a la ley de conservación de la energía se tiene el siguiente enunciado:

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Comprobar que para todos los valores de θ_i , $t_{\perp} + (-r_{\perp}) = 1$, utilizando las expresiones de los coeficientes que dependen solamente de θ_i y θ_t

2- Obtenga los coeficientes de amplitud de incidencia normal en una interfase lucita – aire.

Resp. a) 0,2 **b)** 1,2

3- Un haz de luz linealmente polarizada, cuyo campo \vec{E} es normal al plano de incidencia en el aire a 55° sobre una superficie de separación Hielo – sodio. Encuentre los coeficientes de amplitud de reflexión y de transmisión.

Resp. a) -0,689 **b)** 0,311

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Estas animaciones abarca los conceptos, modelo matemáticos y gráficos de las Ecuaciones de Fresnel, además se incluye tanto los conceptos como las ecuaciones de la Reflectancia y la Transmitancia.

OP129C1

OP129C2

OP129C3

OP129C4

b) Ejercitativas: Aquí encontraremos dos ejercicios resueltos paso a paso de las Ecuaciones de Fresnel, utilizando lo aprendido en las animaciones conceptuales se podrá analizar ejercicios enfocados a este tema.

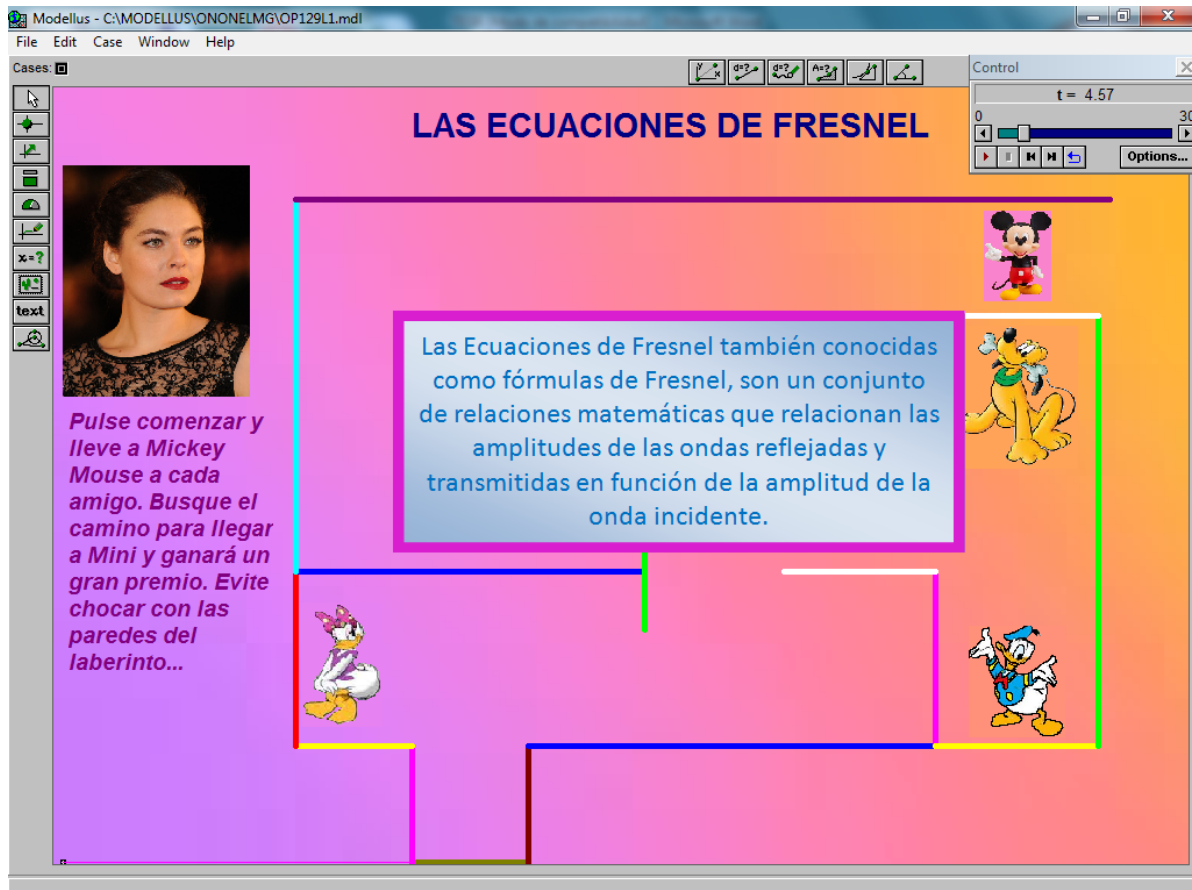
OP129E1

OP129E2

c) Lúdica: Esta animación se trata de un juego interactivo en el que podrá ir obteniendo diferentes conceptos, ecuaciones del tema estudiado y al culminar la prueba obtendrá un premio ya sea un concepto o un modelo matemático de este tema.

OP129L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



Descripción: Esta animación es de tipo lúdica, siendo el objetivo del juego es llevar al Mickey Mouse hasta donde se encuentra Mini pero sin chocar con ninguna de las paredes del laberinto, además ir visitando a cada amigo en su posición y encontrando sorpresas, éstas pueden ser conceptos o modelos matemáticos de las Ecuaciones de Fresnel.

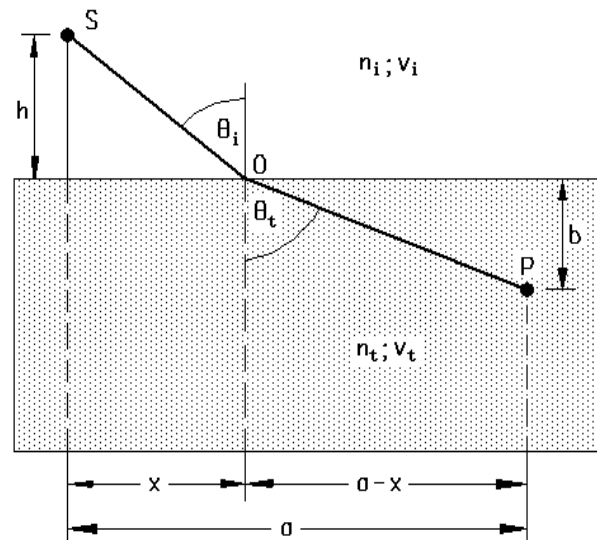
1.2.11 EL PRINCIPIO de DE FERMAT

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Conocer el enunciado y modelo matemático relacionado con el tema.
- 2- Desarrollar el modelo matemático a partir de un gráfico.
- 3- Aplicar los conceptos desarrollados a los problemas planteados.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

El principio de De Fermat es un concepto muy importante dentro de la Óptica ya que nos permite anticipar el comportamiento de la luz. Inicialmente este concepto se formuló de la siguiente manera: "La trayectoria real entre dos puntos tomada por un haz de luz es aquella que es recorrida en el tiempo mínimo". La derivada del tiempo con respecto a la variable espacial se hace igual a cero. Sin embargo, como veremos más adelante, esta formulación es aún incompleta y algo equivocada. De todos modos, veamos qué pasa al aplicarla al fenómeno de la refracción, figura 1.2.11.1.



F i g u r a 1 . 2 . 1 1 . 1

El tiempo que tarda la onda luminosa para ir de S a P es:

$$t = \frac{SO}{v_i} + \frac{OP}{v_t}$$

pero:

$$SO = \sqrt{h^2 + x^2} \quad \text{y} \quad OP = \sqrt{b^2 + (a - x)^2}$$

entonces:

$$t = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{v_i} + \frac{\sqrt{b^2 + (a - x)^2}}{v_t}$$

Aplicando el principio de De Fermat, para minimizar el tiempo $t(x)$ con respecto a la variable espacial x , hacemos $dt/dx = 0$, con lo cual obtenemos:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{x}{v_i \sqrt{h^2 + x^2}} + \frac{-(a-x)}{v_i \sqrt{b^2 + (a-x)^2}} = 0$$

Pero, según la figura 1.2.11.1:

$$\frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}} = \text{Sen } \theta_i \quad \text{y} \quad \frac{(a-x)}{\sqrt{b^2 + (a-x)^2}} = \text{Sen } \theta_t$$

por lo que la expresión anterior se transforma en:

$$\frac{\text{Sen } \theta_i}{v_i} = \frac{\text{Sen } \theta_t}{v_t}$$

que es una forma alterna de la Ley de Snell. Entonces, si un haz utiliza el mínimo tiempo para ir de un punto S a un punto P, satisface también la Ley de Snell. Vemos, entonces, que el principio de De Fermat permite obtener la ley de la refracción.

Si se tiene un material de m capas, cada una de ellas con diferente índice de refracción, entonces el tiempo requerido por el haz para ir de S a P es:

$$t = \frac{s_1}{v_1} + \frac{s_2}{v_2} + \frac{s_3}{v_3} + \dots + \frac{s_m}{v_m} = \sum_{i=1}^m \frac{s_i}{v_i}$$

Ya que $v_i = \frac{c}{n_i}$, la expresión anterior se puede escribir en la forma:

$$t = \frac{1}{c} \sum_{i=1}^m n_i s_i$$

de donde:

$$\boxed{ct = LTO = \sum_{i=1}^m n_i s_i} \quad (1.2.11.1)$$

expresión conocida como "longitud de trayectoria óptica", LTO .

Si el medio es no homogéneo y n es una función de la posición, la ecuación (1.2.10.1) toma la forma:

$$\boxed{LTO = \int_S^P n(s) ds} \quad (1.2.11.2)$$

Por lo tanto, en un segundo intento, el principio de De Fermat establece que: "La luz al ir de un punto S a un punto P sigue la trayectoria que tiene la longitud de trayectoria óptica más pequeña"; es decir, la derivada de la LTO con respecto a la variable espacial es cero, esto es:

$$\boxed{\frac{\partial(LTO)}{\partial(\text{variable espacial})} = 0} \quad (1.2.11.3)$$

Pero, todavía hay que mejorar. En la forma moderna, el principio de De Fermat dice: "Al ir un rayo de luz del punto S al punto P, debe recorrer una longitud de trayectoria óptica que es estacionaria con respecto a variaciones de esa trayectoria". En otras palabras, la LTO para la trayectoria verdadera será igual, en primera aproximación, a la LTO de las trayectorias inmediatamente adyacentes a ella; es decir, la primera derivada de la LTO se anula en su desarrollo en serie de Taylor, ya que la trayectoria es estacionaria. Entonces habrá muchas curvas vecinas de la real que tomarán casi el mismo tiempo para que la luz las recorra.

3) PROBLEMA MODELO:

1) Demostrar que los rayos incidentes y reflejados en una superficie de separación plana debe yacer en un plano común.

Tomando en cuenta que: $S(0; y_1; z_1)$ & $P(x_2; y_1; z_1)$ luego:

$$LTO = n_i SO + n_t OP$$

por lo que:

$$LTO = n_i \sqrt{y_1^2 + z_1^2} + \sqrt{x_2^2 + y_1^2 + z_1^2}$$

Utilizando $r_1 = \sqrt{y_1^2 + z_1^2}$ & $r_2 = \sqrt{x_2^2 + y_1^2 + z_1^2}$ entonces:

$$LTO = n_i (r_1 + r_2)$$

Aplicando $\frac{\partial LTO}{\partial r_1} = n_i \left(1 + \frac{dr_2}{dr_1} \right) = 0$ tenemos:

$$1 = -\frac{dr_2}{dr_1} \quad \longrightarrow \quad dr_1 = -dr_2$$

Tomadno en cuenta que $|r_1| = |r_2|$ obtenemos:

$$\sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{x_2^2 + y_1^2 + z_1^2}$$

La cual implica que $x_2 = 0$ con lo cual:

$$x_1 = x_2 \quad \text{Los rayos son coplanares}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- ¿Cuál es la utilidad del principio de De Fermat?.....

2- La ecuación $\frac{\text{Sen } \theta_i}{v_i} = \frac{\text{Sen } \theta_t}{v_t}$ representa.....

3- Enuncie el principio de De Fermat:.....

3- La derivada de la LTO con respecto a la variable espacial cero es:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Utilizando el principio de De Fermat, demuestre la ley de la reflexión, pero utilizando como variable espacial el ángulo θ_i .

Resp. a) -0,689 b) 0,311

2- Demuestre, utilizando el principio de De Fermat, que los rayos que divergen de una fuente puntual situada en foco de un espejo cóncavo, convergen sobre el otro foco después de su reflexión sobre las superficies interiores del elipsoide.

Resp. a) -0,689 b) 0,311

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Estas animaciones manifiestan los conceptos destacados del Principio de De Fermat con los modelos matemáticos respectivos.

OP1210C1

OP1210C2

OP1210C3

OP1210C4

OP1210C5

b) Ejercitativas: Aquí se ha plasmado dos ejercicios aplicando los conceptos y los modelos matemáticos estudiados anteriormente, se podrá observar paso a paso la resolución de los mismos.

OP1210E1

OP1210E2


c) Lúdica: Esta animaciones nos ayudara a completar nuestro estudio sobre el Principio de De Fermat siendo un juego divertido e interactivo.

OP1210L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\ONONELMG\OP1210C2.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: 

Control: t = 43.00

EL PRINCIPIO de DE FERMAT

El tiempo que tarda la onda luminosa para ir de S a P es:

$$t = \frac{SO}{v_i} + \frac{OP}{v_t}$$

pero:

$$SO = \sqrt{h^2 + x^2}$$

$$OP = \sqrt{b^2 + (a - x)^2}$$

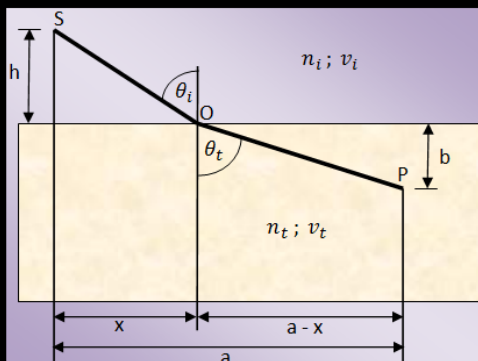

entonces:

$$t = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{v_i} + \frac{\sqrt{b^2 + (a - x)^2}}{v_t}$$

Aplicando el Principio de De Fermat, para minimizar el tiempo $t(x)$ con respecto a la variable espacial x , hacemos $dt/dx = 0$ con lo cual obtenemos:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{x}{v_i \sqrt{h^2 + x^2}} + \frac{-(a - x)}{v_t \sqrt{b^2 + (a - x)^2}} = 0$$

De acuerdo al gráfico tenemos:

$$\frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}} = \text{Sen}\theta_i \quad \frac{(a - x)}{\sqrt{b^2 + (a - x)^2}} = \text{Sen}\theta_t$$



Pulse comenzar y siga estudiando El Principio de De Fermat...

Descripción: Esta animación es de tipo conceptual, donde se va obteniendo modelos matemáticos relacionados con el tema, a partir de un gráfico, por lo que se puede observar paso a paso con la explicación respectiva la obtención de cada ecuación.

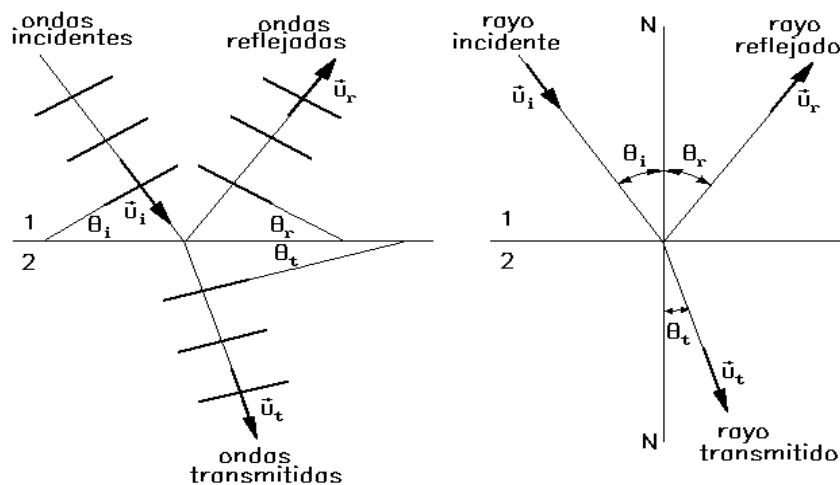
2.1.1 REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Descubrir y aprender los conceptos de la reflexión y refracción de la luz.
- 2- Demostrar que los modelos matemáticos responden a la realidad física analizada.
- 3- Trasladar la información teórica a la resolución de las actividades.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Consideremos una onda plana monocromática que se propaga en la dirección \vec{u}_i en el medio 1 con índice de refracción n_i ; al llegar a la superficie de separación, parte de esta onda se refracta al medio 2, donde el índice de refracción es n_r , y parte se refleja al medio 1, figura 2.1.1.1.



F i g u r a 2 . 1 . 1 . 1

Si el ángulo de incidencia es oblicuo, las ondas refractadas se prolongan en la dirección \vec{u}_t y las reflejadas en dirección \vec{u}_r , siendo estas últimas, simétricas a la dirección \vec{u}_i con respecto a la superficie. Los ángulos de incidencia, transmisión y reflexión son θ_i , θ_t y θ_r , respectivamente.

Un rayo es una línea en el espacio que corresponde a la dirección de flujo de la energía radiante o, dicho de otra manera, son líneas normales a los frentes de onda en cada punto de intersección; es decir: en tal medio, el rayo es paralelo al vector

de propagación \vec{K} . El rayo incidente y la normal a la superficie de separación determinan el plano de incidencia.

En resumen, las tres leyes básicas de la reflexión y la refracción son:

1) Los rayos incidente, reflejado y refractado son coplanares; es decir, están en un mismo plano, el de incidencia. En una forma más matemática:

$$\boxed{\vec{K}_i, \vec{K}_r \text{ \& } \vec{K}_t \text{ son coplanares}} \quad (2.1.1.1)$$

2) El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, es decir:

$$\boxed{\theta_i = \theta_r} \quad (2.1.1.2)$$

conocida como, ley de la reflexión.

$$3) \quad \boxed{n_i \text{ Sen } \theta_i = n_t \text{ Sen } \theta_t} \quad (2.1.1.3)$$

conocida como la ley de la refracción o ley de Snell.

3) PROBLEMAS MODELO:

1- Un rayo de luz incide en aire con un ángulo de 70° y se refracta a otro medio con un ángulo de 45° . Halle el índice de refracción del otro medio.

$$n_i \text{ Sen } \theta_i = n_t \text{ Sen } \theta_t$$

De donde:

$$n_t = \frac{n_i \text{ Sen } \theta_i}{\text{Sen } \theta_t} = \frac{1 \cdot \text{Sen } 70}{\text{Sen } 45}$$

$$n_t = 1,329$$

2- Un rayo de luz pasa de vidrio a agua. Si se trasmite en un ángulo de 60° , ¿cuál fue el ángulo de incidencia?

$$n_i \text{ Sen } \theta_i = n_t \text{ Sen } \theta_t$$

De donde:

$$\theta_i = \text{Sen}^{-1} \frac{n_t \text{ Sen } \theta_t}{n_i} = \text{Sen}^{-1} \frac{1,333 \text{ Sen } 60}{1,500}$$

$$\theta_i = 50,319$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- La reflexión de la luz es:.....
.....
.....

2- La refracción de la luz consiste en:.....
.....
.....

3- Las leyes de la reflexión y la refracción de la luz son:.....
.....
.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Una capa de aceite de índice de refracción de $n=1,45$ flota sobre agua. Un rayo de luz penetra dentro del aceite con un ángulo incidente de 40° . Encuéntrese el ángulo que el rayo hace en el agua.

Resp. a) $28,9^\circ$

2- Un haz de luz choca contra una superficie de agua con un ángulo incidente de 60° . Determine la dirección de los rayos reflejado y refractado. Para el agua $n=1,33$.

Resp. a) 60° reflejado en el aire b) 41° refractado en el agua

3- Un rayo luminoso que se propaga en el aire incide sobre el agua de un estanque con un ángulo de 30° . ¿Qué ángulo forman entre sí los rayos reflejado y refractado?.

Resp. a) $127,98^\circ$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: todas estas animaciones están relacionadas con el tema óptica geométrica, aquí se puede encontrar una breve explicación de la propagación de una onda en distintos medios así como las leyes básicas de la reflexión y refracción.

OP211C3

OP211C4

OP211C5

b) Ejercitativas: Aquí encontraremos un ejercicio resuelto paso a paso la desviación angular que sufre un rayo, aplicando lo aprendido en las animaciones conceptuales, además cuenta con una animación más, la misma que consiste en aplicar los conocimientos adquiridos en las animaciones anteriores.

OP211E1

OP211E2

c) Lúdica: Esta animación es un juego donde podrá interactuar de una manera divertida, en donde se podrá volver a reforzar algunos conceptos aprendidos.

OP211L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



Modellus - C:\MODELLUS\OPGEOMETVOP211L1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: []

REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

\vec{k}_i , \vec{k}_r y \vec{k}_t son coplanares

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión

$$\theta_i = \theta_r$$

Ley de la refracción o ley de Snell

$$n_i \text{ Sen } \theta_i = n_t \text{ Sen } \theta_t$$

LEYES BÁSICAS DE REFLEXIÓN Y LA REFRACCIÓN DE LA LUZ

Control

t = 50.00

0 50

Options...

Pulse comenzar y arrastre al diablito hacia los angelitos. Cuide de no chocar con las paredes y descubra la frase oculta...

Descripción: Esta animación es de tipo lúdica, la misma consiste en colocar al diablito sobre los ángeles cuidando de no chocar con las bases en los que se encuentran, una vez conseguido lo pedido tendrán como premio las leyes de la reflexión y refracción de la luz.

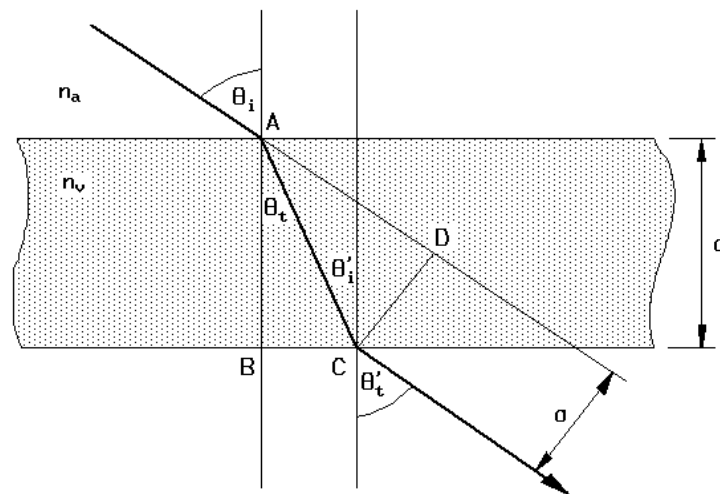
2.1.2 FENÓMENOS DE REFRACCIÓN

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Conocer algunos fenómenos de la naturaleza originados por la refracción de la luz.
- 2- Analizar los modelos matemáticos.
- 3- Desarrollar las actividades propuestas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Cuando una onda pasa a través de un medio limitado por caras planas paralelas, la dirección de propagación del rayo que emerge es paralela a la dirección del rayo que incide, $\theta_i = \theta'_t$, como se muestra en la figura 2.1.2.1.



F i g u r a 2 . 1 . 2 . 1

Si d es el espesor del medio limitado, entonces el desplazamiento a del rayo es:

$$a = \frac{d \operatorname{Sen}(\theta_i - \theta_t)}{\operatorname{Cos} \theta_t} = d \left[\operatorname{Sen} \theta_i - \frac{n_a \operatorname{Sen} 2\theta_i}{2\sqrt{n_v^2 - n_a^2 \operatorname{Sen}^2 \theta_i}} \right] \quad (2.1.2.1)$$

en donde n_v es el índice de refracción del medio limitado, que se supone se encuentra sumergido en el medio circundante de índice de refracción n_a .

IMÁGENES POR REFRACCIÓN

Si dos medios, de índices n_i y n_t , están separados por una interfase plana, y un objeto se encuentra a una distancia s_o de dicha interfase en uno de los medios, un observador situado en el otro verá al objeto a una distancia s_i dada por:

$$s_i = \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} s_o \quad (2.1.2.2)$$

en donde n_i es el índice de refracción del medio en el cual se encuentra el objeto.

Si θ_i y θ_t son muy pequeños, entonces $\cos \theta_i \approx \cos \theta_t = 1$ y la ecuación anterior se transforma simplemente en:

$$s_i = \frac{n_t}{n_i} s_o \quad (2.1.2.3)$$

ÁNGULO LÍMITE O CRÍTICO

El ángulo crítico es el valor del ángulo incidente para el cual el ángulo de transmisión es igual a 90° . Con esto, la ecuación de Snell se transforma en $n_i \text{Sen } \theta_c = n_t \text{Sen } 90$, de donde:

$$\theta_c = \text{Sen}^{-1} \frac{n_t}{n_i} \quad (2.1.2.4)$$

Para ángulos incidentes mayores que el ángulo crítico, toda la energía incidente se refleja al medio incidente, lo cual se conoce como "reflexión total interna".

Se hace uso del fenómeno de la reflexión total interna en el diseño y construcción de algunos sistemas ópticos tales como los binoculares prismáticos, las fibras ópticas y otros dispositivos especiales que se usan en el mundo de hoy.

3) PROBLEMA MODELO:

1) El índice de refracción del diamante es 2,42. ¿Cuál es el ángulo crítico para la luz que pasa del diamante al aire?

$$n_i \text{ Sen } \theta_i = n_t \text{ Sen } \theta_t$$

$$(2,42) \text{ Sen } \theta_0 = (1) \text{ Sen } 90$$

$$\theta_0 = \text{Sen}^{-1} \frac{\text{Sen } 90}{2,42}$$

$$\theta_0 = 24,41^\circ$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- La ecuación del desplazamiento es:.....

2- El ángulo crítico es:.....

3- La reflexión total interna se produce para ángulos:.....

4- La ecuación para el ángulo límite o crítico es:

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Una alberca ($n = 4/3$) tiene 60 cm de profundidad. Calcule la profundidad aparente cuando se observa verticalmente desde el aire.

Resp. a) 45 cm

2- El ángulo crítico para la luz que pasa de la sal de roca al aire es de $40,5^\circ$. Calcúlese el índice de refracción de la sal de roca.

Resp. a) 1,54

3- Halle el corrimiento que sufre un rayo de luz que incide en aire en 50° sobre un cubo de rutilo de 3 m de arista.

Resp. a) 1,739

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En estas animaciones se pueden encontrar el proceso que experimenta una onda al incidir en un medio limitado por caras planas paralelas, una breve explicación de las imágenes formadas por refracción con su respectiva gráfica y ecuaciones, también la respectiva explicación cuando ocurre la reflexión total con su correspondiente gráfica y ecuaciones.

OP212C1

OP212C2

OP212C3

b) Ejercitativas: Aquí encontraremos un ejercicio resuelto paso a paso de la refracción, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en las animaciones conceptuales.

OP212E1

c) Lúdica: Está animación es un juego en el que el usuario tendrá que aplicar sus aptitudes tanto mentales como motrices, en donde se regresará a fortalecer los conceptos aprendidos.

OP212L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\OPGEOMETVOP212C1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: []

FENÓMENOS DE REFRACCIÓN

Cuando una onda pasa a través de un medio limitado por caras planas paralelas, la dirección de propagación del rayo que emerge es paralela a la dirección del rayo que incide, $\theta_i = \theta'_i$.



Si d es el espesor del medio limitado, entonces el desplazamiento del rayo es:

$$a = \frac{d \operatorname{Sen}(\theta_i - \theta_t)}{\operatorname{Cos} \theta_t}$$

$$a = d \left[\operatorname{Sen} \theta_i - \frac{n_a \operatorname{Sen} 2\theta_i}{2\sqrt{n_v^2 - n_a^2 \operatorname{Sen}^2 \theta_i}} \right]$$


En donde n_v es el índice de refracción del medio limitado que se encuentra sumergido en el medio circundante de índice de refracción n_a .

Control

t = 20.00

0 20

Pulse comenzar para estudiar los fenómenos de refracción...



Dibujo - Paint

Descripción: Esta animación es de tipo conceptual en la que se muestra el comportamiento de una onda que atraviesa un medio limitado por caras planas paralelas, también se plasma las ecuaciones del espesor del medio y la ecuación para el desplazamiento del rayo.

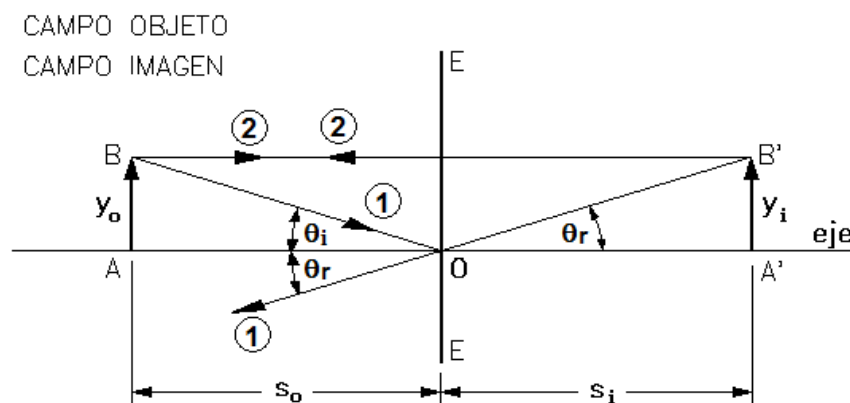
2.1.3 ESPEJOS PLANOS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Descubrir y aprender los conceptos relacionados con el tema.
- 2- Estudiar los modelos matemáticos.
- 3- Resolver correctamente los problemas propuestos.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Los espejos planos son interfases o superficies planas con recubrimientos adecuados para producir la máxima reflexión de la luz que incide sobre ellas. Los espejos planos son utilizados en algunos instrumentos ópticos y también en nuestros hogares. Lo más sustancial relacionado con sistemas ópticos es la formación de imágenes y es lo que desarrollaremos a continuación haciendo uso de los rayos.



F i g u r a 2 . 1 . 3 . 1

En la figura 2.1.3.1 se han incluido todos los parámetros que entran en juego. Siempre supondremos que la luz entra de izquierda a derecha; por lo tanto el objeto AB, de altura y_o , deberá situarse a la izquierda en la región llamada "campo objeto". Puesto que el fenómeno que entra en juego con espejos es la reflexión, lo normal es que también la imagen se forme a la izquierda del espejo, de modo que la región llamada "campo imagen" se encuentra también allí, como se ha visto en la figura. Cuando las imágenes se forman efectivamente en su respectivo campo imagen se

denominan "reales", en caso contrario se llaman "virtuales". Las distancias objeto e imagen, s_o y s_i , se miden a partir del espejo EE y son positivas si se encuentran en

sus respectivos campos; en caso contrario son negativas. Las alturas objeto e imagen, y_o & y_i , son positivas (derechas) cuando se encuentran sobre el eje longitudinal o eje óptico, en caso contrario son negativas (invertidas).

De la geometría de la figura 2.1.3.1 observamos que la imagen del punto A se formará en algún punto del eje; para la imagen del punto B trazamos los rayos 1 y 2 los cuales al reflejarse en el espejo divergen y nunca se intersectarán; entonces los prolongamos hasta que se intersecten marcando el punto imagen B' correspondiente a B y desde allí completamos el trazo de la imagen A'B' hasta el eje, la cual tiene una altura y_i . Claramente vemos que $y_o = y_i$; $s_o = -s_i$ y que la imagen es virtual, derecha e igual.

Para los sistemas ópticos se introduce el concepto de "aumento transversal" dado por la relación o cociente entre las alturas imagen y objeto, esto es:

$$M_T = \frac{y_i}{y_o} \quad (2.1.3.1)$$

Resumiendo: para los espejos planos se cumplen las relaciones:

$$s_o = -s_i \quad (2.1.3.2)$$

$$y_o = y_i \quad (2.1.3.3)$$

$$M_T = \frac{y_i}{y_o} = 1 \quad (2.1.3.4)$$

y las imágenes obtenidas son virtuales, derechas e iguales.

Al colocar un objeto S en la abertura de dos espejos planos que forman un ángulo diedro θ , figura 2.1.3.2, se formará un número N de imágenes dado por la expresión:

$$N = \frac{360}{\theta} - 1 \quad (2.1.3.5)$$

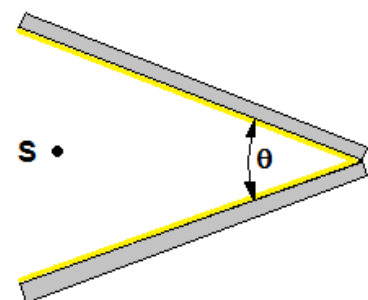


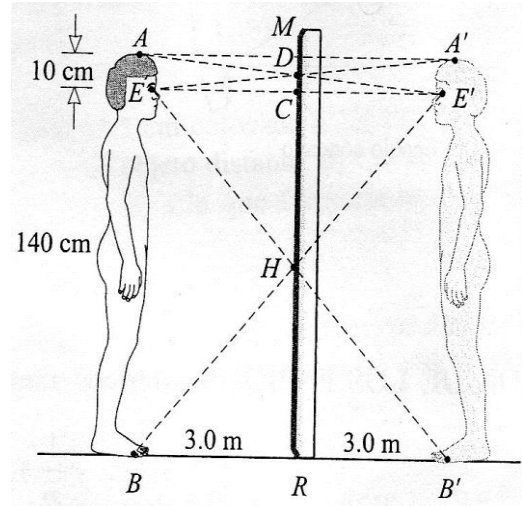
Figura 2.1.3.2

en donde θ se expresa en grados sexagesimales.

Observe que si $\theta \rightarrow 0$, $N \rightarrow \infty$ y esto mismo ocurre cuando se coloca un objeto entre dos espejos planos paralelos.

3) PROBLEMA MODELO:

1) Un muchacho de 1,50 m de estatura apenas puede ver su imagen en un espejo plano vertical que se encuentra a 3,0 m de distancia. Sus ojos se encuentran a 1,40 m del piso. Determine la altura del espejo y la posición medida desde el piso del espejo más corto en que puede ver completamente su imagen.



En la figura AB representa al muchacho. Sus ojos se localizan en E. Entonces A'B' es la imagen de AB en el espejo MR, y DH representa al espejo más pequeño que se necesita para que los ojos vean la imagen A'B'. Los triángulos DEC y DA'M son congruentes y por lo tanto:

$$\overline{CD} = \overline{DM} = 5,0 \text{ cm}$$

Los triángulos HRB' y HCE son congruentes y por consiguiente:

$$\overline{RH} = \overline{HC} = 70 \text{ cm}$$

La altura del espejo es $\overline{HC} = \overline{CD} = 75 \text{ cm}$ y se localiza a $\overline{RH} = 70 \text{ cm}$ del piso.

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

- 1- Los espejos planos son:.....
.....
- 2- Los espejos planos son utilizados en:.....
.....
- 3- Una imagen es real cuando:.....
.....
- 4- Una imagen es positiva cuando:
.....

5- Escriba la ecuación del aumento transversal:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Si desea retratarse cuando se encuentre a 3 m de un espejo plano, ¿A qué distancia debe enfocar la cámara que sostiene?

Resp. a) 6 m

2- Dos espejos planos se forman entre sí un ángulo de 90° . Un objeto puntual luminoso se coloca entre ellos. ¿Cuántas imágenes se forman?

Resp. a) 3

3- Una persona de 1,80 m de altura y que tiene los ojos a 1,70 m, del suelo quiere verse de pies a cabeza en un espejo plano vertical. Halla las dimensiones que debe tener el espejo y cómo debe estar colocado para conseguirlo.

Resp. a) 0,85 m b) 0,9 m

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En estas animaciones se puede encontrar los conceptos funcionamiento utilidades y aplicaciones de los espejos planos, también encontraremos el desarrollo ordenado de la formación de imágenes en los espejos planos, y las relaciones que se cumplen para los mismos.

OP213C1

OP213C2

OP213C3

b) Ejercitativas: En esta animación es de tipo interactiva en la que el usuario deberá aplicar correctamente lo aprendido en las animaciones conceptuales, también consta de una animación más en la que el usuario deberá hacer uso de un espejo plano, para poder percatarse de su utilidad y verificar lo aprendido.

OP213E1

OP213E2

c) Lúdica: Está es una animación es un juego en la que el usuario deberá poner en práctica su habilidad mental y motriz, en la que se podrá afianzar algunos conocimientos.

OP213L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



ESPEJOS PLANOS

Los espejos planos son interfaces o superficies planas con recubrimientos adecuados para producir la máxima reflexión de la luz que incide sobre ellas.

Pulse comenzar para estudiar el concepto de espejos planos...

Los espejos planos son utilizados en algunos instrumentos ópticos y también en nuestros hogares, pues son los que usamos cada mañana para mirarnos.

Una imagen en un espejo se ve como si el objeto estuviera detrás y no frente a éste ni en la superficie, por lo que es un error frecuente el pensar que la imagen la vemos en la superficie del espejo.

Descripción: Esta animación es de tipo conceptual en la que se plasma el concepto, la utilidad y las características de los espejos, también se muestran las imágenes que sirven de ayuda para un mejor entendimiento.

2.1.4 ESPEJOS ESFÉRICOS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Conocer y aprender los conceptos y ecuaciones de esta clase de espejos.
- 2- Reconocer las aplicaciones que prestan estos espejos.
- 3- Aplicar los conocimientos a la resolución de los problemas propuestos en las actividades.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Los espejos curvos se clasifican en no esféricos y esféricos. Las superficies lisas que reflejan especularmente la luz y que tienen forma esférica constituyen los espejos esféricos, figura 2.1.4.1.

En la zona paraxial, los espejos esféricos se pueden considerar, sin mayor error, como espejos no esféricos, y más concretamente como espejos parabólicos, figura 2.1.4.2.

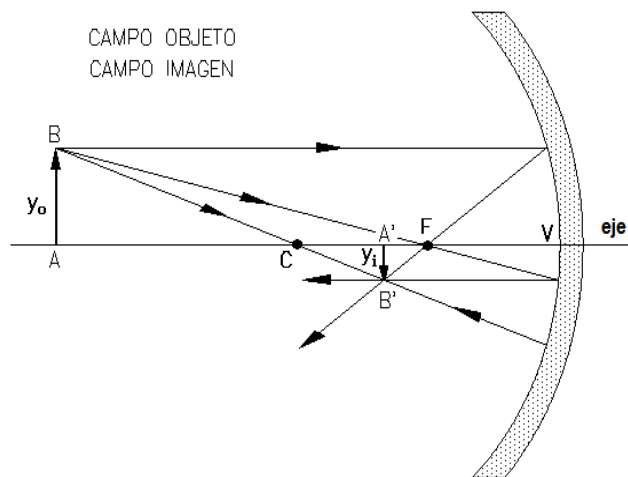


Figura 2.1.4.1

La ecuación de los espejos parabólicos es:

$$\boxed{\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \approx \frac{2}{R}} \quad (2.1.4.1)$$

que es también válida para espejos esféricos de poca abertura, es decir, para su zona paraxial.

La interpretación de los diferentes parámetros se muestra en la tabla 2.1.4.1.

Para la construcción de imágenes en espejos esféricos se utilizan los tres siguientes rayos principales:

1- Rayo que llega paralelo al eje óptico emerge por el foco (o como que viniera de él).

2- Rayo que llega por el foco (o como si fuera hacia él) emerge paralelo al eje óptico.

3- Rayo que llega por el centro de curvatura del espejo (o como si fuera hacia él) regresa por el mismo camino.

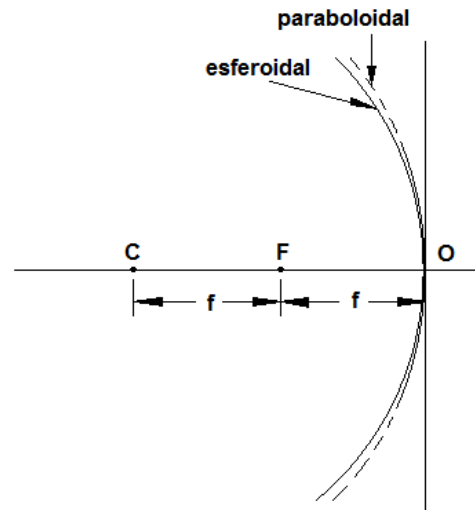


Figura 2.1.4.2

Los espejos esféricos pueden ser cóncavos o convexos. Los primeros pueden producir imágenes reales y virtuales, dependiendo de cuál sea la posición del objeto. Los segundos sólo producen imágenes virtuales, como se indica en la tabla 2.1.4.2.

Para los espejos esféricos, su aumento transversal es:

$$M_T = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{s_i}{s_o} \quad (2.1.4.2)$$

el cual es válido también para cualquier otro elemento óptico, especialmente para los denominados "lentes".

Los espejos esféricos se representan mediante una línea vertical con sus extremos quebrados hacia la izquierda (cóncavos) o hacia la derecha (convexos).

$s_o; f$	+ en el campo objeto
s_i	+ en el campo imagen
R	+ en el campo imagen
$y_o; y_i$	+ por encima del eje óptico

Tabla 2.1.4.1

PARÁMETRO	S I G N O	
	+	-
s_o	objeto real	objeto virtual
s_i	imagen real	imagen virtual
f	espejo cóncavo	espejo convexo
y_o	objeto derecho	objeto invertido
y_i	imagen derecha	imagen invertida
M_T	imagen derecha	imagen invertida
R	espejo cóncavo	espejo convexo

T a b l a 2 . 1 . 4 . 2

3) PROBLEMA MODELO:

1) ¿Dónde se debe colocar un objeto respecto a un espejo esférico cóncavo de radio 180 cm para que se forme una imagen real y que tenga la mitad de las dimensiones lineales del objeto?

La amplificación debe ser de $1/2$; entonces $s_i = \frac{s_o}{2}$. Por tanto:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{R} \quad \text{o} \quad \frac{1}{30} + \frac{1}{s_i} = -\frac{2}{40} \quad \text{o} \quad s_i = -12 \text{ cm}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Los espejos esféricos son:.....

2- Los elementos de los espejos esféricos son:.....

3- Los espejos esféricos pueden ser:.....0.....

4- Los espejos cóncavos producen imágenes:.....

5- Un rayo que llega paralelo al eje:.....

6- Escriba la ecuación del aumento transversal para espejos esféricos:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Se coloca un objeto de 5 cm de altura a 20 cm delante de un espejo cóncavo de 30 cm de distancia focal. Estudie la imagen que se forma.

Resp. a) $s_i = -60 \text{ cm}$ **b)** $M_T = 3$ **c)** $y_i = 15 \text{ cm}$ *La imagen es VDA*

2- Analice la imagen que se forma de un objeto de 2 cm de altura colocado a 10 cm de un espejo convexo de 20 cm de radio.

Resp. a) $s_i = -5 \text{ cm}$ **b)** $M_T = 0,5$ **c)** $y_i = 1 \text{ cm}$ *La imagen es VDD*

3- ¿A qué distancia, frente a un espejo esférico cóncavo de radio 120 cm, debe parar un niño para que la imagen que ve de su cara sea derecha y aumentada cuatro veces su tamaño natural?

Resp. a) *45 cm frente al espejo*

4- ¿Qué clase de espejo esférico se debe utilizar y cuál tiene que ser su radio para que forme una imagen derecha de una quinta parte de la altura de un objeto colocado a 15 cm frente a él?

Resp. a) $R = -7,5 \text{ cm}$ (*espejo convexo*)

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En estas animaciones se pueden hallar el concepto, ecuaciones, clasificación, elementos y ejemplos de los espejos esféricos, además encontraremos el desarrollo sistemático de la construcción de imágenes en estos espejos, así también se mostrará la interpretación de los diferentes parámetros.

OP214C1

OP214C2

OP214C3

OP214C4

b) Ejercitativas: Esta animación es de tipo interactiva en la que el usuario pondrá en práctica sus habilidades mentales y motrices para poder desarrollarla correctamente.

OP214E1


c) Lúdica: Esta animación es un juego en la que el usuario deberá poner mucha atención para lograr lo pedido en la misma, en la que se podrá verificar algunos conocimientos adquiridos en las animaciones conceptuales

OP214L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\OPGEOMET\OP214C1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: 

ESPEJOS ESFÉRICOS

Las superficies lisas que reflejan especularmente la luz y tienen forma esférica constituyen los espejos esféricos.

Los elementos de los espejos esféricos son: vértice, radio, centro, foco, y eje.

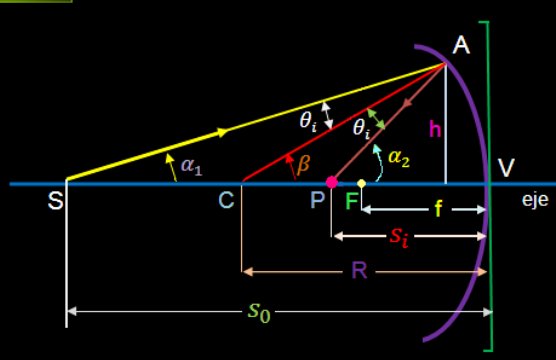


En la zona paraxial los espejos esféricos se pueden considerar como espejos paraboloidales.

La ecuación de los espejos paraboloidales es:

$$\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \approx \frac{2}{R}$$

La ecuación anterior también es válida para espejos esféricos de poca abertura, es decir, para su zona paraxial.

Pulse comenzar para estudiar el tema espejos esféricos...

Control: t = 50.00

Descripción: En esta animación se muestran los conceptos, características y elementos de los espejos esféricos, así como la ecuación para los espejos paraboloidales, y la grafica con las posiciones de los diferentes elementos de los espejos esféricos.

2.1.5 REFRACCIÓN EN INTERFASES ESFÉRICAS

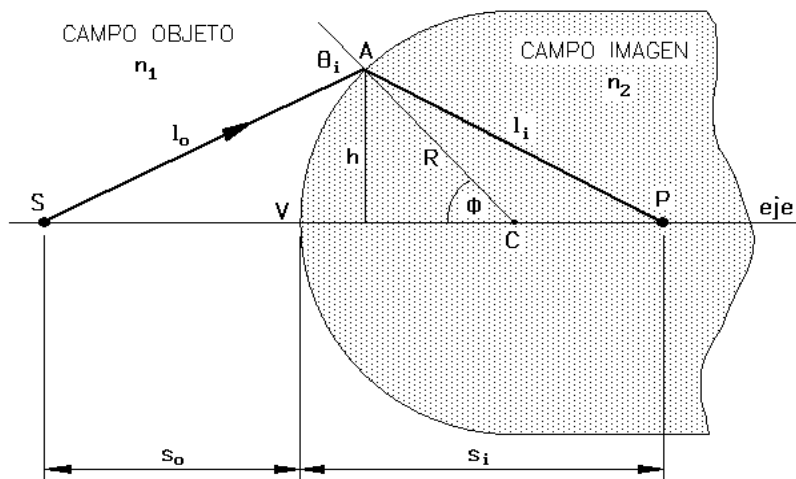
1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Sintetizar varios preconceptos relacionados con el tema.
- 2- Observar y analizar las ecuaciones.
- 3- Aplicar los conceptos desarrollados a la resolución de las actividades planteadas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Consideremos una fuente puntual S que emite rayos, los cuales llegan a una interfase esférica de radio R con centro C , como se indica en la figura 2.1.5.1. Entonces el rayo SA será refractado en la interfase esférica llegando al punto P de tal manera que $n_1 SA + n_2 AP = LTO$; es decir:

$$n_1 l_o + n_2 l_i = LTO.$$



F i g u r a 2 . 1 . 5 . 1

Si A se mueve sobre la interfase, entonces la variable espacial más conveniente de utilizar es ϕ . De la aplicación del principio de Fermat, $dLTO/d\phi = 0$, se obtiene:

$$\frac{n_1}{l_o} + \frac{n_2}{l_i} = \frac{1}{R} \left[\frac{n_2 s_i}{l_i} - \frac{n_1 s_o}{l_o} \right]$$

Para valores pequeños de ϕ , $l_i \approx s_i$ y $l_o \approx s_o$ y los rayos que llegan son los "paraxiales"; entonces la ecuación anterior se reduce a:

$$\boxed{\frac{n_1}{s_o} + \frac{n_2}{s_i} = \frac{n_2 - n_1}{R}} \quad (2.1.5.1)$$

que es la ecuación para "refracción en interfases esféricas".

Si el objeto S se encuentra a una distancia objeto s_o tal que su distancia imagen $s_i = \infty$, entonces $s_o = f_o$, la cual se llama distancia focal objeto y el punto en el que se encuentra el objeto S se conoce como foco objeto, F_o . Entonces, de la ecuación (2.1.5.1) tenemos:

$$\boxed{f_o = \frac{n_1}{n_2 - n_1} R} \quad (2.1.5.2)$$

Si la imagen P se forma a una distancia imagen s_i tal que su distancia objeto $s_o = \infty$, entonces $s_i = f_i$, la cual se llama distancia focal imagen y el punto en el que se forma la imagen P se conoce como foco imagen, F_i . Así también, de la ecuación (2.1.5.1) tenemos:

$$\boxed{f_i = \frac{n_2}{n_2 - n_1} R} \quad (2.1.5.3)$$

Recordemos, además que la relación entre las alturas de la imagen y del objeto se denomina "aumento transversal", esto es:

$$\boxed{M_T = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{n_1 s_i}{n_2 s_o}} \quad (2.1.5.4)$$

La tabla 2.1.5.1 contiene la convención de signos para superficies refractoras y también para lentes esféricas delgadas. Siempre consideraremos que la luz entra por la parte izquierda. En dicho cuadro, x_o es la distancia desde el foco objeto hasta el objeto, x_i es la distancia desde el foco imagen hasta la imagen y y_o & y_i son las alturas del objeto e imagen, respectivamente.

$s_o; f_o$	+ en el campo objeto
x_o	+ izquierda de F_o
$s_i; f_i$	+ en el campo imagen
x_i	+ derecha de F_i
R	+ en el campo imagen
$y_o; y_i$	+ arriba del eje óptico

T a b l a 2 . 1 . 5 . 1

3) PROBLEMA MODELO:

1) Una varilla de diamante tiene 15 cm de radio y está sumergida en agua. Tiene una superficie cóncava en su extremo izquierdo. Localice los focos del sistema.

$$f_o = \frac{n_1}{n_2 - n_1} R$$

$$f_o = \frac{1,333}{2,419 - 1,333} (-15)$$

$$f_o = -18,41$$

$$f_i = \frac{n_2}{n_2 - n_1} R$$

$$f_i = \frac{2,419}{2,419 - 1,333} (-15)$$

$$f_i = -33,41$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Las distancias s_o y s_i son positivas sí:.....

2- Escriba la ecuación para interfases esféricas:

3- x_0 es la distancia desde:.....

4- Escriba la ecuación del aumento transversal:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Una varilla de diamante, con un extremo tallado en forma de hemisferio convexo, contiene una pequeña impureza negra. Si el radio de curvatura es 30 cm y la impureza está localizada sobre el eje central a 15 cm del vértice, ¿Dónde aparecerá la imagen cuando la varilla está sumergida en agua?

Resp. a) $s_i = 20 \text{ cm}$

2- Una esfera de vidrio Flint ligero de 6 cm de radio está rodeada por alcohol etílico. Una hormiga está sumergida en alcohol a 8 cm del centro de la esfera; describa su imagen.

Resp. a) $s_i = -2,47 \text{ cm}$ La imagen es virtual

3- Una varilla de diamante, con índice de refracción de 2,419, termina en una superficie semiesférica de 0,07 m de radio y está sumergida en un líquido. Un objeto situado sobre el eje de la varilla a 0,4 m del extremo semiesférico forma una imagen a 1,2 m dentro de la varilla. ¿Cuál es el índice de refracción del líquido?.

Resp. a) $n_l = 1,94$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: En este conjunto de animaciones se puede encontrar algunos conceptos gráficas y las ecuaciones con su respectiva explicación, así también se muestra la tabla de la convención de signos para superficies refractoras.

OP215C1

OP215C2

OP215C3

b) Ejercitativas: En esta animación se encuentra un ejercicio desarrollado paso a paso y con las respectivas ecuaciones correspondientes a este tema, para una mejor comprensión del usuario.

OP215E1

c) Lúdica: Esta animación es un juego en la que el usuario interactúa con el computador probando cada una de sus habilidades para llegar a la meta, una vez conseguido el objetivo el usuario podrá volver a recordar algunas ecuaciones aprendidas en las animaciones conceptuales.

OP215L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\OPGEOMET\OP215E1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: 

REFRACCIÓN EN INTERFASES ESFÉRICAS

Una varilla de diamante, con un extremo tallado en forma de hemisferio convexo, contiene una pequeña impureza negra. Si el radio de curvatura es 20 cm y la impureza está localizada sobre el eje central a 20 cm del vértice, ¿dónde aparecerá la imagen cuando la varilla está sumergida en agua?

DATOS

$n_1 = 1,333$
 $n_2 = 2,419$
 $s_0 = 20 \text{ cm}$
 $R = 20 \text{ cm}$

$$\frac{n_1}{s_0} + \frac{n_2}{s_i} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$
 Ecuación para "refracción en interfaces esféricas".

Sustituyendo los datos tenemos:

$$\frac{n_2}{s_i} = \frac{n_2 - n_1}{R} - \frac{n_1}{s_0} = \frac{2,419 - 1,333}{20} - \frac{1,333}{-20} = 0,12095$$

ahora tenemos:

$$s_i = \frac{n_2}{0,12095} = \frac{2,419}{0,12095}$$

RESPUESTA
 $s_i = 20 \text{ cm}$

Control: $t = 30,00$

En su cuaderno resuelva el siguiente ejercicio... Luego pulse comenzar para verificar su respuesta...





Descripción: Esta animación es de tipo ejercitativa en la que se aplica el modelo matemático de la refracción en interfaces esféricas y se desarrolla paso a paso hasta llegar a la respuesta requerida.

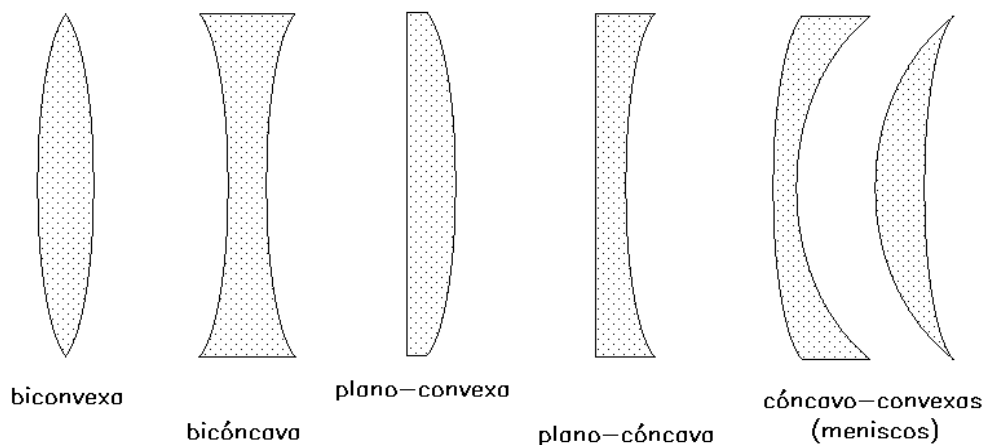
2.1.6 LENTES DELGADAS SIMPLES

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Aprender los conceptos relacionados con el tema.
- 2- Demostrar que el modelo matemático responde a la realidad física analizada.
- 3- Aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de las actividades propuestas.

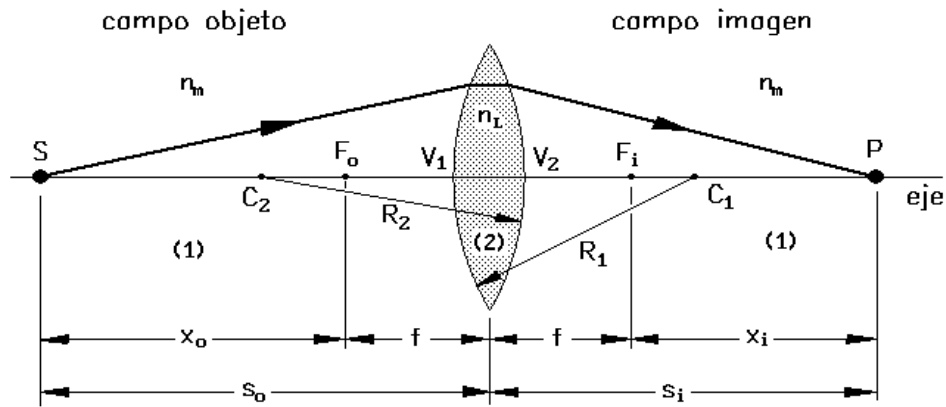
2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Si un sistema óptico está limitado por dos o más interfases, donde al menos una de ella es curva, se llama lente. Si únicamente está formada por dos interfases se llama lente simple y si tiene más de dos superficies refractoras se denomina lente compuesta. Además, una lente puede ser delgada o gruesa. La figura 2.1.6.1 ilustra las diferentes formas y nombres que puede tomar una lente delgada simple.



F i g u r a 2 . 1 . 6 . 1

Estas lentes pueden agruparse en dos grupos: convergentes o positivas y divergentes o negativas.



F i g u r a 2 . 1 . 6 . 2

Cuando la luz atraviesa por una lente, figura 2.1.6.2, sufre dos refracciones, una al entrar y otra al salir. Entonces, aplicando la ecuación (2.1.5.1) a ambas refracciones, recordando el convenio de signos y realizando algunas simplificaciones se llega a la expresión:

$$\boxed{\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = (n_{Lm} - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]} \quad (2.1.6.1)$$

que es la "ecuación de las lentes delgadas". Éstas tienen dos focos F_o y F_i , equidistantes con respecto al centro óptico de la lente; es decir, $f_o = f_i = f$. Si $s_o \rightarrow \infty$, entonces $s_i = f_i = f$ y la ecuación (2.1.6.1) toma la forma:

$$\boxed{\frac{1}{f} = (n_{Lm} - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]} \quad (2.1.6.2)$$

conocida como "ecuación del constructor de lentes".

Relacionando las ecuaciones (2.1.6.1) y (2.1.6.2) se obtiene:

$$\boxed{\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}} \quad (2.1.6.3)$$

que es la "forma gaussiana" de la ecuación de las lentes delgadas.

Escribiendo s_o y s_i en función de x_o , x_i y f , la ecuación (2.1.6.3) llega a tomar la siguiente apariencia:

$$\boxed{x_o \cdot x_i = f^2} \quad (2.1.6.4)$$

que es la "forma newtoniana" de la ecuación de las lentes delgadas.

IMÁGENES EN LENTES DELGADAS SIMPLES

La ubicación, tamaño y orientación de la imagen formada por lentes delgadas se puede determinar mediante el trazo de dos de los tres "rayos principales" siguientes:

- 1) Rayo que llega a la lente paralelo al eje óptico emerge por el foco imagen, F_i (o como que viniera de él).
- 2) Rayo que llega por el foco objeto, F_o (o como que fuera hacia él) emerge paralelo al eje óptico.
- 3) Rayo que llega por el centro de la lente no se desvía.

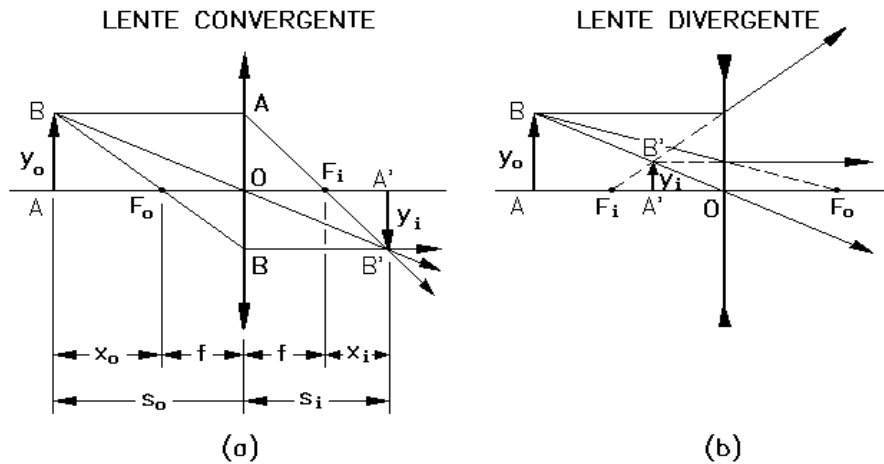
Las lentes delgadas se representan mediante una línea vertical que pasa por el centro óptico de la lente, con las saetas salientes, si la lente es convergente o positiva, y con las saetas entrantes, si la lente es divergente o negativa.

Las figuras 2.1.6.3.a y 2.1.6.3.b indican el trazo de los tres rayos principales en las lentes convergentes y divergentes. Observe la ubicación de F_o y F_i para cada caso.

La altura del objeto se representa con y_o y la altura de la imagen con y_i , las cuales son positivas si están sobre el eje óptico.

Ya habíamos indicado que a la relación $\frac{y_i}{y_o}$ se le conoce como "aumento transversal", M_T , de la lente:

$$\boxed{M_T = \frac{y_i}{y_o}} \quad (2.1.6.5)$$



F i g u r a 2 . 1 . 6 . 3

De la figura 2.1.6.3 (a) se obtiene:

$$\frac{y_o}{|y_i|} = \frac{s_o}{s_i} \quad (\text{semejanza de triángulos})$$

Por lo tanto la ecuación (2.1.6.5) puede escribirse también como:

$$M_T = -\frac{s_i}{s_o} \quad (2.1.6.6)$$

Además, en forma newtoniana, el aumento transversal está dado por:

$$M_T = -\frac{x_i}{f} = -\frac{f}{x_o} \quad (2.1.6.7)$$

La imagen de un objeto tridimensional se formará también en una región tridimensional del espacio. El "aumento longitudinal", M_L , que se relaciona con la dirección axial (para ángulos pequeños), es:

$$M_L = \frac{dx_i}{dx_o}$$

Entonces, diferenciando la ecuación (2.1.6.4) tenemos:

$$M_L = -\frac{f^2}{x_o^2} = -M_T^2 \quad (2.1.6.8)$$

En la tabla 2.1.6.1 se indica el significado de los diferentes parámetros para lentes delgadas e interfases esféricas, en tanto que en la tabla 2.1.6.2 se indican las imágenes de objetos reales formadas por lentes delgadas.

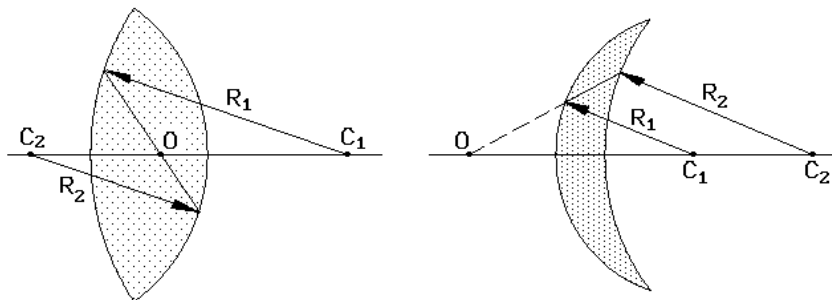
PARÁMETRO	S I G N O	
	+	-
s_o	Objeto real	Objeto virtual
s_i	Imagen real	Imagen virtual
f	Lente convergente	Lente divergente
y_o	Objeto derecho	Objeto invertido
y_i	Imagen derecha	Imagen invertida
M_T	Imagen derecha	Imagen invertida

Tabla 2.1.6.1

LENTE CONVERGENTE				
O B J E T O		I M A G E N		
UBICACIÓN	T I P O	UBICACIÓN	ORIENTACIÓN	TAMAÑO RELATIVO
$\infty > s_o > 2f$	real	$f < s_i < 2f$	invertida	disminuida
$s_o = 2f$	real	$s_i = 2f$	invertida	mismo tamaño
$f < s_o < 2f$	real	$\infty > s_i > 2f$	invertida	aumentada
$s_o = f$	-----	$\pm\infty$	-----	-----
$s_o < f$	virtual	$ s_i > s_o$	derecha	aumentada
LENTE DIVERGENTE				
O B J E T O		I M A G E N		
UBICACIÓN	T I P O	UBICACIÓN	ORIENTACIÓN	TAMAÑO RELATIVO
Cualquier posición	virtual	$ s_i < f $	derecha	disminuida

Tabla 2.1.6.2

Se llama "centro óptico de una lente" al punto, sobre el eje óptico, por el que debe pasar un rayo de luz, cuya dirección de incidencia es la misma que la de emergencia. Para localizar el centro óptico O de una lente se procede de la siguiente manera: se trazan los radios R_1 y R_2 de tal manera que sean paralelos entre sí. Se juntan, mediante un segmento de recta, los puntos de las interfases sobre los cuales llegan los radios. La intersección de este segmento o su prolongación con el eje óptico marca el centro óptico O de la lente, el cual puede quedar dentro o fuera de la lente, como se muestra en la figura 2.1.6.4. En realidad, todas las distancias involucradas en la teoría de lentes delgadas deben medirse a partir del centro óptico de la lente.



F i g u r a 2 . 1 . 6 . 4

3) PROBLEMA MODELO:

1) Describa la imagen de un objeto de 8 cm de altura situado a 40 cm de una lente menisco convergente de vidrio Flint, de radios 20 cm y 80 cm sumergida en aire.

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1,568}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{80} \right)$$

$$f = 46,948 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s_o} = \frac{1}{46,948} - \frac{1}{40}$$

$$s_i = -270,270 \text{ cm}$$

$$M_T = -\frac{s_i}{s_o} = -\frac{270,270}{40}$$

$$M_T = 6,757$$

$$y_i = M_T \cdot y_o = 6,757 \cdot 8$$

$$y_i = 54,054 \text{ cm}$$

La imagen es VDA

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Una lente delgada simple es:.....

2- Los elementos de una lente son:.....

3- Escriba la ecuación de las lentes delgadas simples:

.....

4- Los tipos de lentes son:.....

5- Las lentes cóncavas, divergentes o negativas son:.....

6- Los radios son positivos sí:.....

7- Un rayo que llega a por el foco objeto, F_o

8- Se llama centro óptico de una lente:.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Una lente convergente ($f = 20 \text{ cm}$) se coloca a 37 cm frente a una pantalla, ¿Dónde se debe situar un objeto si su imagen se tiene que formar en la pantalla?.

Resp. a) El objeto se debe situar a 44 cm de la lente.

2- Estudie la imagen que se forma de un objeto de 5 cm de altura, situado a 10 cm de una lente bicóncava de plexiglás de radios 20 cm y 40 cm sumergida en aire.

Resp. a) $f = -\frac{80}{3}$ b) $s_i = -7,273$ c) $M_T = 0,727$ d) $y_i = 3,636 \text{ cm}$
e) *La imagen es VDD*

3- Un objeto de 2 cm de altura está situado a 25 cm de una lente convergente de 20 cm de distancia focal. Calcule la posición de la imagen y su tamaño. ¿Qué características tiene la imagen?

Resp. a) 100 cm b) -8 cm c) *La imagen es invertida y aumentada.*

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Este es un conjunto de animaciones en las que se encuentran los conceptos, clasificación, símbolos y ecuaciones de las lentes delgadas, así también hallaremos las diferentes gráficas para la construcción de imágenes formadas por lentes delgadas, las mismas que muestran el trazo de los tres rayos principales en lentes convergentes y divergentes, consta también de la tabla de los diferentes parámetros para lentes delgadas, para lentes convergentes y lentes divergentes.

OP216C1

OP216C2

OP216C3

OP216C4

OP216C5

OP216C6

OP216C7

OP216C8

b) Ejercitativas: Esta es una animación en la que se desarrolla paso a paso un ejercicio, en el que se aplica cada una de las ecuaciones aprendidas en el tema lentes delgadas simples.

OP216E1

c) Lúdica: Este es una animación interactiva en la que el usuario deberá aplicar correctamente lo aprendido en las animaciones conceptuales, logrando así afianzar los conocimientos adquiridos.

OP216L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



LENTES DELGADAS SIMPLES

Entendemos por lente un sistema óptico formado por dos o más superficies refractoras, siendo al menos una de ellas curva.

Lente simple es aquella formada por un elemento que tiene dos superficies refractoras.

Lente compuesta es aquella formada por más de dos superficies refractoras.

Clasificaremos las lentes en dos tipos: cóncavas y convexas.

Lentes Cóncavas

Lentes Convexas

Biconvexa Plano-convexa Menisco convexa

Bicóncava Plano - cóncava Menisco cóncava

Las lentes convexas, convergentes o positivas son más gruesas en la parte central que en el borde.

Las lentes cóncavas, divergentes o negativas son más delgadas en el centro que en el borde.

Pulse comenzar para estudiar el concepto de lentes delgadas simples...

Descripción: Esta ecuación es de tipo conceptual en la que se muestra el concepto, los tipos de lentes con sus respectivos nombres e imágenes.

2.1.7 SISTEMAS DE LENTES DELGADAS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Conocer estos sistemas ópticos, sus características y ecuaciones.
- 2- Deducir la expresión matemática de esta situación.
- 3- Aplicar los conceptos para desarrollar los problemas planteados.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Para encontrar la imagen formada por un sistema de dos lentes se procede de la siguiente manera: La imagen $A'B'$, formada por la lente L_1 , servirá de objeto para la lente L_2 y la imagen de este "objeto" formada por L_2 será la imagen final $A''B''$ del objeto formada por el sistema de lentes, como se indica en las figuras 2.1.7.1. Aplicando la ecuación (2.1.6.3) a L_1 tenemos:

$$\frac{1}{s_{i1}} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{s_{o1}}$$

de donde:

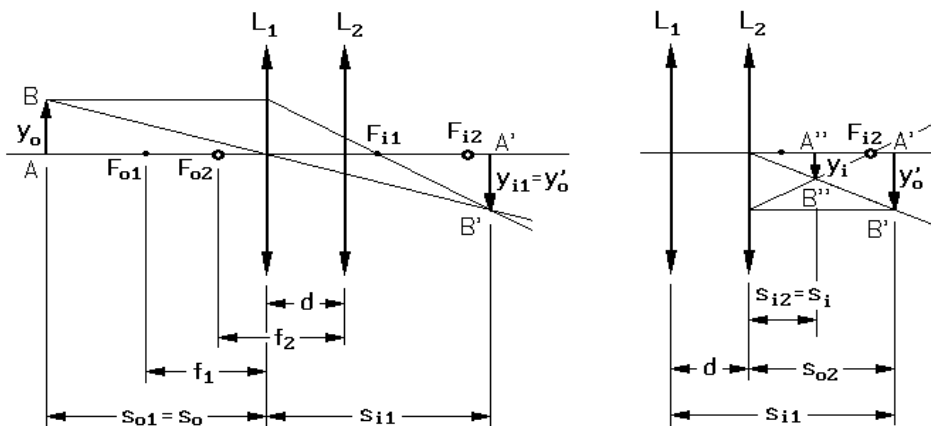
$$s_{i1} = \frac{s_{o1} f_1}{s_{o1} - f_1} \quad (a)$$

De la misma forma, aplicando la ecuación (2.1.6.3) a L_2 tenemos:

$$\frac{1}{s_{i2}} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{s_{o2}}$$

de donde:

$$s_{i2} = \frac{s_{o2} f_2}{s_{o2} - f_2} \quad (b)$$



F i g u r a 2 . 1 . 7 . 1

Además, de la figura 2.1.7.1 se tiene:

$$s_{o2} = s_{i1} - d \quad (c)$$

Reemplazando las ecuaciones (a) y (c) en (b) obtenemos:

$$s_i = \frac{f_2 d - \frac{f_1 f_2 s_o}{s_o - f_1}}{d - f_2 - \frac{f_1 s_o}{s_o - f_1}} \quad (2.1.7.1)$$

en donde $s_o = s_{o1}$ y $s_i = s_{i2}$.

Si $d < s_i$, se forma un objeto $A'B'$ virtual para la lente L_2 , como se ilustra en la figura (2.1.7.1); pero si $d > s_i$, el objeto $A'B'$ es real para L_2 , como se ilustra en la figura (2.1.7.2).

"El aumento transversal total" de un sistema de lentes delgadas es igual al producto de los aumentos individuales, así:

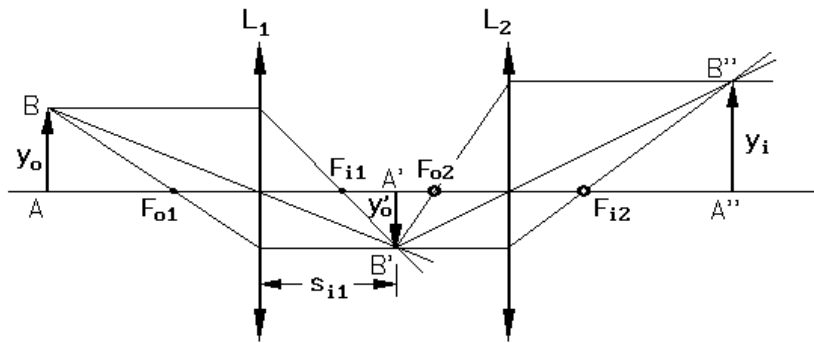
$$M_T = M_{T1} M_{T2} = \frac{f_1 s_i}{d(s_o - f_1) - s_o f_1} \quad (2.1.7.2)$$

Si la imagen final se forma en el infinito, es decir $s_i \rightarrow \infty$, la correspondiente distancia objeto s_o marca el "foco anterior", se denomina "distancia focal anterior" y está dada por:

$$dfa = \frac{f_1(d - f_2)}{d - (f_1 + f_2)} \quad (2.1.7.3)$$

Si el objeto se encuentra en el infinito, es decir $s_o \rightarrow \infty$, la correspondiente distancia imagen s_i marca el "foco posterior", se llama "distancia focal posterior" y viene dada por:

$$dfp = \frac{f_2(d - f_1)}{d - (f_1 + f_2)} \quad (2.1.7.4)$$



F i g u r a 2 . 1 . 7 . 2

Si la separación d entre las lentes es cero, las ecuaciones (2.1.7.3) y (2.1.7.4) se transforman en:

$$d_{fa} = d_{fp} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$$

y la lente delgada resultante tiene una distancia focal dada por:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}} \quad (2.1.7.5)$$

Y si la lente delgada resultante está formada por N lentes en contacto, su distancia focal será:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{f_i}} \quad (2.1.7.6)$$

POTENCIA DE UNALENTE:

Si la distancia focal f está expresada en metros, la razón $1/f$ se conoce como "poder dióptrico o potencia de la lente"; se simboliza con \wp y se expresa en dioptrías (m^{-1}). Entonces las ecuaciones (2.1.7.5) y (2.1.7.6) se transforman en:

$$\boxed{\wp = \wp_1 + \wp_2 \quad \& \quad \wp = \sum \wp_i} \quad (2.1.7.7)$$

Una segunda forma de abordar el estudio de los sistemas de lentes delgadas implica otros parámetros físicos y geométricos que se definen así:

a) Se llama “distancia focal del sistema, f ” la longitud dada por:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \tag{2.1.7.8}$$

y si ésta es positiva, el foco objeto se encuentra a la izquierda de H_1 y el foco imagen a la derecha de H_2 .

b) Se llaman “puntos principales de las lentes, H_{11} y H_{22} ” sus intersecciones con el eje.

c) Se llaman “puntos principales del sistema, H_1 y H_2 ” los puntos, sobre el eje, ubicados con respecto a las lentes mediante:

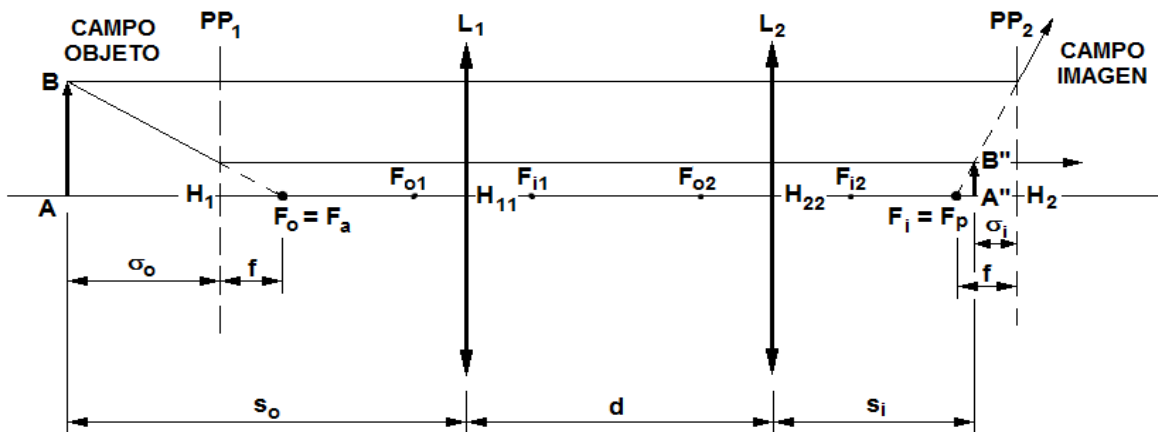
$$H_{11}H_1 = \frac{f d}{f_2} \quad \& \quad H_{22}H_2 = -\frac{f d}{f_1} \tag{2.1.7.9}$$

NOTAS: 1) Si las distancias anteriores son positivas, los puntos H_1 y H_2 se encuentran a la derecha de H_{11} y H_{22} . 2) Desde el punto H_1 se miden la distancia focal objeto, f , y la distancia objeto, σ_o , y desde H_2 se miden la distancia focal imagen, f , y la distancia imagen, σ_i . Los focos anterior y posterior son a la vez los focos objeto e imagen del sistema.

d) Se llaman “planos principales del sistema, PP_1 y PP_2 ” los planos normales al eje que pasan por H_1 y H_2 .

e) El aumento transversal del sistema es:

$$M_T = M_{T1} M_{T2} = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{\sigma_i}{\sigma_o} \tag{2.1.7.10}$$



F i g u r a 2 . 1 . 7 . 3

Los rayos principales para la construcción de imágenes se expresan así:

- 1) Rayo que llega paralelo hasta PP_1 , sigue paralelo hasta PP_2 , y emerge por el foco imagen, F_i (o como que viniera de él).
- 2) Rayo que llega por el foco objeto, F_o (o como que fuera hacia él) hasta PP_1 , sigue paralelo hasta PP_2 , y emerge paralelo al eje óptico.
- 3) Rayo que llega por H_1 , sigue paralelo hasta H_2 , y emerge en la misma dirección.

3) PROBLEMA MODELO:

1) Un sistema de lentes está formado por una lente negativa de distancia focal -50 cm y una lente positiva de distancia focal 100 cm. Si la separación entre las lentes es 75 cm, describa analítica y gráficamente la imagen de un objeto de 2 cm de altura situado a 25 cm de la primera lente.

$$s_i = \frac{f_2 d - \frac{f_1 f_2 s_0}{s_0 - s_i}}{d - f_2 - \frac{f_1 s_0}{s_0 - f_1}} = \frac{100 \cdot 75 - \frac{(-50)(100)(25)}{25 + 50}}{75 - 100 - \frac{(-50)(25)}{25 + 50}}$$

$$s_i = -1100 \text{ cm}$$

$$M_T = \frac{f_i s_i}{d(s_0 - f_i) - s_0 f_1} = \frac{(-50)(-1100)}{75(25 + 75) + (25 \cdot 50)}$$

$$M_T = 6,286$$

$$y_i = M_T \cdot y_0 = 6,286(2)$$

$$y_i = 12,571 \text{ cm}$$

Imagen VDA

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Un sistema de lentes delgadas es.....

2- El aumento transversal total de un sistema de lentes delgadas es igual.....
.....

3- La distancia focal posterior viene dada por la ecuación:.....
.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Dos lentes delgadas, de distancias focales +90 y -60 cm, se ponen en contacto. Calcule la distancia focal de la combinación.

Resp. a) $f = -18 \text{ cm}$

2- Determine la dfa y la dfp para un sistema de dos lentes, si la distancia focal de L_1 es de 40 cm, la de L_2 es de -80 cm y la separación interlentes es de 20 cm.

Resp. a) $d_{fa} = 66,67$ b) $d_{fp} = 26,67$

3- Un sistema óptico consta de dos lentes convergentes con distancias focales $f_1 = 20 \text{ cm}$ y $f_2 = 10 \text{ cm}$. La distancia entre las lentes es $d = 30 \text{ cm}$. El objeto se encuentra a una distancia $s_0 = 30 \text{ cm}$ de la primera lente. ¿A qué distancia de la segunda se obtendrá la imagen?

Resp. a) 30 cm

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Este es un conjunto de animaciones en las que se muestra la formación de la imagen a través de un sistema de dos lentes y las diferentes ecuaciones del aumento transversal, distancia focal anterior, distancia focal posterior, potencia, etc. Cada una con su respectiva explicación.

OP217C1

OP217C2

OP217C3

OP217C4

b) Ejercitativas: Esta animación es de tipo interactiva en la que el usuario deberá aplicar los conocimientos adquiridos en las animaciones conceptuales para ejecutarla correctamente, también consta de una animación en la que el usuario deberá resolver un ejercicio propuesto, y en caso de que el usuario falle en resolver, tendrá de ayuda para observar el desarrollo del mismo.

OP217E1

OP217E2

c) Lúdica: Esta es un juego en la que el usuario interactúa con el computador y aplica cada una de sus habilidades, obteniendo fortalecer los conocimientos adquiridos anteriormente.

OP217L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\OPGOMETVOP217C3.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: []

Control

t = 60.00

0 60

Options...

SISTEMA DE LENTES DELGADAS

“El aumento transversal total” de un sistema de lentes delgadas es igual al producto de los aumentos individuales.

$$M_T = M_{T1}M_{T2} = \frac{f_1 s_i}{d(s_0 - f_1) - s_0 f_1}$$

Si la imagen final se forma en el infinito, es decir $s_i \rightarrow \infty$, la correspondiente distancia objeto s_0 se denomina “distancia focal anterior”.

$$d_{fa} = \frac{f_1(d - f_2)}{d - (f_1 + f_2)}$$

Si el objeto se encuentra en el infinito, es decir $s_0 \rightarrow \infty$, la correspondiente distancia imagen s_i se llama “distancia focal posterior”.

$$d_{fp} = \frac{f_2(d - f_1)}{d - (f_1 + f_2)}$$



Si la separación d entre las lentes es cero, la lente delgada resultante tiene una distancia focal dada por:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

Si la lente delgada resultante está formada por N lentes en contacto, su distancia focal está dada por:

$$\frac{1}{f} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{f_i}$$

Pulse comenzar para estudiar el tema...

Descripción: Esta animación es de tipo conceptual en la que se plasma las ecuaciones del aumento transversal, distancia focal anterior, distancia focal posterior y distancia focal, cada una con sus respectivas definiciones.

2.1.8 LENTES GRUESAS

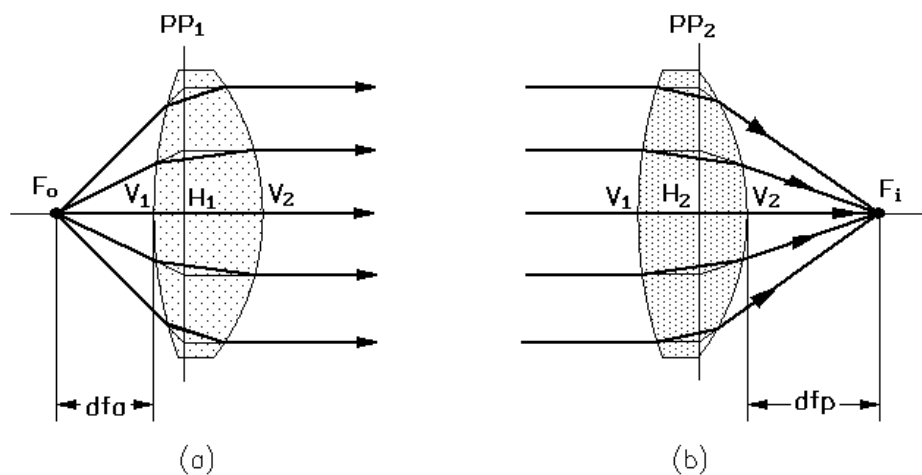
1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Conocer los elementos ópticos y sus ecuaciones.
- 2- Deducir la expresión matemática de este concepto.
- 3- Resolver correctamente las actividades.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Una lente gruesa se puede considerar como un sistema óptico formado por varias lentes simples en contacto, cuyo grosor t no se puede despreciar. Los puntos focales, F_o y F_i , medidos desde los vértices externos, se encuentran a las ya conocidas distancias focales d_{fa} y d_{fp} , respectivamente.

Si los rayos de entrada y de salida se prolongan, se intersectarán en algunos puntos que en conjunto formarán superficies curvas dentro o fuera de la lente. En la región paraxial, la superficie es aproximadamente un plano llamado "plano principal". Se forman los planos principales primario y secundario, PP_1 y PP_2 , como se ilustra en las figuras 2.1.8.1.a y 2.1.8.1.b, respectivamente, desde los cuales se han de medir las correspondientes distancias (objeto y focal desde PP_1 e imagen y focal desde PP_2). Los puntos de intersección entre los planos principales y el eje óptico se llaman primero y segundo "puntos principales", H_1 y H_2 , respectivamente. Si la lente es de vidrio y está sumergida en aire, la separación H_1H_2 es aproximadamente la tercera parte de su espesor t , es decir la tercera parte de la separación V_1V_2 .



F i g u r a 2 . 1 . 8 . 1

Si las lentes gruesas están sumergidas en aire, la expresión para los puntos conjugados puede ser escrita en la forma gaussiana, ecuación (2.1.6.3), siempre y cuando las distancias objeto e imagen estén medidas desde el primero y segundo planos principales, respectivamente. La distancia focal f de la lente gruesa, también deberá ser medida con respecto a los planos principales y viene dada por:

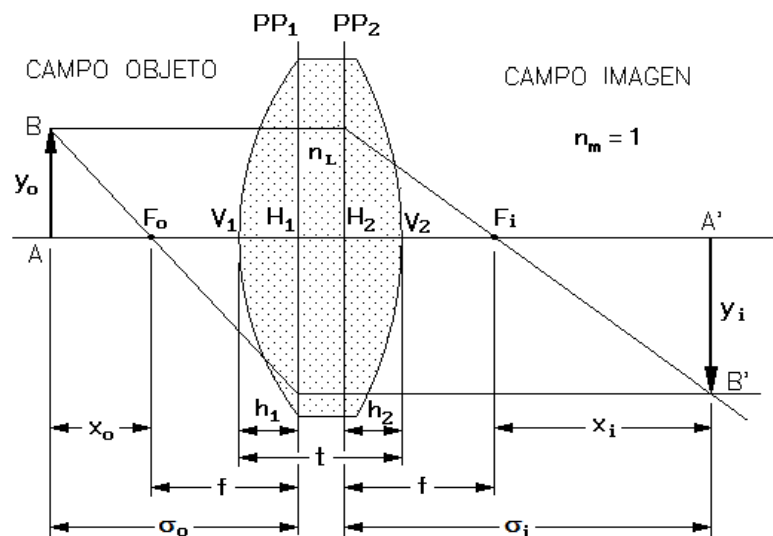
$$\boxed{\frac{1}{f} = (n_L - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n_L - 1)t}{n_L R_1 R_2} \right]} \quad (2.1.8.1)$$

En la figura 2.1.8.2 los planos principales se encuentran a las distancias $V_1 H_1 = h_1$ y $V_2 H_2 = h_2$, las cuales son positivas si los planos se encuentran a la derecha de sus respectivos vértices; así pues h_1 y h_2 vienen dados por:

$$\boxed{h_1 = -\frac{f(n_L - 1)t}{n_L R_2}} \quad (2.1.8.2)$$

y:

$$\boxed{h_2 = -\frac{f(n_L - 1)t}{n_L R_1}} \quad (2.1.8.3)$$



F i g u r a 2 . 1 . 8 . 2

NOTAS: Las ecuaciones (2.1.6.3) a (2.1.6.8) estudiadas anteriormente se utilizan también para el análisis, descripción y resolución de problemas en que intervienen lentes gruesas. Solamente se ha de recordar que las distancias objeto e imagen se miden ahora desde sus respectivos planos principales, razón por la que se utilizarán los símbolos σ_o y σ_i , respectivamente.

Los rayos principales para la construcción de imágenes se expresan así:

- 1) Rayo que llega paralelo hasta PP_1 , sigue paralelo hasta PP_2 , y emerge por el foco imagen, F_i (o como que viniera de él).
- 2) Rayo que llega por el foco objeto, F_o (o como que fuera hacia él) hasta PP_1 , sigue paralelo hasta PP_2 , y emerge paralelo al eje óptico.
- 3) Rayo que llega por H_1 , sigue paralelo hasta H_2 , y emerge en la misma dirección.

3) PROBLEMA MODELO:

- 1) Una lente menisco convexa de radios 0,50 m y 0,65 m con un grosor de 0,30 m e índice de refracción 1,4. Encuentre la distancia focal.

$$\frac{1}{f} = (n_i - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n_L - 1)t}{n_L R_1 R_2} \right]$$

$$\frac{1}{f} = (1,4 - 1) \left[\frac{1}{-0,65} + \frac{1}{0,50} + \frac{(1,4 - 1)0,30}{1,4 \cdot 0,65 \cdot 0,50} \right]$$

$$f = 3,45 \text{ m}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Una lente gruesa es.....

2- Escriba la ecuación de la distancia focal f de las lentes gruesas:

3- Si los rayos de entrada y de salida se prolongan, se intersectarán en:.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

- 1- Una lente gruesa biconvexa de lucita tiene radios de 2 cm y 4 cm y un espesor de 2 cm. Determine su distancia focal y localice los puntos principales con respecto a los vértices V_1 y V_2 .

Resp. a) $f = 6,25$ **b)** $h_1 = 0,38 \text{ cm}$ **c)** $h_2 = 1,40 \text{ cm}$

2- Se tiene una lente gruesa biconvexa de vidrio flint denso de radios 50 cm y 70 cm y 15 cm de espesor. Localice sus planos principales.

Resp. a) $f = 38,20$

3- Una lente gruesa biconvexa de vidrio Flint ligero tiene radios de 3 cm y 5 cm y un espesor de 3 cm . Determine su distancia focal.

Resp. a) $8,34$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Este es un conjunto de animaciones en las que se muestra de una forma breve y resumida el concepto lentes gruesas, los elementos, las ecuaciones y las gráficas para poder alcanzar una mayor comprensión del tema.

OP218C1

OP218C2

OP218C3

b) Ejercitativas: Esta animación consiste en resolver un ejercicio propuesto en la que el usuario una vez desarrollado el ejercicio deberá comprobarlo, si el usuario llegará a fallar en escoger su respuesta, se mostrará el desarrollo del ejercicio de una manera sistemática para una mejor comprensión.

OP218E1

c) Lúdica: Este es un juego que le permite al usuario interactuar con el computador de una manera divertida y a la vez le ayuda a afianzar los conocimientos adquiridos en las animaciones conceptuales.

OP218L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\OPGEOMETVOP218E1.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: 

LENTE GRUESA

Una lente gruesa biconvexa de lucita tiene radios de 2 cm y 4 cm y un espesor de 2 cm. Determine su distancia focal y localice los puntos principales con respecto a los vértices V_1 y V_2 .

RESPUESTAS:

$h_1 = 0,5 \text{ cm}$	$h_1 = 0,7 \text{ cm}$	$h_1 = 0,6 \text{ cm}$
$h_2 = -1,0 \text{ cm}$	$h_2 = -1,0 \text{ cm}$	$h_2 = 1,2 \text{ cm}$

$$\frac{1}{f} = (n_L - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n_L - 1)t}{n_L R_1 R_2} \right] = (1,5 - 1) \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{-4} + \frac{(1,5 - 1)2}{1,5 \cdot 2 \cdot (-4)} \right]$$

$$f = 3 \text{ cm}$$

$$h_1 = -\frac{f(n_L - 1)t}{n_L R_2} = -\frac{3(1,5 - 1)2}{1,5(-4)}$$

$h_1 = 0,5 \text{ cm}$

$$h_2 = -\frac{f(n_L - 1)t}{n_L R_1} = -\frac{3(1,5 - 1)2}{1,5 \cdot 2}$$

$h_2 = -1,0 \text{ cm}$

Control: t = 12.10

0 20

Options...

En su cuaderno resuelva el ejercicio... Luego pulse comenzar y arrastre al muñeco hacia la respuesta correcta... OBSERVE EL DESARROLLO DEL EJERCICIO



Descripción: Esta animación es de tipo ejercitativa en la que el usuario tiene que llevar al muñeco a la respuesta correcta, en caso de que el usuario falle al colocar al muñeco en la respuesta correcta, saldrá la resolución del ejercicio.

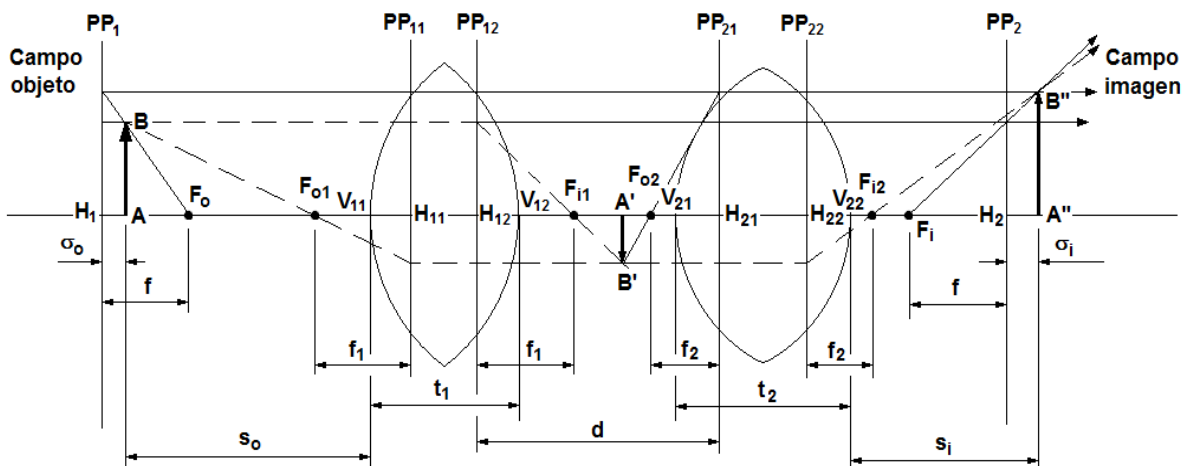
2.1.9 SISTEMAS DE LENTES GRUESAS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Analizar el tema en sus partes principales.
- 2- Estudiar los modelos matemáticos.
- 3- Resolver las actividades propuestas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Así como las lentes delgadas, también las lentes gruesas pueden combinarse para formar sistemas de lentes, como se indica en la figura 2.1.9.1.



F i g u r a 2 . 1 . 9 . 1

Allí se observa que: s_{o1} , s_{i1} , f_1 , s_{o2} , s_{i2} y f_2 son las distancias objeto e imagen y la distancia focal, respectivamente, de cada una de las dos lentes, medidas desde sus propios planos principales. La separación íter lentes es d , la cual se mide desde H_{12} hasta H_{21} . El sistema, como tal, tiene su distancia focal f dada por la ecuación:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}} \quad (2.1.9.1)$$

y cuya ubicación obedece al convenio de signos de la tabla 2.1.9.1. Además el sistema tiene dos planos principales, PP_1 y PP_2 , así como dos puntos principales, H_1 y H_2 , localizados mediante:

$$\boxed{H_{11}H_1 = \frac{f d}{f_2}} \quad (2.1.9.2)$$

y:

$$\boxed{H_{22}H_2 = -\frac{f d}{f_1}} \quad (2.1.9.3)$$

las cuales son positivas si los puntos H_1 y H_2 se encuentran a la derecha de H_{11} y H_{22} , respectivamente. Asimismo, desde PP_1 se miden las distancias objeto y focal, y desde PP_2 se miden las distancias imagen y focal.

El aumento transversal del sistema de dos lentes es igual al producto de los aumentos transversales de cada lente, es decir:

$$\boxed{M_T = M_{T1} \cdot M_{T2} = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{\sigma_i}{\sigma_o}} \quad (2.1.9.4)$$

en donde σ_o y σ_i son las distancias objeto e imagen del sistema de lentes medidas desde sus respectivos planos y obedecen el convenio de signos de la tabla 2.1.9.1.

PARÁMETRO	+	-
σ_o, f_o	izquierda de H_1	derecha de H_1
σ_i, f_i	derecha de H_2	izquierda de H_2

Tabla 2.1.9.1

Los rayos principales para la construcción de imágenes se expresan así:

- 1) Rayo que llega paralelo hasta PP_1 , sigue paralelo hasta PP_2 , y emerge por el foco imagen, F_i (o como que viniera de él).
- 2) Rayo que llega por el foco objeto, F_o (o como que fuera hacia él) hasta PP_1 , sigue paralelo hasta PP_2 , y emerge paralelo al eje óptico.
- 3) Rayo que llega por H_1 , sigue paralelo hasta H_2 , y emerge en la misma dirección.

3) PROBLEMA MODELO:

1) Un sistema de lentes comprende una lente menisco gruesa de lucita de radio -15 cm y -40 cm y 7 cm de espesor en contacto con una lente bicóncava de radio -40 cm y 50 cm y un espesor de 30 cm. Encuentre los puntos principales.

$$\frac{1}{f_1} = (1,5 - 1) \left[\frac{1}{-15} - \frac{1}{-40} - \frac{(1,5 - 1)7}{1,5(-15)(-40)} \right]$$

$$f_1 = -53 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_2} = (1,5 - 1) \left[\frac{1}{-40} - \frac{1}{50} + \frac{(1,5 - 1)30}{1,5(-40)(50)} \right]$$

$$f_2 = -40 \text{ cm}$$

$$h_{11} = -\frac{(-53)(1,5 - 1)7}{1,5(-40)} = -3,1 \text{ cm}$$

$$h_{12} = -\frac{(-53)(1,5 - 1)7}{1,5(-15)} = -8,2 \text{ cm}$$

$$h_{21} = -\frac{(-40)(1,5 - 1)30}{1,5(-50)} = 8 \text{ cm}$$

$$h_{22} = -\frac{(-40)(1,5 - 1)30}{1,5(-40)} = -10 \text{ cm}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Se denomina sistema de lentes gruesas al.....

2- Escriba la ecuación de la distancia focal para el sistema de lentes gruesas:

3- Las distancias objeto e imagen del sistema de lentes se miden desde:.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Dos esferas de radios de 5 cm e índice de refracción 2 están separadas una distancia de 4 cm. Se coloca un objeto puntual a 10 cm de distancia del primer vértice. Encuentre la distancia focal del sistema.

Resp. a) -100 cm

2- Del ejercicio anterior encuentre los puntos principales del sistema.

Resp. a) -280 b) 280

3- Sumergidas en aire se encuentran en contacto dos esferas transparentes de radio de 5 cm e índice de refracción 2 . Se coloca un objeto derecho de 2 cm de altura a una distancia de 10 cm del primer vértice. Encuentre la distancia interlentes y su distancia focal.

Resp. a) 30 cm b) 60 cm

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Este es un conjunto de animaciones que muestran al usuario los elementos del sistema de lentes gruesas, ecuaciones y plasma una tabla del convenio de signos para ayudar al usuario a una mejor comprensión del tema.

OP219C1

OP219C2

OP219C3

b) Ejercitativas: Estas animaciones son de tipo interactiva, en las que el usuario deberá aplicar los conocimientos adquiridos en las animaciones conceptuales, mientras va fortaleciendo lo aprendido.

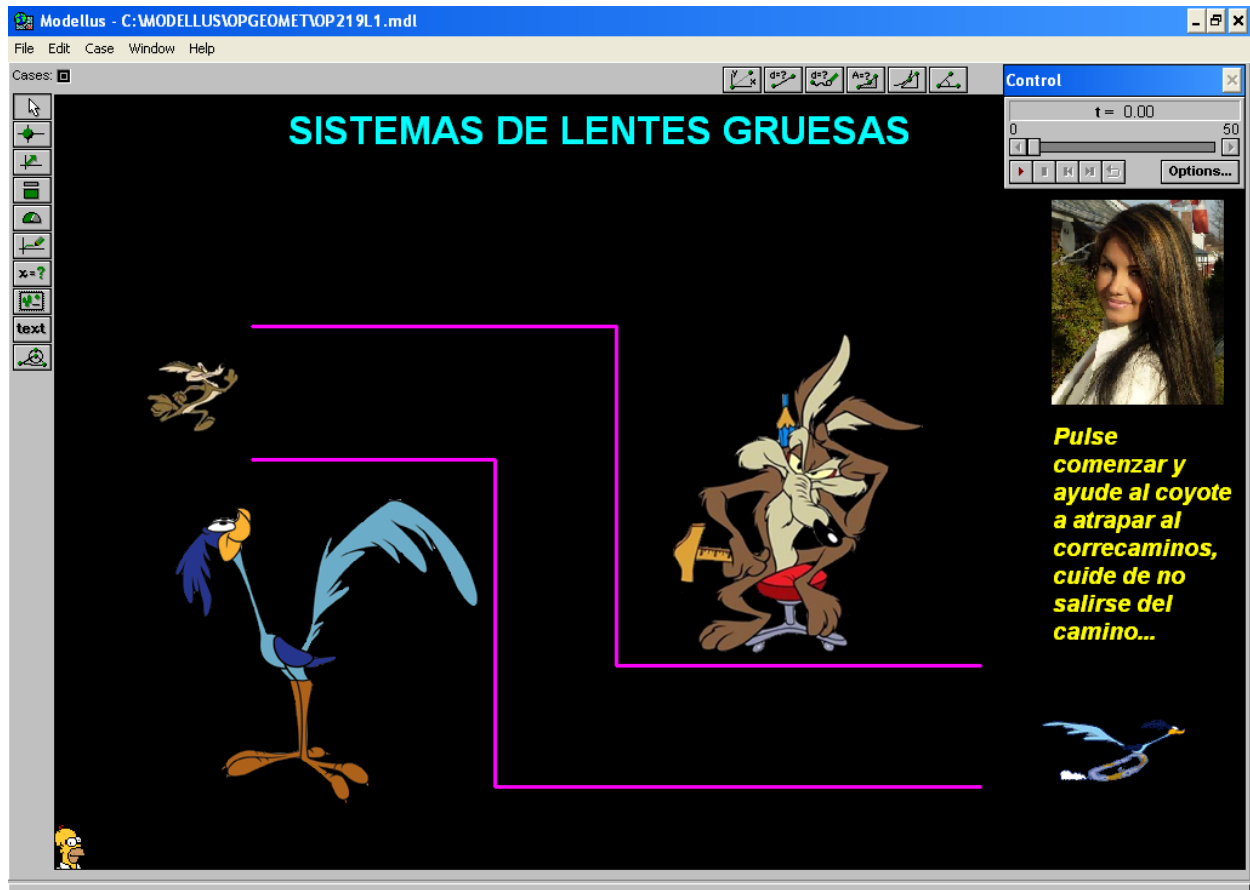
OP219E1

OP219E2

c) Lúdica: Esta animación es un juego en el que el usuario pone a prueba su capacidad mental y motriz, para llegar a la meta, además ayuda al usuario a fortalecer sus conocimientos.

OP219L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



Descripción: Esta animación es de tipo lúdica en la que el usuario tiene que llevar al coyote hasta el correcaminos, sin tocar las líneas (camino), una vez logrado el objetivo el usuario tendrá como premio la ecuación del aumento transversal del sistema de dos lentes.

2.1.10 PRISMAS Y FIBRAS ÓPTICAS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

- 1- Analizar y conocer estos elementos ópticos, sus elementos y ecuaciones.
- 2- Aprender los diferentes modelos matemáticos.
- 3- Resolver las actividades propuestas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Un prisma es un medio transparente de índice de refracción n , limitado por dos superficies planas que forman un ángulo diedro A . Supondremos que están rodeados por aire ($n_a = 1$). Un rayo incidente tal como PQ, figura 2.1.10.1, sufre dos refracciones y emerge desviado un ángulo δ , con respecto a la dirección incidente, dado por:

$$\delta = i + i' - A \quad (2.1.10.1)$$

Hay un rayo particular para el cual la desviación es mínima; se obtiene haciendo $\frac{d\delta}{di} = 0$. De la ecuación (2.1.10.1) se halla:

$$\frac{d\delta}{di} = 1 + \frac{di'}{di}$$

que luego de algunas operaciones se convierte en:

$$\delta_{\min} = 2 \operatorname{Sen}^{-1} \left[n \operatorname{Sen} \frac{A}{2} \right] - A \quad (2.1.10.2)$$

En este caso el camino del rayo, dentro del prisma, es simétrico con respecto a las caras del mismo.

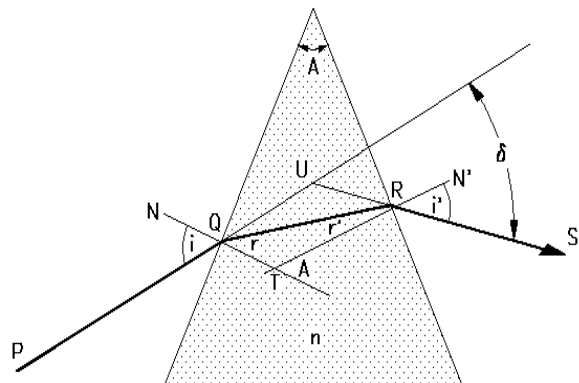


Figura 2.1.10.1

Cuando una onda se refracta en un medio dispersivo, cuyo índice de refracción depende de la longitud de onda, el ángulo de refracción también dependerá de la longitud de onda. Si la onda incidente es policromática (compuesta de varias longitudes de ondas superpuestas), cada longitud de onda componente se refractará según un ángulo diferente; este fenómeno se denomina "dispersión". Un ejemplo es la luz blanca la cual se descompone en sus colores constituyentes cuando se refracta al pasar del aire a otra sustancia. Si la luz pasa a través de un prisma, los rayos emergentes no son paralelos para los diferentes colores y la dispersión es muy notable, especialmente en los bordes. Por ello se utilizan los prismas en unos dispositivos o aparatos llamados "espectroscopios y espectrómetros" para el análisis espectral de la luz. Para cada longitud de onda aparece sobre la pantalla una línea o franja representativa. La dispersión angular de un prisma se define mediante:

$$Disp = \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} = - \frac{8\pi^2 c^2 e^2 N \text{Sen} \frac{A}{2}}{m \varepsilon_0 \omega_0^4 \lambda^3 \text{Cos} \frac{\delta_{\min} + A}{2}} \quad (2.1.10.3)$$

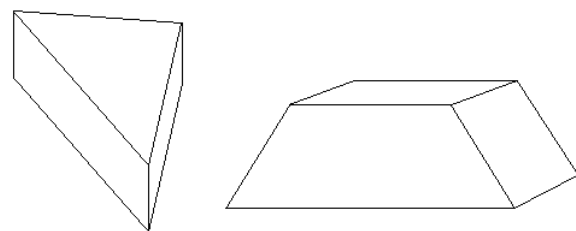
en donde c es la velocidad de la luz en el vacío, e es la carga eléctrica del electrón, N es el número de electrones por unidad de volumen dentro de la sustancia, m es la masa del electrón, ε_0 es la permitividad eléctrica del vacío, ω_0 es la frecuencia angular atómica de la red cristalina y λ es la longitud de onda de la onda en mención.

Para las ondas electromagnéticas en general y para la luz en particular, una expresión aproximada para el índice de refracción es:

$$n = 1 + \frac{Ne^2}{m\varepsilon_0\omega_0^2} \left[\frac{1}{2} + \frac{2\pi^2 c^2}{\lambda^2 \omega_0^2} \right] \quad (2.1.10.4)$$

que se conoce como la "fórmula de Cauchy".

Los prismas se subdividen en reflectores y dispersores. Entre los primeros destacan el prisma rectangular, el prisma Porro, el prisma Dove, el prisma Amici, el pentaprismo, el prisma romboidal y el prisma Leman-Springer. Entre los segundos destacan el prisma Pellin-Broca y el prisma de Abbe.



Prisma PORRO

Prisma DOVE

F i g u r a 2 . 1 . 1 0 . 2

Un elemento óptico que está alcanzando niveles grandes de importancia es la "fibra óptica", que actúa como una guía de onda para la luz por lo que se le están encontrando aplicaciones interesantes. Para una fibra de diámetro D , longitud L e índice de refracción n_f , la longitud que recorre un rayo de luz en su interior es:

$$l = \frac{n_f L}{\sqrt{n_f^2 - \text{Sen}^2 \theta_i}} \quad (2.1.10.5)$$

en donde θ_i es el "ángulo incidente" comprendido entre el rayo que entra a la fibra y su eje óptico.

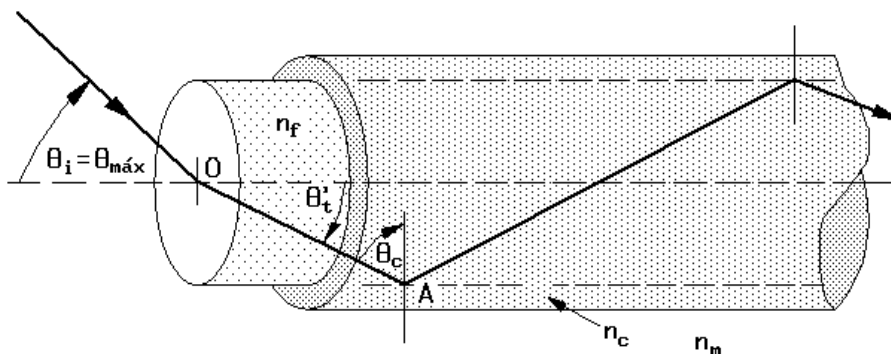
En su recorrido, el rayo sufre un número de reflexiones N dado por:

$$N = \frac{L \text{Sen} \theta_i}{D \sqrt{n_f^2 - \text{Sen}^2 \theta_i}} \quad (2.1.10.6)$$

El semiángulo máximo del "cono de aceptación" de la fibra, $\theta_{máx}$, es:

$$\theta_{máx} = \text{Sen}^{-1} \left[\frac{1}{n_m} \sqrt{n_f^2 - n_c^2} \right] \quad (2.1.10.7)$$

en donde n_m y n_c son los índices de refracción del medio en el que se encuentra inmerso y del recubrimiento de la fibra, respectivamente, figura 2.1.10.3).



F i g u r a 2 . 1 . 1 0 . 2

3) PROBLEMAS MODELO:

1) Calcule el ángulo de desviación mínima que sufre un rayo de luz al atravesar por un prisma isósceles de zirconio y ángulo 60° .

$$\delta_{\min} = 2 \operatorname{Sen}^{-1} \left[n \operatorname{Sen} \frac{A}{2} \right] - A$$

$$\delta_{\min} = 2 \operatorname{Sen}^{-1} \left[1,92 \operatorname{Sen} \frac{60}{2} \right] - 60$$

$$\delta_{\min} = 87,48^\circ$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- Se llama prisma:.....

2- Se llama fibra óptica:.....

3- Se denomina dispersión:.....

4- Los prismas se subdividen en.....y.....

5- Escriba la "fórmula de Cauchy":

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- El ángulo de desviación mínima en un prisma óptico es de 30° , Si el ángulo del prisma es de 50° y éste está situado en el aire, determine: a) El ángulo de incidencia para que se produzca la desviación mínima del rayo. b) El índice de refracción del prisma.

Resp. a) 40° b) 1,52

2- Determinar el índice de refracción de un prisma cuyo ángulo de refringencia es de 30° , sabiendo que el ángulo de desviación mínima es 16° .

Resp. a) 1,5

3- Un prisma óptico de ángulo de refringencia 60° y cuyo índice de refracción es 1,5, recibe un rayo de luz perpendicularmente a una de sus caras. Determinar el ángulo de desviación.

Resp. a) 60°

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Es estas animaciones se muestran conceptos, ecuaciones, gráficas, ejemplos, así también se destaca la “fórmula de Cauchy”, los diferentes tipos de prismas, un breve concepto, ecuaciones y ya utilidad de la fibra óptica.

OP2110C1

OP2110C2

OP2110C3

OP2110C4

OP2110C5

OP2110C6

OP2110C7

b) Ejercitativas: Estas animaciones son de tipo interactiva, en las que el usuario deberá emplear los conocimientos adquiridos en las animaciones conceptuales, para lograr afianzar sus conocimientos.

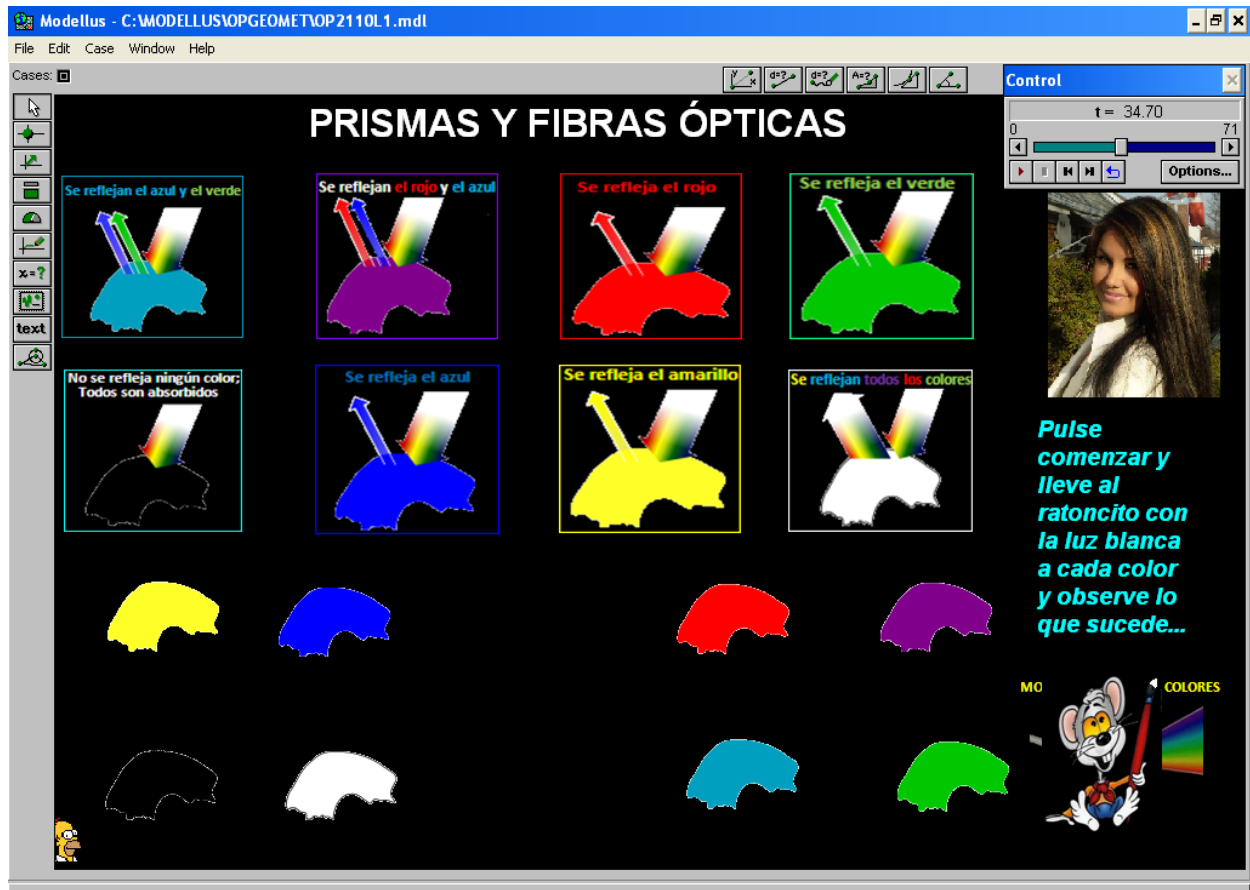
OP2110E1

OP2110E2

c) Lúdica: Esta es una animación interactiva en la que el usuario irá aprendiendo y fortaleciendo más sus conocimientos acerca del tema prismas y fibras ópticas.

OP2110L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:



Descripción: Esta animación es de tipo lúdica en la que el usuario tiene que llevar al ratoncito a cada uno de los colores, y observar el color que se refleja de cada uno, también puede llevar al ratoncito hacia el prisma y observar la gama de colores.

2.1.11 SISTEMAS ÓPTICOS

1) LOGROS DE APRENDIZAJE:

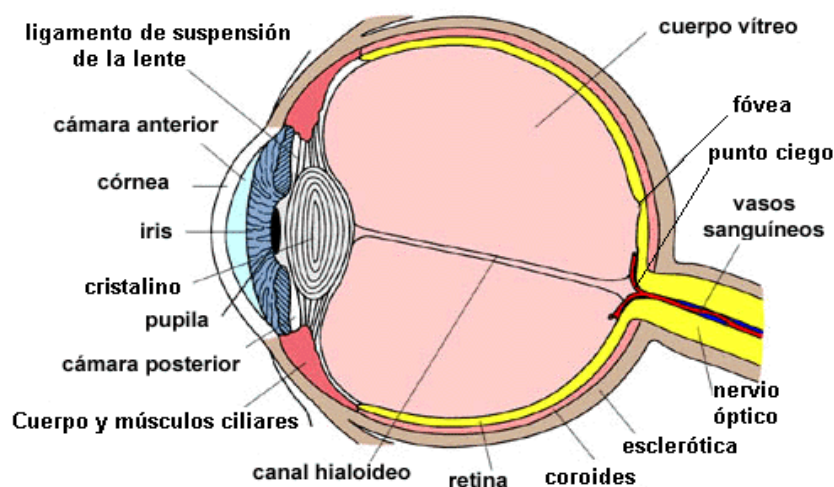
- 1- Conocer algunos sistemas ópticos, sus características, funcionamiento, leyes y aplicaciones.
- 2- Considerar los diferentes modelos matemáticos.
- 3- Desarrollar correctamente las actividades propuestas.

2) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Llamamos sistemas ópticos a los artefactos que implican la utilización de uno o más de los elementos ópticos básicos como son espejos, lentes y prismas. Los principales sistemas ópticos son los siguientes:

EL OJO:

Hay dos tipos básicos de ojos: los que utilizan sistemas de lentes y los que utilizan manojos de fibras ópticas. Sólo hablaremos del ojo humano, que pertenece al primer grupo. El ojo humano es un sistema positivo de lentes que forma imágenes reales en una zona fotosensible. Las partes fundamentales del mismo, figura 2.1.11.1, son:



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 1

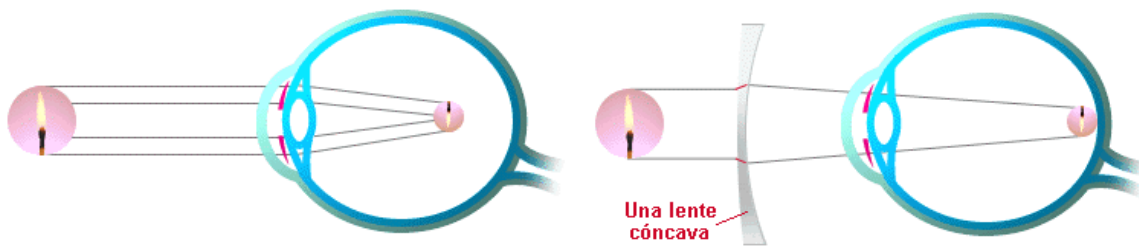
- "La conjuntiva", que es una membrana delgada y transparente que protege a la córnea.
- "La córnea", que tiene un índice de refracción de $1,376$ y es el elemento más refractor del ojo.
- "La cámara de humor acuoso", cuyo índice de refracción es $1,336$.
- "El iris", que es una especie de diafragma que controla la cantidad de luz que ingresa al ojo y cuya "pigmentación" define el "color de los ojos".
- "La pupila", que es el agujero central del iris, de radio variable, por el cual ingresa la luz al interior del ojo.
- "El cristalino", que es la lente convergente de distancia focal variable y que sirve para el enfoque fino de la imagen, su índice de refracción varía entre $1,386$ y $1,406$ y está integrado por unas $22\ 000$ capas finísimas.
- "Los músculos ciliares", los cuales actúan sobre el cristalino variando su curvatura y por ende su distancia focal.
- "La esclerótica", que es la membrana o concha casi esférica que envuelve al conjunto del ojo.
- "La coroides", que es una membrana gruesa situada bajo la esclerótica, rica en vasos sanguíneos y con capacidad de absorber la luz difusa o espúrea.
- "La retina", que es una especie de pantalla esférica adherida a la coroides y que está constituida por millones de células fotosensibles (entre conos y bastones) distribuidos en forma de red, los cuales, siendo sensibles a la parte eléctrica de la onda electromagnética o luz incidente, perciben las imágenes del mundo exterior.
- "El humor vítreo", que llena el globo ocular y cuyo índice de refracción es $1,337$.
- "El nervio óptico", que es un conjunto de conductores muy finos y que llevan la señal eléctrica generada por la retina hacia el cerebro en donde se procesa finalmente la imagen. El punto de salida del nervio óptico no contiene células fotosensibles y constituye el "punto ciego del ojo".
- "La mácula", que es una pequeña depresión situada en el centro de la retina y por la cual pasa el eje visual.
- "La fóvea", situada en el centro de la mácula y en donde los conos son más delgados y apretados de modo que la información que proveen es más clara y detallada. El eje óptico del ojo no coincide con el eje visual. En promedio, el rango de longitudes de onda para el cual el ojo humano "responde" va desde los $390\ nm$ hasta los $780\ nm$.

Se llama "acomodación del ojo" al enfoque fino producido por el cristalino gracias a la acción de los músculos ciliares. El punto más cercano de enfoque nítido se llama "punto cercano o distancia mínima de visión distinta", que para un joven es alrededor de $7\ cm$, para un adulto alrededor de $25\ cm$ y para un viejo alrededor de $100\ cm$. Para el cálculo y diseño de aparatos ópticos se considera el punto cercano en $25\ cm$. El poder dióptrico o potencia del ojo humano normal es de $+58,6\ dioptrías$ repartidas así:

córnea	$+43$ dioptrías
cristalino	$+19$ dioptrías
el resto	$-3,4$ dioptrías

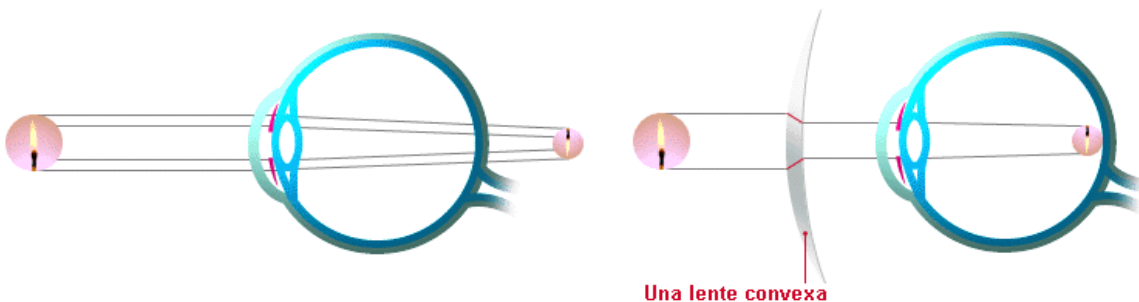
El "ojo normal o emétrepe" es aquel que en estado de relax forma sobre la retina la imagen correspondiente a un objeto situado muy lejos (en el infinito). Las anomalías o ametropías del ojo son muy frecuentes y variadas; las más típicas son las siguientes:

1- **LA MIOPIA O VISTA CORTA:** las imágenes se forman delante de la retina y, aunque ven claramente objetos cercanos, los objetos lejanos aparecen difusos. Este defecto se corrige mediante la utilización de las lentes negativas adecuadas, como se indica en la figura 2.1.11.2.



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 2

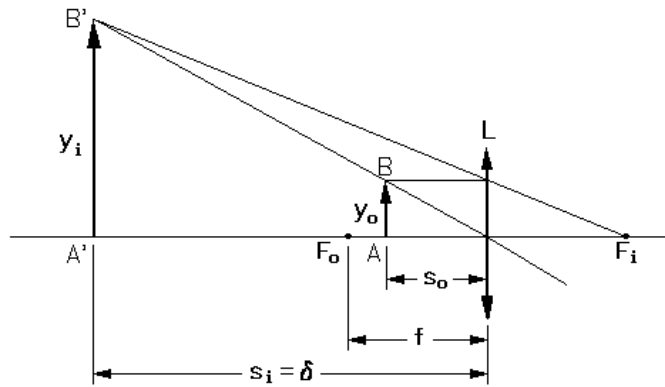
2- **LA HIPERMETROPIA O VISTA LEJANA:** las imágenes se forman detrás de la retina de modo que las imágenes casi siempre aparecen difusas. Este defecto se corrige mediante la utilización de lentes positivas adecuadas, como se indica en la figura 2.1.11.3.



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 3

3- **EL ASTIGMATISMO:** es el defecto más común y es producido por la curvatura asimétrica de la córnea. El ojo astigmático ve claramente aquello que tiene cierta dirección, pero ve en forma difusa lo que tiene otra dirección. Si las dos direcciones astigmáticas son perpendiculares se puede corregir el defecto fácilmente mediante lentes esferocilíndricas; pero cuando las direcciones son oblicuas la corrección es muy complicada, pues se requiere de lentes anamórficas, que son complicadas de tallar y que deben ser correctamente ajustadas al problema del individuo en particular. En resumen, se puede decir que el ojo astigmático tiene potencias diferentes para direcciones diferentes.

LA LUPA O MICROSCOPIO SIMPLE:

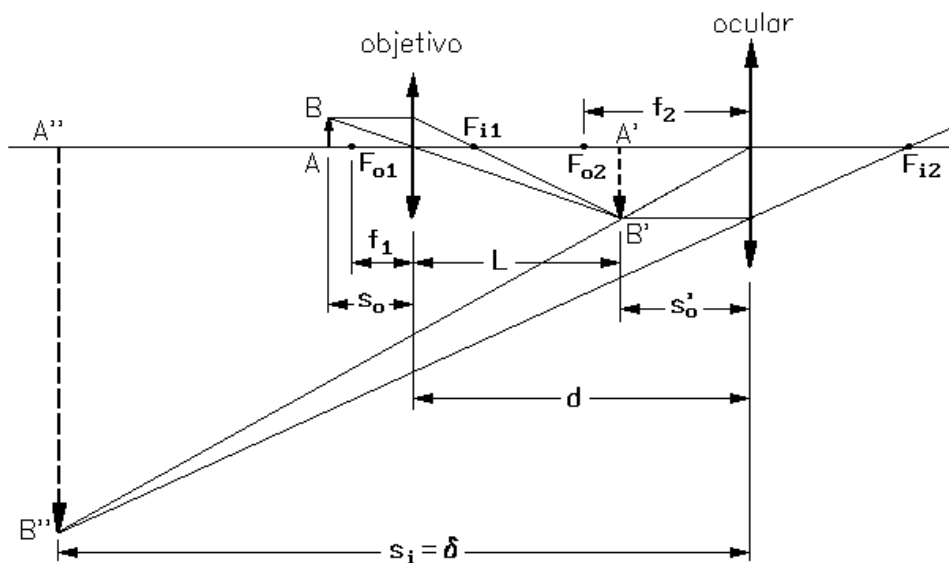


F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 4

También se conoce como lente de aumento, figura 2.1.11.4. La distancia objeto s_o debe ser ligeramente menor que la distancia focal f . De esta manera la imagen, que por convenio deberá formarse a una distancia $s_i = \delta = 25 \text{ cm}$, será virtual, derecha y bastante aumentada. Ya que s_o es semejante a f , el aumento transversal producido por este dispositivo será:

$$M_T = \frac{s_i}{s_o} \approx \frac{\delta}{f} \tag{2.1.11.1}$$

MICROSCOPIO COMPUESTO:



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 5

Está constituido por dos lentes convergentes de pequeña distancia focal, objetivo y ocular, figura 2.1.11.5. Se deben cumplir las siguientes condiciones: $f_1 < f_2$; $f_1 + f_2 < d$; $s_i = \delta$; s_o ligeramente mayor que f_1 ; s_o' ligeramente menor que f_2 . La posición del objeto debe ser tal que la imagen final $A''B''$ sea virtual, invertida, sumamente aumentada y formada en el punto cercano. El enfoque se realiza moviendo todo el microscopio con respecto al diminuto objeto. El aumento producido por el objetivo es $M_{T1} = \frac{L}{s_o} \approx \frac{L}{f_1}$. El aumento producido por el ocular es

$M_{T2} = \frac{\delta}{s_o'} \approx \frac{\delta}{f_2}$. En consecuencia, el aumento total es:

$$M_T = \frac{\delta L}{f_1 f_2} \quad (2.1.11.2)$$

Se llama "poder resolvente" del microscopio a la mínima distancia necesaria entre dos puntos del objeto para que puedan ser diferenciados en la imagen. Está definido por:

$$R = \frac{\lambda}{2n_m \text{Sen } \theta} \quad (2.1.11.3)$$

en donde λ es la longitud de onda, n_m es el índice de refracción del medio en el cual está sumergido el objeto, θ es el semiángulo subtendido por el objetivo teniendo como centro la base A del objeto. Para el ojo humano emétrope, $R = 1E-4 \text{ m}$ (para un objeto situado en el punto cercano).

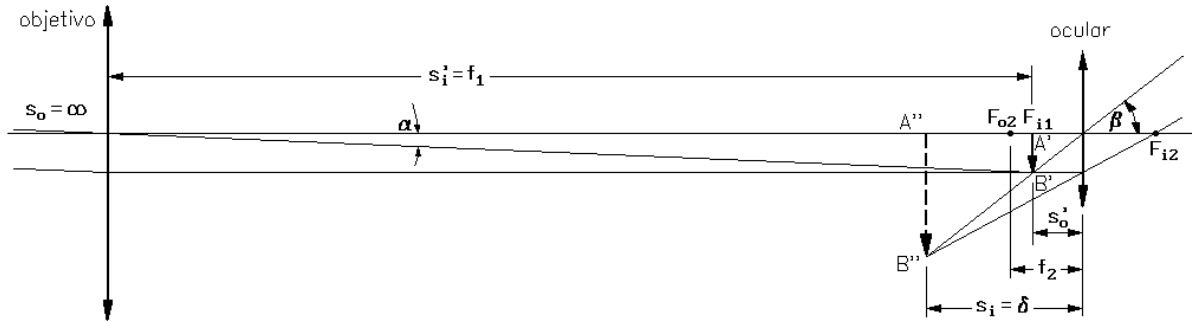
El "aumento útil" es entonces:

$$M_{T \text{ útil}} = \frac{R_{\text{ojo}}}{R_{\text{microscopio}}} = \frac{2E - 4n_m \text{Sen } \theta}{\lambda} \quad (2.1.11.4)$$

TELESCOPIOS REFRACTORES:

Posiblemente el prototipo sea el telescopio de Kepler, figura 2.1.11.6. Se les da el nombre de anteojos astronómicos, ya que producen finalmente imágenes invertidas, lo cual, en el caso de observación de un planeta, no es ningún problema. Su función es formar en el punto cercano imágenes correspondientes a objetos muy distantes. Están constituidos por dos lentes convergentes: el objetivo, de gran

diámetro D y gran distancia focal, y el ocular, de pequeña distancia focal. Se deben cumplir las siguientes condiciones: $f_1 \ll f_2$; $s_o = \infty$; $s_i' = f_1$; s_o' ligeramente menor que f_2 ; $s_i = \delta$. La distancia ínter lentes $d = L$ es prácticamente igual a la suma de las distancias focales f_1 y f_2 . El enfoque se logra moviendo el ocular con respecto al objetivo.



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 6

El aumento angular está dado por:

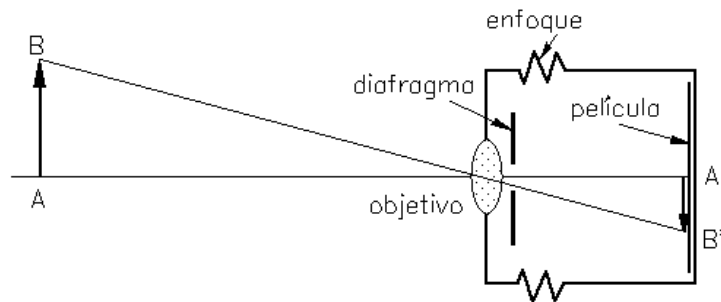
$$M_{\theta} = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\text{Tan } \beta}{\text{Tan } \alpha} = \frac{A'B's_i'}{A'B's_o'} = \frac{f_1}{f_2} \tag{2.1.11.5}$$

Debido a fenómenos de difracción, el aumento angular útil es únicamente:

$$M_{\theta \text{ útil}} = \frac{3,3 E - 4 D}{\lambda} \tag{2.1.11.6}$$

en donde D es el diámetro de la lente objetivo.

CÁMARA FOTOGRÁFICA:



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 7

Es un recinto cerrado que comprende una lente objetivo, positiva, que debe formar imágenes reales, invertidas y disminuidas sobre la película fotográfica; un diafragma, que regula la entrada de luz; un obturador, que se abre un muy corto tiempo durante el disparo. El enfoque se logra variando la distancia de la lente con respecto a la película fotográfica. Las cámaras más modernas incluyen otros elementos como teleobjetivos o zoom, macros, gran-angulares, filtros de diferentes tipos (antireflectantes, polarizadores, heliopan, etc) y más mecanismos electrónicos que cumplen funciones preestablecidas y que simplifican el manejo de la máquina (fotómetros, contrastadores, reguladores de velocidad y de tiempo de exposición, etc.). Asimismo se trabaja para lograr mayor calidad y especificidad de las películas fotográficas, figura 2.1.11.7.

ANTEOJO DE GALILEO:

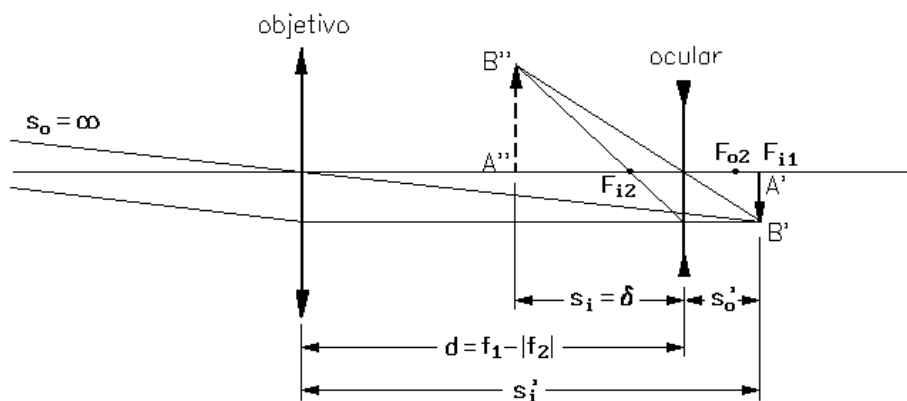


Figura 2.1.11.8

Está constituido por dos lentes: el objetivo, positivo, de gran distancia focal y el ocular, negativo, de pequeña distancia focal. Se deben cumplir las siguientes condiciones: $s_o = \infty$; $s_i' = f_1$; $s_o' \approx |f_2|$; $s_i = \delta$. La separación ínter lentes debe ser $d \approx f_1 - |f_2|$. La imagen resultante es virtual y derecha, por lo que este aparato sirve para la observación de objetos no sólo celestes, sino también terrestres, figura 2.1.11.8. Si D es el diámetro del objetivo y D' es el diámetro $A'B'$ de la primera imagen, el aumento angular está dado por:

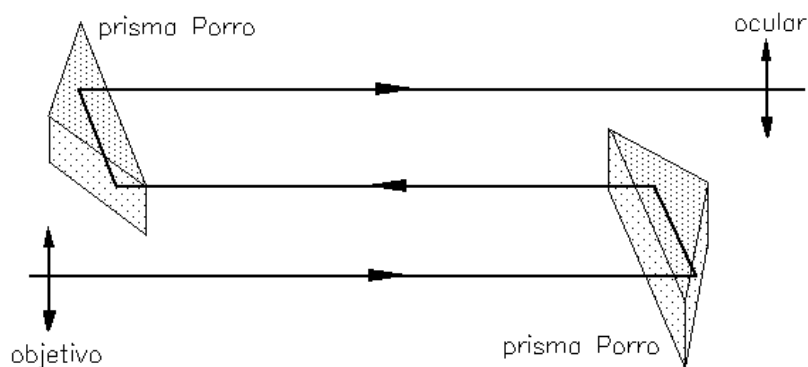
$$\boxed{M_\theta = \frac{f_1}{f_2} = \frac{D}{D'}} \quad (2.1.11.7)$$

Puesto que el "acercamiento" producido por un telescopio depende directamente de $d = f_1 + f_2$, en donde f_1 debe ser muy grande, la longitud $L \approx d$ de los microscopios

poderosos puede superar fácilmente los 10 y hasta los 20 m, sobre todo en el caso de los telescopios keplerianos.

BINOCULARES PRISMÁTICOS:

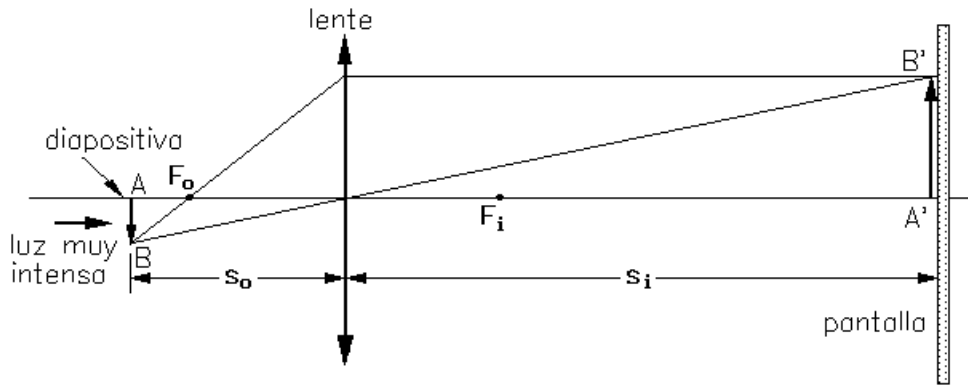
Se pueden considerar como la versión miniaturizada y portátil de los telescopios. Ya que la parte crítica, para lograr un buen acercamiento, es la distancia óptica entre el objetivo y el ocular, se incluye un par de prismas Porro para "agrandar" la citada distancia, figura 2.1.11.9. Al igual que en casi todos los sistemas ópticos, tanto el objetivo como el ocular no son lentes simples, sino sistemas especiales y complicados de lentes, cuyas principales funciones son atenuar al máximo las aberraciones cromáticas y esféricas y mejorar (generalmente ampliar) el ángulo visual que capta el instrumento.



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 9

EL PROYECTOR DE DIAPOSITIVAS O DE CINE:

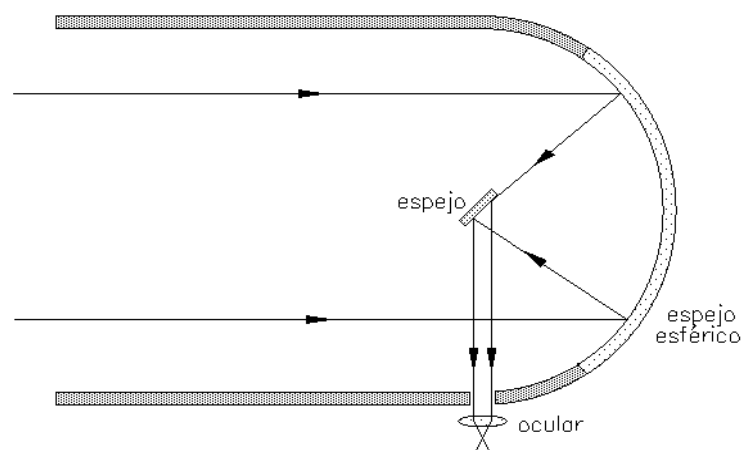
Una luz muy intensa (alrededor de 600 W en el proyector de diapositivas y 2 500 W o más en un proyector de cine de 35 mm) ilumina la "fotografía transparente, figura 2.1.11.10, la cual hace las veces de objeto. Una lente convergente forma una imagen real e invertida sobre una pantalla adecuada, por lo cual es necesario colocar el objeto en posición invertida. El enfoque se logra moviendo el objetivo con respecto al objeto. Los proyectores de cine incluyen elementos, más bien electromecánicos, eléctricos y electrónicos para el paso adecuado de las fotografías y la sonorización. Uno de los logros ópticos de los últimos tiempos ha sido la incorporación de los poderosos teleobjetivos o zoom y la adecuación de los lentes gran angular (hipergonar) para las proyecciones en cinemascopio, e inclusive las proyecciones en 180 y 360°.



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 1 0

TELESCOPIOS REFLECTORES:

Fue inventado por Gregory y construido exitosamente por Newton y mejorado por Herschel. Hay varias versiones: el newtoniano, el gregoriano, el cassegrainiano. La figura 2.1.11.11 muestra el modelo newtoniano: los rayos paralelos provenientes de las estrellas son reflejados en el espejo esférico (o paraboloidal) y tenderían a converger en el foco del espejo; pero un espejo plano inclinado 45° y estratégicamente ubicado envía el haz de rayos hacia un lado a través de una pequeña ventana lateral; finalmente un ocular, convergente, forma la imagen resultante en el punto cercano. Este dispositivo permite fotografiar aquello que se observa. Los telescopios reflectores tienen algunas ventajas sobre los refractores; sin embargo unos y otros se quedan cortos frente a los radiotelescopios, cuyo fundamento es absolutamente diferente.



F i g u r a 2 . 1 . 1 1 . 1 1

3) PROBLEMAS MODELO:

1) Cierta persona miope no puede distinguir objetos que estén más allá de 80 cm de su ojo. ¿Cuál es el poder en dioptrías de las lentes de sus anteojos, los cuales le permitirán ver los objetos distantes con claridad?

La imagen debe estar en el mismo lado de la lente en el que se encuentre el objeto distante y más próximo a la lente que el objeto. Como el objeto está a una distancia,

s_o es muy grande y $\frac{1}{s_o}$ es prácticamente cero. Entonces:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = 0 - \frac{1}{80}$$

$$f = -80 \text{ cm} \quad (\text{Divergente})$$

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

$$\phi = \frac{1}{-80}$$

$$\phi = -1,3 \text{ dioptrías}$$

4) EVALUACIÓN DE LOGROS:

a) Complete los siguientes enunciados:

1- La miopía consiste en:.....

2- La hipermetropía consiste en:.....

3- Escriba la ecuación del aumento transversal del microscopio simple:

.....

4- El aumento transversal total para el microscopio compuesto es:

.....

5- El aumento angular del telescopio refractor está dado por:

.....

b) Resuelva los siguientes problemas en su cuaderno de trabajo:

1- Un microscopio compuesto implica una lente objetivo de +4 cm de distancia focal y una lente ocular de +7 cm de distancia focal separadas 18 cm. Resuelva, construya y describa la imagen que se forma de un objeto de 0,5 cm de altura colocada a 6 cm de la lente objetivo.

Resp. a) $s_{i1} = 12 \text{ cm}$ b) $s_{o2} = 6 \text{ cm}$ c) $s_i = -42 \text{ cm}$ d) $M = -14$
e) $y_i = -7 \text{ cm}$ f) *La imagen es IVA*

2- Una cámara fotográfica implica una lente de +80 mm de distancia focal. La película fotográfica se encuentra a 82 mm de la lente. ¿A qué distancia se ha de colocar una persona para que su fotografía sea nítida?

Resp. a) 328 cm

3- Cierta persona hipermétrope no puede ver con claridad objetos que estén a menos de 75 cm de sus ojos. Determine la potencia de las lentes de sus anteojos que le permitirán leer a una distancia de 25 cm.

Resp. $\phi = 2,7 \text{ dioptrías}$

5) LISTADO DE ANIMACIONES-DESCRIPCIÓN

a) Conceptuales: Este es un conjunto de animaciones en las que se muestra cada una de las aplicaciones de las lentes, además muestra ecuaciones, características y funcionamiento de cada sistema óptico y la importancia y uso que tienen en la vida cotidiana.

OP2111C1
OP2111C2
OP2111C3
OP2111C4
OP2111C5
OP2111C6
OP2111C7
OP2111C8
OP2111C9
OP2111C10
OP2111C11
OP2111C12
OP2111C13
OP2111C14

b) Ejercitativas: Este es un ejercicio en el que se muestra paso a paso y de una manera sencilla su desarrollo, para poder fortalecer los conocimientos del usuario.

OP2111E1

c) Lúdica: Está es una animación es un juego en la que el usuario deberá poner en práctica su habilidad mental y motriz, en la que se podrá afianzar algunos conocimientos.

OP2111L1

6) ANIMACIÓN DE MUESTRA:

Modellus - C:\MODELLUS\OPGOMETVOP2111C2.mdl

File Edit Case Window Help

Cases: []

SISTEMAS ÓPTICOS

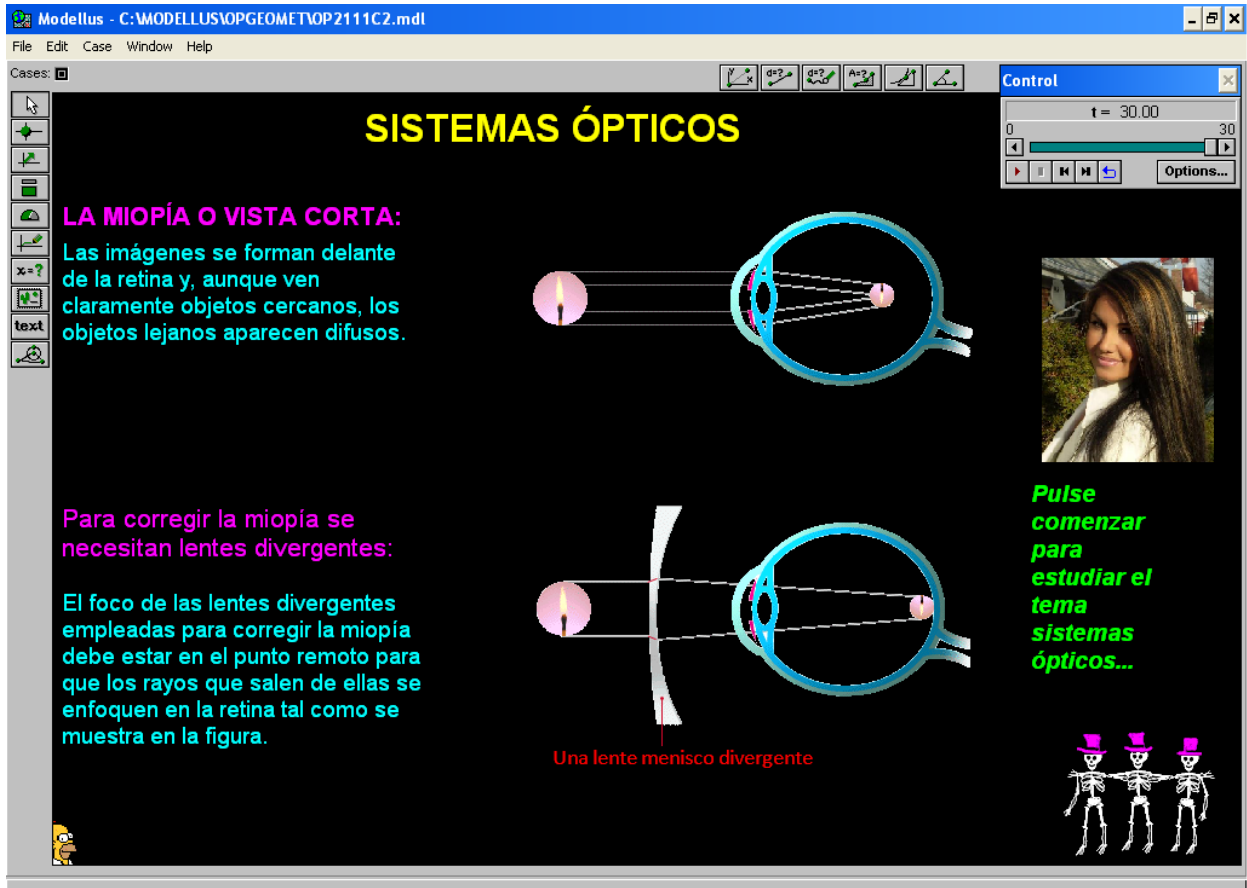
LA MIOPIA O VISTA CORTA:
 Las imágenes se forman delante de la retina y, aunque ven claramente objetos cercanos, los objetos lejanos aparecen difusos.

Para corregir la miopía se necesitan lentes divergentes:
 El foco de las lentes divergentes empleadas para corregir la miopía debe estar en el punto remoto para que los rayos que salen de ellas se enfoquen en la retina tal como se muestra en la figura.

Una lente menisco divergente

Control
 t = 30.00
 0 30
 Options...

Pulse comenzar para estudiar el tema sistemas ópticos...



Descripción: Esta animación es de tipo conceptual en la que se muestra el concepto de miopía y su respectiva imagen, así como las lentes necesarias para corregirla.

CONCLUSIONES

- ✓ En este tiempo es importante la utilización de métodos de enseñanza enfocados a tecnología, por lo que Modellus encaja perfectamente a estas exigencias tecnológicas para lograr mayor comprensión de lo estudiado.
- ✓ Mediante el programa Modellus se puede facilitar el aprendizaje del campo de la Óptica, siendo más específicos a las Ondas, Ondas Electromagnéticas y la Óptica Geométrica.
- ✓ El estudio de los temas Ondas, Ondas Electromagnéticas y la Óptica Geométrica se complementa con actividades propuestas, que refuerza lo aprendido en las animaciones creadas.
- ✓ Al usar este tipo de programas logramos que el alumno se interese en los diferentes temas de la Óptica, además que obtenemos un soporte al maestro al obtener material que puede usar en su aula.
- ✓ Este tipo de animaciones posibilita tanto al maestro como al estudiante el desarrollo de la creatividad, el pensamiento, y el razonamiento.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al usuario que antes de manipular el programa Modellus, lea, analice y comprenda el manual expuesto en este trabajo para un mejor uso del mismo.
- Tomar en cuenta que si se desea hacer cambios a las animaciones plasmadas en este trabajo, guardar con otro nombre para mantener la información original.
- Se debe leer detenidamente las indicaciones de cada animación, previa a la reproducción, para la comprensión de la acción y de esta forma ejecutar eficazmente las animaciones para el estudio del tema.
- La manera correcta de utilizar este proyecto es revisar las animaciones en el siguiente orden: conceptuales, ejercitativas y finalmente las lúdicas, al seguir este criterio, el usuario podrá tener un mejor aprendizaje.
- Se recomienda leer la teoría y los problemas modelos para reforzar más el aprendizaje por medio de las animaciones.
- Tomar en cuenta que las actividades propuestas tienen gran importancia para evaluar lo aprendido, por lo que debe realizarse en su totalidad con toda la honestidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Óptica, Avecillas Jara, Alberto Santiago, Mayo 2008
- Física 2, Medina Guzmán, Hugo, 2009
- Clasica Fisica y Moderna, Edward Gettys, Federick J. Keller, Malcolm J. Skove, 1991.
- Fisica General, Frederick J. Bueche, Novena edicion,2004
- Fisica, Marcelo Alonso y Edward J. Finn, 1992
- Fisica Conceptual, Paul G. Hewitt, novena edición, 2004
- Fisica, Robert Resnick, David Halliday, Kenneth S. Krane, cuarta edición, 1996

DIRECCIONES EN INTERNET

- http://fisica.medellin.unal.edu.co/recursos/lecciones/leccion_ondas_mecanicas_universidad/concepto/index415.htm
- http://neuro.qi.fcen.uba.ar/ricuti/No_me_salen/ONDAS/ond_010.html
- http://ocw.upm.es/apoyo-para-la-preparacion-de-los-estudios-de-ingenieria-y-arquitectura/fisica-preparacion-para-la-universidad/contenidos/electromagnetismo/ondas_em.pdf
- <http://1fisica.blogspot.com/2011/12/ecuaciones-de-maxwell-ondas.html>
- http://www.google.com.ec/webhp?hl=es&tab=Tw&q=how%20long%20hair#hl=es&sclient=psy-ab&q=imagenes+por+refracci%C3%B3n+ejercicios+resueltos&oq=imagenes+por+refracci%C3%B3n+ejercicios+resueltos&aq=f&aqi=q-w1&aql=&gs_l=hp.3..33i21.4138.10297.1.10570.26.22.2.0.0.683.4711.2-5j5j2j1.13.0...0.0.XTkdeS7-Vik&pbx=1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&fp=b97ddb308f45eabd&biw=1424&bih=667

- http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/%C3%93ptica/Reflexi%C3%B3n_y_refracci%C3%B3n
- http://www.google.com.ec/search?q=reflexion+y+refraccion+de+la+luz&hl=es-419&prmd=imvnsb&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=c_DRT4DdH5Sw8ASD8tm-Aw&sqi=2&ved=0CFoQsAQ&biw=1024&bih=677
- <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/lentes/LentesDelgadas.htm>
- <http://acacia.pntic.mec.es/~jrui27/lentespejoss/lentes.htm>
- <http://acacia.pntic.mec.es/~jrui27/lentespejoss/espejos.htm>
- http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/EspejoPlano/Espejos_curiosidades.htm
- <http://acacia.pntic.mec.es/~jrui27/lentespejoss/2lentes/instrumentos.htm>