



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DPTO. DE PREPARATORIA AGRÍCOLA

ÁREA DE FÍSICA

“UN SISTEMA DE SIMULACIÓN PARA LA

LEY DE SNELL”

MC. GUILLERMO BECERRA CÓRDOVA

E-mail: gllrmbecerra@yahoo.com

Abril del 2008

Introducción:

Un hecho cotidiano es que la luz cuando encuentra un objeto se refleja, se difunde, se absorbe o se transmite dependiendo de la naturaleza del objeto. Algunos medios como el agua o el vidrio dejan pasar la mayor parte de la luz que incide sobre ellos. A estos medios se les llama transparentes. La dirección de los rayos de luz se modifica al atravesar medios transparentes. Siempre que la luz atraviesa la superficie de separación de dos medios transparentes ocurre un cambio en su dirección. A este fenómeno se le denomina refracción. El ángulo que forma el rayo que incide sobre la superficie de separación entre dos medios transparentes y la normal a la superficie se llama ángulo de incidencia. De igual forma, el ángulo formado por el rayo que emerge de la superficie de separación y la normal a esta superficie se denomina ángulo de refracción. La figura 1 muestra la refracción de un rayo de luz al pasar de un medio a otro.

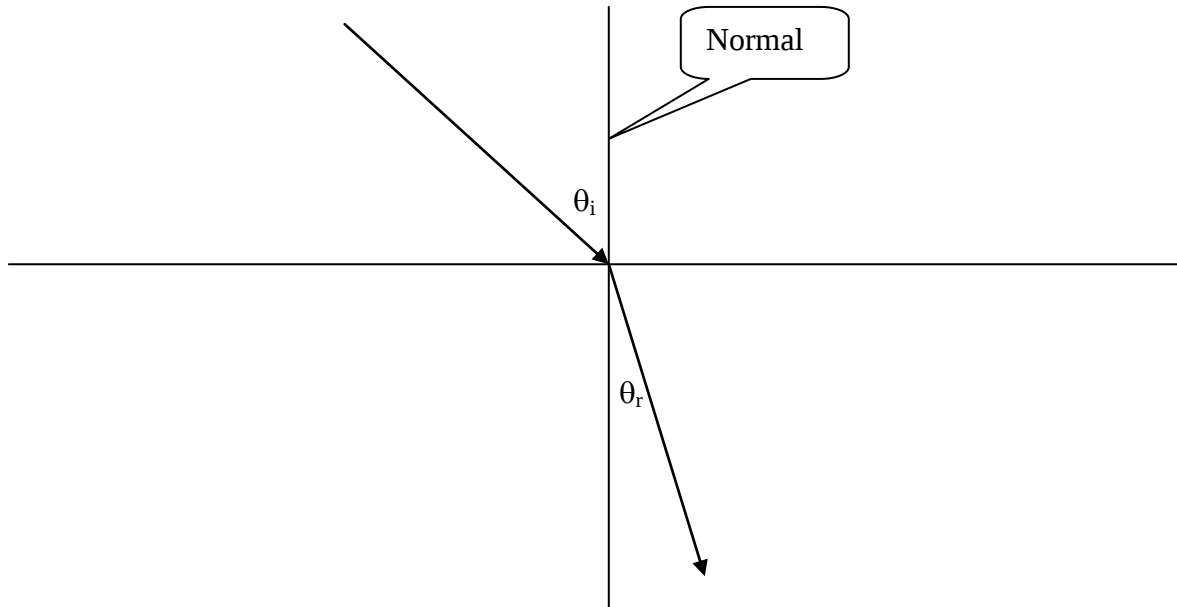


Figura 1

La refracción explica por qué un lápiz dentro de un vaso de agua se ve torcido, o el aire sobre una estufa caliente reverbera, o las estrellas titilan. La refracción hace que los estanques y las piscinas se vean menos profundos de lo que son. Cuando se observa un pez en un estanque, éste parece estar más cerca de la superficie de lo que en realidad está. Los bañistas inexpertos corren con frecuencia peligros serios porque la refracción parece que sube todos los objetos sumergidos en el agua, dando la sensación de que se encuentran menos profundos de lo que están. Son muchas las personas que confiando en esta apariencia de pequeña profundidad ponen en peligro sus vidas. Esto deben saberlo en primer lugar los niños y las personas de poca estatura, para los cuales este error puede ser fatal. Dichos efectos se deben a la refracción de la luz. La misma ley explica que una cucharilla sumergida en un vaso de agua parezca quebrada.

Ciertos rayos de luz como por ejemplo un rayo de luz blanca, al refractarse da origen a varios rayos refractados de colores diferentes, cada uno con una inclinación determinada. Muchas veces nuestro ojo no percibe este fenómeno porque los diversos rayos están muy próximos unos de otros, dando a nuestra vista una sensación de un solo color. Sin embargo en algunos medios esta separación de colores es perfectamente visible. Siempre que un rayo de luz se separa en otros colores, decimos que hubo dispersión. La dispersión es originada por la refracción de la luz, por lo que para un par de rayos de color diferente, la refracción no será la misma; depende del color del rayo de luz. El arco iris es un ejemplo espectacular de la dispersión de la luz. La condición para que aparezca un arco iris es que el Sol brille en una parte del cielo y que esté lloviendo en la parte opuesta. Cuando el observador se coloca de espaldas al Sol, ve el espectro de colores formando un arco.

Un ejemplo interesante de la refracción de la luz es la refracción atmosférica, conocida como espejismo. Cuando hace calor, puede haber una capa de aire muy caliente en contacto con el

suelo. Como las moléculas de aire caliente están más separadas, los rayos de luz sufren una desviación en esta capa que en la capa a menor temperatura. Esto hace que los rayos se curven gradualmente, produciendo la imagen de un objeto por debajo del suelo. Un conductor experimenta una situación análoga cuando viaja sobre una carretera caliente y ve agua frente a sí. El cielo parece reflejarse sobre una superficie mojada, pero en realidad la luz del cielo se está refractando a través de una capa de aire caliente. Cuando se observan imágenes temblorosas en el aire sobre un pavimento o una estufa caliente, lo que se ve es el efecto de la refracción atmosférica. El titilar de las estrellas en el cielo nocturno, se debe a la refracción de la luz al atravesar capas de aire inestables de la atmósfera. El Sol se puede observar durante varios minutos después de que en realidad ya se ha puesto. Esto se debe a que la luz se refracta en la atmósfera terrestre. Como la densidad de la atmósfera varía poco a poco, los rayos refractados se curvan gradualmente, describiendo una trayectoria curva. Lo mismo ocurre al amanecer, así que los días duran unos cinco minutos más debido a la refracción atmosférica. Cuando el Sol está cerca del horizonte, los rayos provenientes del borde inferior se curvan más que los rayos del borde superior. Esto hace que el diámetro vertical se acorte y que el Sol parezca tener forma elíptica en vez de redonda. Lo mismo pasa con la Luna.

Analizando la dirección del rayo incidente y del rayo refractado, se llega a:

- 1.- El rayo incidente, el refractado y la normal se encuentran en un mismo plano.
- 2.- Para un par de sustancias transparentes y un rayo de luz de un solo color, el producto del índice de refracción del medio del rayo incidente multiplicado por el seno del ángulo de incidencia es igual al producto del índice de refracción del medio del rayo refractado multiplicado por el seno del ángulo de refracción. Es decir:

$$n_i \text{Sen} \theta_i = n_r \text{Sen} \theta_r \quad (1)$$

Estas dos conclusiones se conocen como leyes de refracción. Fueron descubiertas experimentalmente en 1621 por Snell. Por ello estas leyes se conocen como Leyes de Snell.

El índice de refracción depende de la naturaleza de la sustancia. En virtud de esto, se usa a menudo para identificar las sustancias. Otra característica del índice de refracción es que siempre es mayor o igual a uno.

Cuando un rayo pasa de un medio de menor índice de refracción a otro de mayor, el rayo refractado se acerca a la normal, es decir, el ángulo de refracción será menor que el ángulo de incidencia. Para el caso contrario, el rayo se alejará de la normal por lo que el ángulo refractado será mayor que el de incidencia. Sin embargo, llegará un ángulo de incidencia para el cual el ángulo del rayo refractado será de 90 grados. La luz, en este caso, emergerá tangencialmente a la superficie refractora. El ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90 grados, se le conoce como Ángulo Crítico. Para ángulos de incidencia mayores que el ángulo crítico, el rayo incidente no se refractará, experimentará una reflexión total interna. El ángulo crítico se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$\theta_c = \text{Sen}^{-1}(n_r / n_i) \quad (2)$$

El ángulo crítico del vidrio es de alrededor de 43 grados, según sea el tipo de vidrio considerado. Esto significa que, dentro del vidrio, los rayos de luz que se alejan a más de 43 grados de la normal a una superficie, sufrirán una reflexión total interna al incidir en dicha superficie. Por ejemplo, en los prismas de binocular, los rayos que inciden sobre la superficie posterior a 45° , experimentan una reflexión total interna. Permanecerán dentro del prisma hasta que incidan sobre una superficie a un ángulo entre 0 y 43 grados de la normal.

La reflexión interna total es, como su nombre lo indica, total; es decir, al 100%. Un espejo plateado o aluminizado refleja sólo entre el 90 y el 95% de la luz incidente y se ve afectado por el polvo y la tierra; los prismas son más eficientes. A esto se debe, principalmente, que se usen en vez de los espejos en la construcción de muchos instrumentos ópticos.

El ángulo crítico del diamante es de 24.6 grados, menor que el de todas las sustancias conocidas. Esto significa que cuando entra luz en un diamante, lo más probable es que se refleje internamente en forma total. Todo rayo de luz que incida sobre una superficie a un ángulo superior a 24.6 grados respecto de la normal en el interior de un diamante, permanecerá dentro del diamante por reflexión interna total. En un diamante pulido, la luz que entra por una de las facetas experimenta en general varias reflexiones internas totales sin perder intensidad antes de emerger por otra faceta en otra dirección. Por eso un diamante emite destellos inesperados. El hecho de que el ángulo crítico sea

pequeño y que la luz se refracte en forma pronunciada debido a la refracción de la luz en el diamante produce una gran dispersión y una amplia gama de colores. Los colores de un diamante son muy brillantes.

La reflexión interna total es el principio del funcionamiento de las fibras ópticas. Como su nombre indica, estas fibras transparentes transportan luz de un lugar a otro como las tuberías de agua. La luz en su interior sufre varias reflexiones internas totales como si una bala rebotara en una tubería de acero. Las fibras ópticas sirven para llevar luz a sitios inaccesibles. Penetrando la luz en un extremo debido a las curvaturas apropiadas del tubo y reflejándose totalmente en forma sucesiva, toda la luz que penetra emerge en el otro extremo. Los médicos y los dentistas usan tubos como estos para iluminar ciertas cavidades de nuestro cuerpo que de otro modo no podrían verse. Los mecánicos y los maquinistas las usan para ver el interior de los motores que reparan y los médicos se valen de ellas para ver el interior del cuerpo de sus pacientes.

La naturaleza hace uso de las fibras ópticas en el pelaje de un oso polar. Los pelos del oso polar son en realidad fibras ópticas transparentes que captan la luz ultravioleta. El pelaje del oso se ve blanco porque los pelos son huecos y la luz visible se refleja sobre sus ásperas superficies internas. La energía radiante de frecuencias superiores viaja por la fibra hasta llegar al animal, la cuál absorbe muy eficientemente toda la energía solar que recibe.

Las fibras ópticas son importantes en la comunicación. En muchas ciudades, los gruesos, voluminosos y caros cables de cobre han sido reemplazados por delgadas fibras de vidrio capaces de transportar miles de mensajes telefónicos simultáneamente entre dos grandes centros de conmutadores. Debido a que la longitud de onda de la luz visible es pequeña, puede llevar más información que las vibraciones de una corriente eléctrica. Las fibras ópticas están sustituyendo poco a poco los circuitos eléctricos en la tecnología de la comunicación.

En un día caliente es muy común, al viajar en automóvil, que veamos la calle como si estuviese mojada. La luz próxima a la tierra, pasa de capas de aire superiores más frías hacia capas más calientes rarificadas que están próximas a la calle. Teniendo el aire caliente menor índice de refracción, el rayo luminoso se va alejando de la normal hasta experimentar reflexión total. De este modo la luz penetra en nuestros ojos como si viniese de un punto bajo la calle. El observador por experiencia sabe que el agua puede reflejar la luz del cielo y concluye incorrectamente que existe agua en la calle. Una imagen que se forma de esta manera se llama espejismo.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:

En esta sección describiremos el programa que lleva a cabo la simulación para Ley de Snell. La simulación muestra gráficamente la trayectoria descrita por un rayo al pasar de un medio a otro. La figura 2 muestra la distribución de las diversas opciones con las que cuenta el sistema. Las barras de desplazamiento que se encuentran en la parte superior de la pantalla, son utilizadas para que el usuario seleccione el valor del ángulo de incidencia y los valores de los índices de refracción de los medios por los que viajará el rayo. Conforme se modifican las barras de desplazamiento, en las cajas de texto respectivas se desplegarán los valores de cada uno de los parámetros que rigen la simulación. También existen dos cajas de texto en la que se desplegarán el ángulo refractado o el ángulo reflejado, si el rayo es refractado o reflejado, respectivamente.

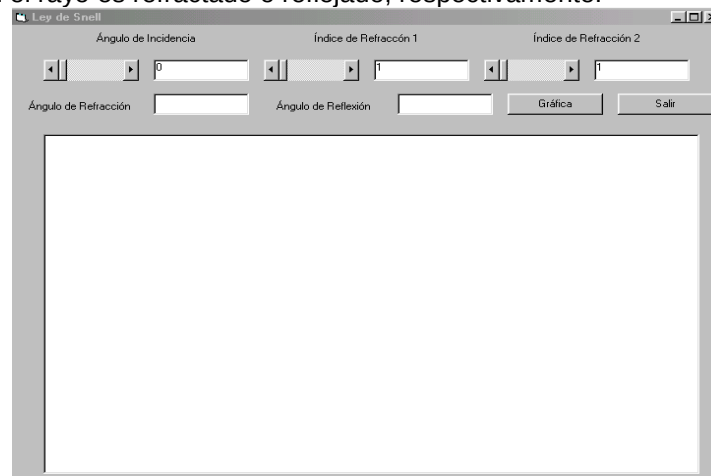


Figura 2

Para introducir los valores de los parámetros que rige la simulación, es necesario colocarse en una barra de desplazamiento particular. Después que se ha ubicado en una de ellas, será posible disminuir o aumentar una cantidad determinada con solo hacer click con el botón izquierdo del ratón en la flecha izquierda o derecha de la barra o sobre la barra de desplazamiento. Cada valor introducido será desplegado en la etiqueta correspondiente. El proceso se aplica para cada una de las barras de desplazamiento que componen el sistema. La figura 3 muestra algunos valores que han sido introducidos en cada etiqueta.

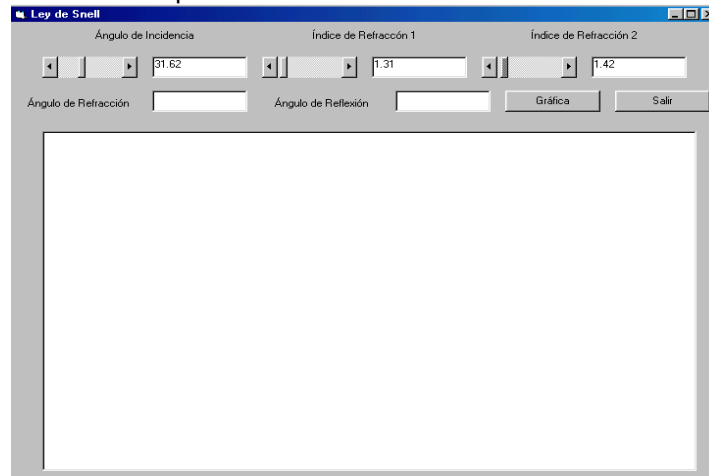


Figura 3

Observe en la figura que los valores para el ángulo de incidencia y los índices de refracción pueden ser introducidos hasta centésimas. El rango de valores para el ángulo de incidencia es de 0 a 90 grados y de los índices de refracción es de 1 a 10, en intervalos de centésimas.

Para observar la trayectoria seguida por un rayo al cruzar de un medio a otro de acuerdo con los valores de los parámetros introducidos por el usuario, es necesario activar la opción que la muestra. Para ello, debemos hacer click con el botón izquierdo del ratón sobre el botón correspondiente a la gráfica. Una vez activada, se mostrará la gráfica de la trayectoria seguida por el rayo. Observe la figura 4.

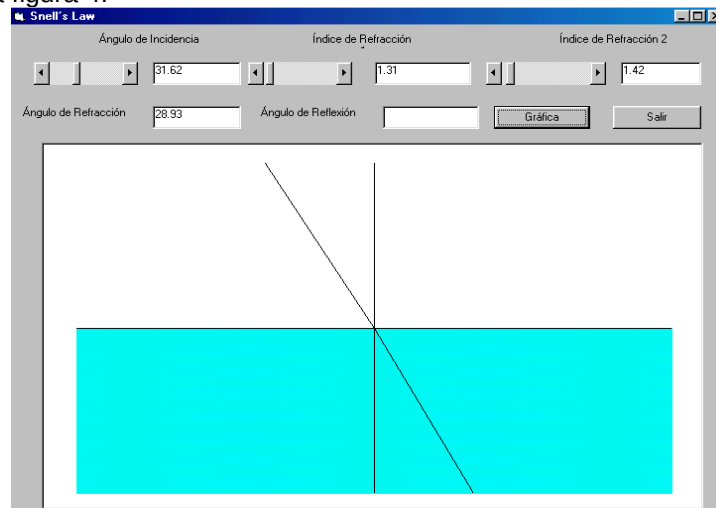


Figura 4

Observe en la figura que el sistema despliega el valor del ángulo refractado o reflejado según sea el caso. Para estos valores el rayo refractado se acercará a la normal, ya que el rayo pasa de un medio con índice de refracción menor a uno mayor. Si el rayo pasara de un medio de índice de refracción mayor a uno menor, el rayo refractado se alejaría de la normal, es decir, el ángulo de refracción sería mayor al ángulo de incidencia. Observe la figura 5 donde se muestra que el rayo refractado se aleja de la normal al cruzar de un medio de índice de refracción mayor a un menor.

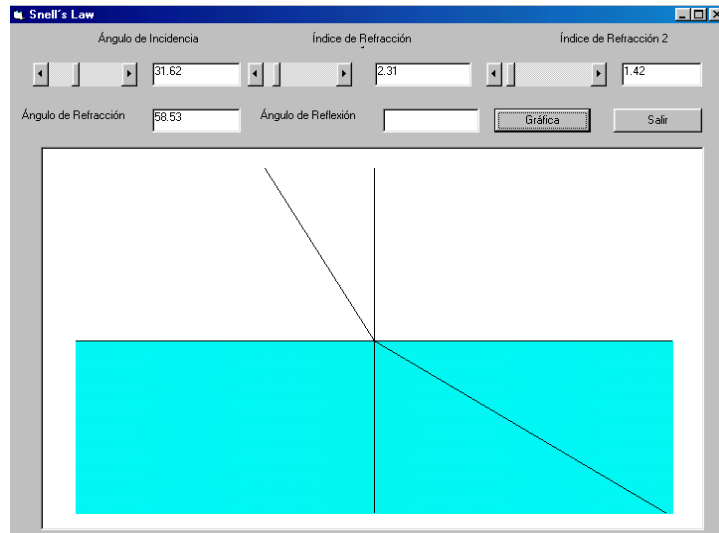


Figura 5

Para esta situación, llegará un ángulo de incidencia para el cual el ángulo para el rayo refractado será de 90 grados. La luz, para este caso, emergerá tangencialmente a la superficie refractora. Como se mencionó, el ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90 grados, se le conoce como Ángulo Crítico. Con el sistema el usuario podrá encontrar el valor del ángulo crítico para un par de índices de refracción dados. La figura 6 muestra el rayo que emerge tangencialmente a la superficie de separación, para un rayo incidente e índices de refracción particulares.

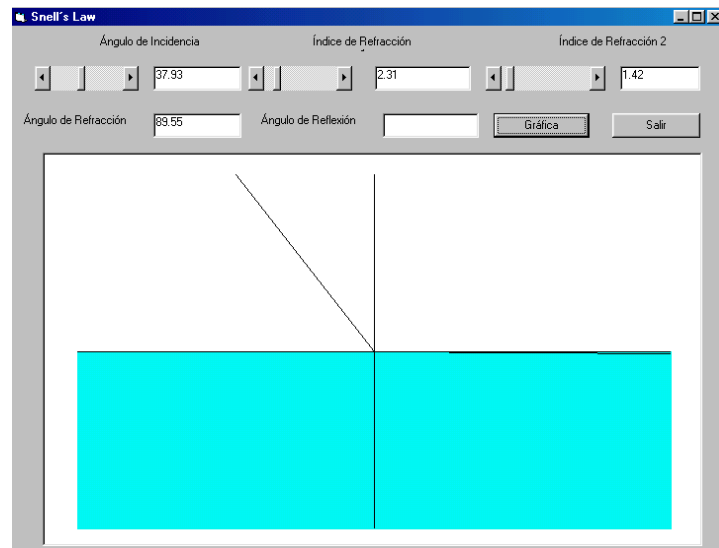


Figura 6

Para ángulos de incidencia mayores al ángulo crítico, el rayo incidente no se refractará, sino que experimentará una reflexión total interna. En esta situación, el sistema mostrará la trayectoria del rayo incidente y del rayo reflejado. De acuerdo con las leyes de la reflexión, el ángulo del rayo reflejado coincidirá con el ángulo del rayo incidente, por lo que la gráfica será simétrica con respecto a la normal. Al no existir ángulo de refracción, la caja de texto respectiva estará vacía y sólo se desplegará en la caja de texto el ángulo del rayo reflejado. La figura 7 muestra la trayectoria seguida por un rayo al reflejarse en la interfase entre dos medios. Observe que el ángulo de incidencia es mayor al ángulo crítico correspondiente con los dos índices de refracción dados.

El usuario podrá experimentar con diferentes valores del ángulo de incidencia y de los índices de refracción de cada medio. Así, podrá observar situaciones en las que el índice de refracción del

rayo incidente es mayor que el índice de refracción del rayo refractado, o viceversa. También podrá encontrar, a través del sistema, el ángulo crítico para un par de índices de refracción dados.

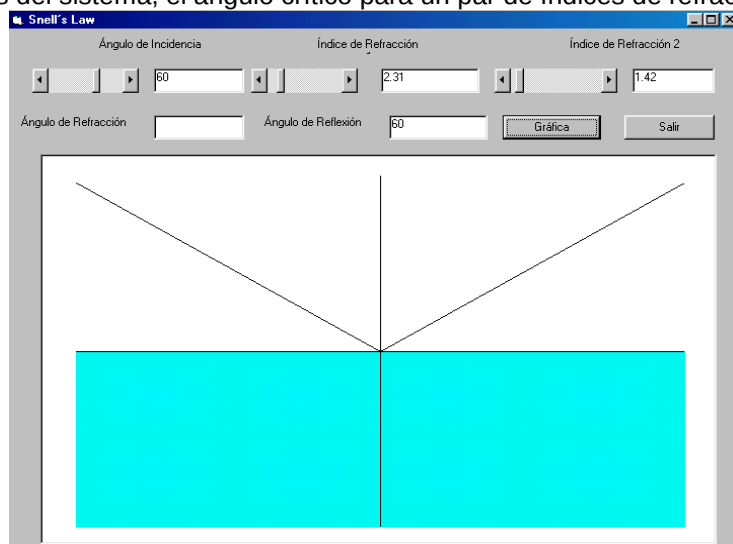


Figura7

CONCLUSIONES:

El Sistema:

- Presenta una interfase gráfica de fácil manejo.
- Genera un modelo visual para la Ley de Snell.
- Permite identificar el papel que juegan las variables que intervienen en la simulación.
- Apoya la labor docente.
- Propicia a que el usuario construya sus propias conceptualizaciones.
- Es un medio efectivo que permite la interacción entre la computadora y el usuario.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- Resnick, Robert; Halliday, David. Física. Vol I y II. CECSA. 1980.
- 2.- Ceballos, Francisco Javier. Enciclopedia de Visual Basic 4. Alfaomega Grupo Editor. 1996.
- 3.- Naylor, T; Balintfy, J; Burdick, S; Chu, Kung. Técnicas de Simulación en Computadoras. Noriega Editores. 1988.
- 4.- Pobes, José Carlos. El Ordenador y la Enseñanza. Alhambra. 1986.
- 5.- Wooton, William; Beckenbach, Edwin F. Geometría Analítica Moderna. Publicaciones Cultural S.A. 1978.
- 6.- Goncalves de Alvarenga, B; Ribeiro Da Luz, A. M. Física General. Harla. 1986.
- 7.- Hecht, E; Zajac, A. Óptica. Fondo Educativo Interamericano. 1989.
- 8.- Hewitt, Paul G. Física Conceptual. Addison-Wesley Iberoamericana. 1995.
- 9.- Perelman, Y. Física Recreativa. Libro 2. Editorial Mir Moscú. 1983.
- 10.- Walker, Jearl. Física Recreativa. La Feria Ambulante de la Física. LIMUSA. 1988.
- 11.- Hecht E. Física en Perspectiva. Addison-Wesley Iberoamericana. 1987.
- 12.- MacDonald Simon G. G; Burns, Desmond M. Física para las Ciencias de la Vida y de la Salud. Fondo Educativo Interamericano. 1978.