



“UN SISTEMA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE ÓPTICA”

Guillermo Becerra Córdova

Universidad Autónoma Chapingo

Dpto. de Preparatoria Agrícola

Área de Física

E-mail: gllrmbecerra@yahoo.com

Resumen

Dentro de los cursos de Física del nivel medio superior, se incluye el tema de Óptica. En el tema de Óptica se aborda el tema de lentes delgadas, espejos esféricos y la ecuación del fabricante de lentes. Las lentes delgadas están constituidas por lentes convergentes y divergentes y los espejos esféricos están constituidos por espejos cóncavos y convexos. Para conocer la posición de la imagen de un objeto formada por una lente convergente o divergente, se necesita conocer la distancia focal de la lente y la posición del objeto con respecto a la lente. De igual forma, para conocer la posición de la imagen de un objeto formada por un espejo esférico, se necesita conocer la distancia focal del espejo y la posición del objeto con respecto al espejo. Para calcularlas se utiliza la ecuación para las lentes delgadas y los espejos esféricos. Por otra parte, para construir una lente delgada se requiere conocer el índice de refracción del material del que vaya a estar constituida y el índice de refracción del medio donde se encuentre inmersa. También se requiere conocer los radios de curvatura de las superficies de la lente. En esta situación se utiliza la ecuación del fabricante de lentes. En el presente trabajo se muestra el uso de un sistema que resuelve problemas relacionados con estos temas, los cuales son de carácter teórico-práctico. La solución de problemas es esencial dentro de las actividades contempladas en la parte teórica. Los problemas consisten en proporcionar ciertos datos para obtener los valores de las variables por medio de las ecuaciones correspondientes. El número de datos y de incógnitas, depende del tema que se trate. Para cada tema, el sistema desplegará un conjunto de variables las cuales el usuario podrá escoger las que vayan a utilizarse como datos y las que vayan a considerarse como incógnitas. Después de introducir los valores de los datos del problema correspondiente, el sistema calculará los valores de las incógnitas. En cada caso, el sistema indicará el número mínimo de datos que debe introducir el usuario para que pueda ser resuelto un problema. El objetivo que se busca con este proyecto es que el usuario pueda comparar los resultados obtenidos al resolver un problema con los resultados calculados por el sistema.

Palabras clave: Lente convergente, foco, distancia focal, imagen real, distancia objeto, distancia imagen.

1. Introducción

El microscopio o el proyector de cine, la cámara fotográfica y los telescopios son solamente algunos de los instrumentos ópticos que utiliza el hombre. La construcción y el desarrollo de estos aparatos resulta de la aplicación de las leyes de la reflexión y refracción al diseño de espejos, prismas y lentes que son sus elementos constituyentes.

2. Marco Teórico

2.1 Lentes Delgadas

En esta sección analizaremos las características más importantes relacionadas con las lentes delgadas. Se puede entender la forma particular en que funcionan las lentes suponiendo que una lente está constituida por un gran número de porciones de prismas triangulares. Si dichos prismas están distribuidos de una manera adecuada refractarán los rayos paralelos incidentes de modo que converjan en un solo punto o que diverjan de él. Si la distribución de los prismas es más ancha en el centro, concentrará la luz. Observe la figura 1.

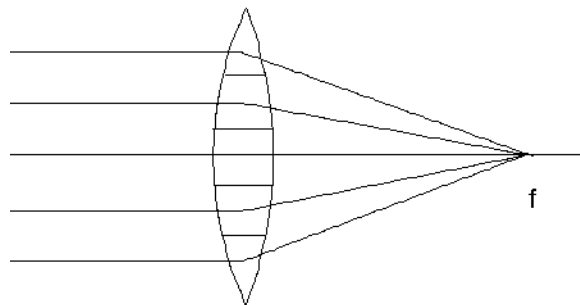


Figura 1. Imagen de una lente convergente.

La mayor desviación de la luz ocurre en los prismas más exteriores, pues son aquellos para los que es mayor el ángulo entre las dos superficies refractantes. En el centro no hay desviación ya que sus caras son paralelas y el rayo emerge en la dirección original.

Por supuesto, las lentes reales no están hechas de prismas, sino de piezas sólidas de vidrio cuyas superficies se pulen para darles una forma generalmente esférica. Las lentes son medios transparentes limitados por caras curvas que comúnmente son esféricas.

Las lentes convergentes o positivas son más gruesas en su centro que en la periferia. Un haz de luz de rayos paralelos que incida sobre una lente positiva convergerá en un punto llamado

foco real. Las lentes divergentes o negativas son más delgadas en su centro que en su periferia. Un haz de luz de rayos paralelos que incida sobre una lente negativa divergirá de un punto llamado foco virtual.

El foco principal de una lente delgada con caras esféricas es el punto donde los rayos paralelos y próximos al eje principal son enfocados; el foco es real para una lente convergente y virtual para una divergente. La distancia focal f es la distancia que hay del foco principal a la lente; existen dos puntos focales para cada lente.

Para cualquier tipo de lente delgada, se cumple la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad 1$$

Donde p es la distancia del objeto a la lente; q es la distancia de la imagen a la lente y f es la distancia focal medida desde la lente. p es positiva para un objeto real y negativa para un objeto virtual; q es positiva para una imagen real y negativa para una imagen virtual y f es positiva para una lente convergente y negativa para una divergente.

Las lentes convergentes forman imágenes invertidas y reales de objetos que se localizan fuera del foco principal. Cuando el objeto se localiza entre el foco principal y la lente, la imagen es virtual y derecha. Las lentes divergentes sólo producen imágenes virtuales y derechas, y más pequeñas que el objeto. Una imagen real de un objeto real siempre está del lado opuesto de la lente en la que se encuentra el objeto y una imagen virtual está del mismo lado. Por lo tanto si un objeto real se encuentra a la izquierda de una lente, una distancia positiva q de la imagen significa que se trata de una imagen real que está a la derecha de la lente, mientras que una distancia negativa q de la imagen denota una imagen virtual del lado izquierdo de la lente.

2.2 Espejos Esféricos

En esta sección analizaremos las características más importantes de los espejos esféricos. Existen dos tipos de espejos según la parte donde se encuentre la superficie reflectora. Si el lado interno es el reflector, el espejo se llama cóncavo y si el lado externo es el reflector, el espejo se llama convexo. La figura 2 muestra un tipo de espejo cóncavo. Para un espejo cóncavo los rayos de luz que incidan paralelamente al eje focal del espejo, se reflejarán hacia un punto llamado foco. La distancia que existe entre el vértice del espejo y el foco, se le conoce como distancia focal.

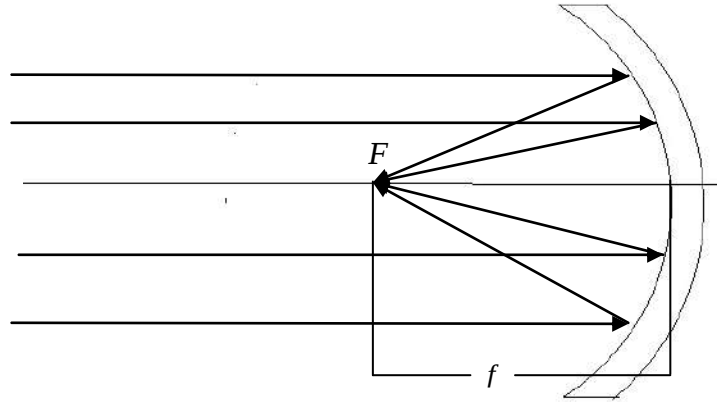


Figura 2. Imagen de un espejo cóncavo.

Para cualquier tipo de espejo esférico, se cumple la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad 2$$

Donde p es la distancia del objeto medida desde el espejo; q es la distancia de la imagen al espejo y f es la distancia focal medida desde el espejo. p es positiva para un objeto real y negativa para un objeto virtual; q es positiva para una imagen real y negativa para una imagen virtual y f es positiva para un espejo cóncavo y negativa para uno convexo.

Los espejos cóncavos forman imágenes invertidas y reales de objetos que se localizan fuera del foco principal. Cuando el objeto se localiza entre el foco principal y el espejo, la imagen es virtual y derecha. Los espejos convexos sólo producen imágenes virtuales y derechas, y más pequeñas o iguales que el objeto. Una imagen real de un objeto real siempre está del mismo lado en la que se encuentra el objeto y una imagen virtual está del otro lado. Por lo tanto si un objeto real se encuentra a la izquierda de un espejo, una distancia positiva q de la imagen significa que se trata de una imagen real que está a la izquierda del espejo, mientras que una distancia negativa q de la imagen denota una imagen virtual del lado derecho del espejo.

Para cualquier tipo de espejo la relación entre su radio de curvatura y la distancia focal, está dada por:

$$f = \frac{R}{2} \quad 3$$

Esta ecuación nos indica que la distancia focal de un espejo esférico es igual a la mitad de su radio de curvatura. De esta forma, si queremos conocer la distancia focal de un espejo esférico, solo se debe dividir entre dos el radio de espejo. O si conocemos la distancia focal de un espejo esférico, al multiplicarla por dos obtenemos su radio. Esta ecuación es válida para espejos

cóncavos y convexos. La única diferencia es que un espejo cóncavo tiene radio positivo y un espejo convexo un radio negativo.

2.3 Ecuación del Fabricante de Lentes

La distancia focal de una lente delgada se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_2} \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad 4$$

Donde n_1 es el índice de refracción del material del que está hecha la lente, n_2 es el índice de refracción del medio donde se encuentra inmersa la lente, y R_1 y R_2 son los radios de curvatura de las caras de la lente. Esta ecuación se cumple para todo tipo de lentes, tomando los radios con sus signos apropiados. Los radios de curvatura se toman positivos para las caras convexas y negativos para las caras cóncavas.

3. Descripción del Sistema

En la figura 3 se muestra la ventana principal del sistema que se elaboró como resultado del proyecto.

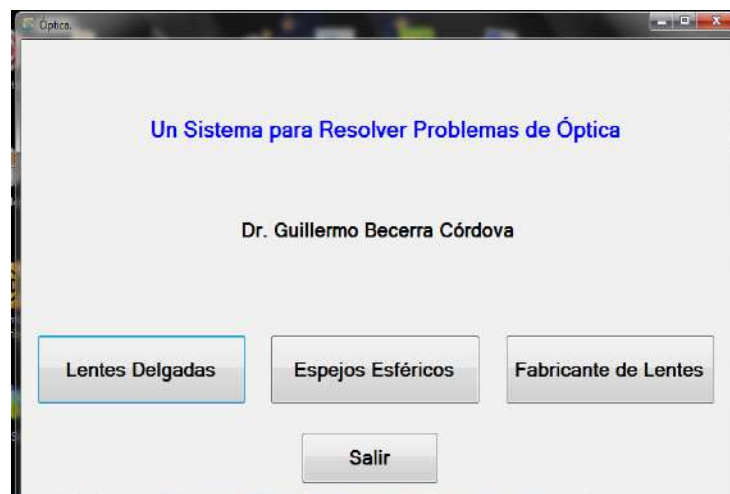


Figura 3. Ventana principal del Sistema.

En ella se muestran cuatro botones de comando. Uno de ellos corresponde al tema de **Lentes Delgadas**, el otro al de **Espejos Esféricos**, el otro al **Fabricante de Lentes** y finalmente la opción **Salir**. Al escoger la opción **Lentes Delgadas** aparecerá otra ventana como la mostrada en la figura 4.

☒ Distancia Objeto 20 cm. Tipo de Imagen. Tipo de Imagen.
☐ Distancia Imagen cm.
☐ Distancia Focal 40 cm. Tipo de lente. Tipo de lente.
☐ Amplificación
 Para resolver un problema, marque dos de las cuatro opciones.

Resolver Regresar

Figura 4. Ventana correspondiente a la opción Lentes Delgadas.

En esta ventana se muestran cuatro opciones: Distancia Objeto, Distancia Imagen, Distancia Focal y Amplificación. Para resolver un problema sólo es necesario escoger dos de las cuatro opciones. A manera de ejemplo, considere que se quiere conocer la posición y la amplificación de la imagen de un objeto producida por una lente convergente de 40 cm. de distancia focal al colocar el objeto a 20 cm. de la lente. Al introducir los datos en el sistema y marcar los datos en la caja de texto correspondiente, observamos los resultados que se muestran en la figura siguiente.

☒ Distancia Objeto 20 cm. Tipo de Imagen. Tipo de Imagen.
☐ Distancia Imagen -40 cm. Imagen Virtual y Derecha
☒ Distancia Focal 40 cm. Tipo de lente. Tipo de lente.
☐ Amplificación 2
 Para resolver un problema, marque dos de las cuatro opciones.

Resolver Regresar

Figura 5. Resultados para el problema del ejemplo.

El sistema nos indica que la imagen se forma a 40 cm. de la lente y que es negativo su valor, por lo que la imagen es virtual y derecha. También nos indica que el tamaño de la imagen es dos veces mayor que el tamaño del objeto.

Supongamos ahora que deseamos conocer la posición y el aumento de la imagen de un objeto que se coloca a 60 cm. de una lente de 40 cm. de distancia focal. La siguiente figura muestra los datos y los resultados calculados por el sistema.

Figure 6 shows the 'Lentes Delgadas' window. The inputs are:
☒ Distancia Objeto: 60 cm.
☐ Distancia Imagen: 120 cm.
☒ Distancia Focal: 40 cm.
☐ Amplificación: 2
 The results shown are:
 Tipo de Imagen: Imagen Real e Invertida
 Tipo de lente: (empty)
 A blue note says: 'Para resolver un problema, marque dos de las cuatro opciones.'
 Buttons: Resolver, Regresar

Figura 6. Resultados para el problema del ejemplo.

El sistema nos indica que ahora la imagen se encontrará a 120 cm. de la lente y que es dos veces mayor que el objeto. Como la posición de la imagen es positiva, la imagen es real e invertida.

Si en la figura 3 se hubiese escogido la opción Espejos Esféricos, se mostraría una ventana como la que se presenta en la figura siguiente.

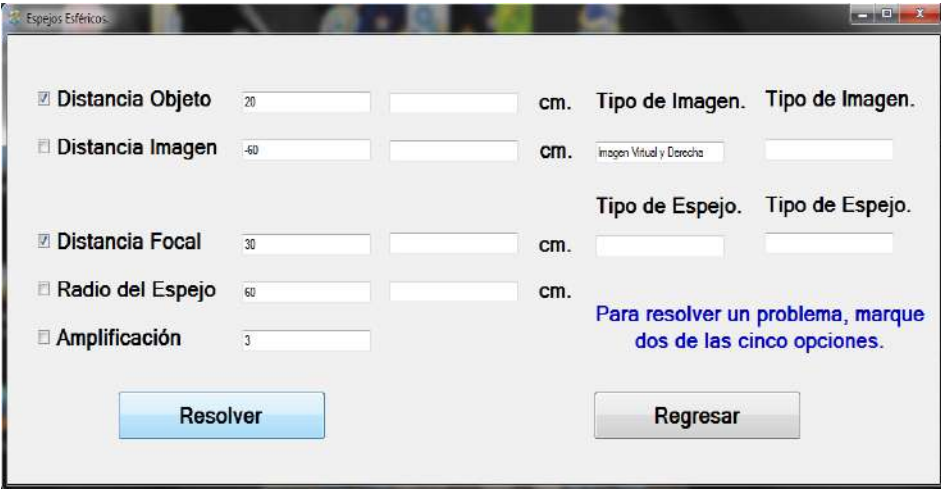
Figure 7 shows the 'Espejos Esféricos' window. The inputs are:
☐ Distancia Objeto: 120 cm.
☒ Distancia Imagen: 40 cm.
☒ Distancia Focal: 30 cm.
☐ Radio del Espejo: 60 cm.
☐ Amplificación: 0.3333333333333333
 The results shown are:
 Tipo de Imagen: (empty)
 Tipo de Espejo: (empty)
 A blue note says: 'Para resolver un problema, marque dos de las cinco opciones.'
 Buttons: Resolver, Regresar

Figura 7. Ventana correspondiente a la opción Espejos Esféricos.

En esta ventana se muestran cinco opciones: Distancia Objeto, Distancia Imagen, Distancia Focal, Radio del Espejo y Amplificación. Para resolver un problema sólo es necesario escoger

dos de las cinco opciones. A manera de ejemplo, considere que se quiere conocer la posición en la que se debe colocar un objeto si la imagen que se forma se encuentra a 40 cm. de un espejo cóncavo de 30 cm. de distancia focal. La figura muestra que el objeto se debe colocar a 120 cm. del espejo y que el radio del espejo es de 60 cm. De igual forma, el tamaño de la imagen es la tercera parte del tamaño del objeto.

Supongamos ahora que el objeto se coloca a 20 cm. de un espejo cóncavo de 30 cm. de distancia focal. La figura 8 muestra los resultados para este caso.



☒ Distancia Objeto	20	cm.	Tipo de Imagen.	Tipo de Imagen.
☐ Distancia Imagen	-60	cm.	Imagen Virtual y Derecha	
☒ Distancia Focal	30	cm.	Tipo de Espejo.	Tipo de Espejo.
☐ Radio del Espejo	60	cm.		
☐ Amplificación	3		Para resolver un problema, marque dos de las cinco opciones.	
Resolver		Regresar		

Figura 8. Resultados para el problema del ejemplo.

La figura muestra que la distancia de la imagen al espejo es de -60 cm. lo cual indica que es una imagen virtual y derecha. También indica que el radio del espejo es de 60 cm. y que el tamaño de la imagen es tres veces mayor que la del objeto.

Finalmente, si se hubiese escogido la opción Fabricante de Lentes, el sistema mostraría una ventana similar a la que se presenta en la figura 9. En ella se muestran las opciones: Índice de refracción 1, Índice de Refracción 2, Radio 1, Radio 2 y Distancia Focal. Para resolver un problema el usuario debe escoger 4 de las 5 opciones. A manera de ejemplo, suponga que se quiere fabricar una lente biconvexa con caras de 20 cm. de radio de curvatura. Si el índice de refracción del vidrio es de 1.5 y se encuentra en el aire, ¿cuál es la distancia focal de la lente?

La figura 9 muestra que la distancia focal de la lente sería de 20 cm. lo cual nos indica que es una lente convergente.

The screenshot shows a software window titled "Fabricante de Lentes". It contains several input fields with checkboxes to the left: "Índice de Refracción 1" (checked, value 1.5), "Índice de Refracción 2" (checked, value 1), "Radio 1" (checked, value 20), "Radio 2" (checked, value 20), and "Distancia Focal" (unchecked, value 20). All values are followed by "cm.". To the right, under the heading "Tipo de Lente", a text box displays "La lente es convergente". At the bottom, there is a blue instruction: "Para resolver un problema, marque cuatro de las cinco opciones." and two buttons: "Resolver" and "Regresar".

Figura 9. Ventana correspondiente a la opción Fabricante de Lentes.

Si la lente se colocara en un medio como disulfuro de carbono con un índice de refracción de 1.63, veríamos que la distancia focal de la lente sería de -125.38 cm. que corresponde con una lente divergente. La figura 10 muestra estos resultados.

The screenshot shows the same software window "Fabricante de Lentes". The inputs are: "Índice de Refracción 1" (checked, 1.5), "Índice de Refracción 2" (checked, 1.63), "Radio 1" (checked, 20), "Radio 2" (checked, 20), and "Distancia Focal" (unchecked, -125.384615384615). The "Tipo de Lente" box now displays "La lente es divergente". The blue instruction and buttons remain the same.

Figura 10. Resultados para el problema del ejemplo.

Finalmente, supongamos que una lente tiene una cara convexa con un radio de curvatura de 20 cm. y la otra cara es cóncava con un radio de curvatura de 40 cm. La lente está hecha de vidrio

con un índice de refracción de 1.54. Calcule la distancia focal de la lente y diga si es convergente o divergente. Consideramos que por ser convexa una cara, su radio de curvatura es de +20 cm. y por ser cóncava la otra, su radio de curvatura es de -40 cm. Como la lente se encuentra sumergida en aire, su índice de refracción es aproximadamente de 1. Con estos datos vemos que la distancia focal de la lente es de 74.1 cm. lo que nos indica que la lente es convergente. La figura 11 muestra estos resultados.

The screenshot shows a software window titled "Fabricante de Lentes." with a light gray background. On the left, there are five input fields, each preceded by a checked checkbox: "Índice de Refracción 1" (value 1.5), "Índice de Refracción 2" (value 1), "Radio 1" (value 20), "Radio 2" (value -40), and "Distancia Focal" (value 80). Each value is followed by a unit "cm.". To the right of these fields is a section titled "Tipo de Lente" which contains a text box displaying "La lente es convergente". Below the input fields, there is a blue text instruction: "Para resolver un problema, marque cuatro de las cinco opciones." At the bottom of the window, there are two buttons: "Resolver" on the left and "Regresar" on the right.

Figura 11. Resultados para el problema del ejemplo.

4. Conclusiones

- En muchas ocasiones los problemas que proponen los libros que tratan temas de Óptica no muestran los resultados. El sistema sirve para que el alumno compruebe o compare los resultados obtenidos con los que calcula el sistema.
- En clase, se puede resolver un problema por medio del profesor y por medio del sistema. Esto motiva al alumno para que compare ambos resultados, los cuales deben ser iguales.
- Cuando el sistema muestra que un problema no tiene solución, se debe analizar el motivo por el cual no se puede resolver. Esto promueve la revisión de los conceptos que se utilizan en la solución de un problema.
- Existen muchos casos de problemas que no contemplan los textos relacionados con estos temas. El sistema cubre mucho más casos que los incluidos en los textos.
- La idea no es que el alumno resuelva los problemas con el sistema sino que los compare con los obtenidos por él.
- Se podrá creer que el sistema puede facilitar la solución de un problema, pero la idea es que se desarrolle la habilidad de diferenciar los datos de las incógnitas.
- Para usuarios con más conocimientos en Óptica sería muy interesante preguntarse cómo el sistema resuelve los problemas.
- El sistema puede ser usado para alumnos de nivel bachillerato y profesional.
- El sistema es una buena herramienta que sirve de apoyo al aprendizaje de la Óptica.
- Por su portabilidad el sistema puede ser usado en Educación a Distancia.

5. Bibliografía

- Beiser, Arthur. (1991). *Física Aplicada*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Beltrán V. y Braun E. (1975) *Principios de Física*. México, D. F.: Trillas.
- Buche, F. J. (1990) *Física General*. México, D. F.: McGRAW-HILL.
- Ceballos F. J. (1997) *Enciclopedia de Visual Basic 4*. México, D. F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Hewitt, P. (1995) *Física Conceptual*. México, D.F.: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Resnick, R. y Halliday, D. (1980) *Física. Vol. I*. México, D.F.: CECSA.
- Serway, R.A. (1985) *Física*. México, D.F.: Interamericana.
- Tipler, P. A. (1995) *Física*. México, D.F.: Reverté.