

Un Applet de nuevo tipo para la Física General.

Universidad Central "Marta Abreu" de Las

Villas. Cuba. Departamento de

Física.

Autor: Carlos A. Alejandro Alfonso calfonso@mfc.uclv.edu.cu

Resumen.

Analizamos la simulación de un patrón de interferencia muy conocido en la Física general, específicamente en la óptica, obtenido con el dispositivo de Young de la doble abertura. La simulación nos permite comparar los patrones de interferencia de cuatro fuentes de luz, así como la dependencia de este con la separación entre las dos rendijas y con la distancia entre las pantallas.

A diferencia de otras similares públicas en Internet, esta permite realizar mediciones precisas de las posiciones lineales de máximos o mínimos, con un micrómetro ocular muy similar a los que encontramos en los laboratorios reales y por tanto permite aplicar la teoría de errores y expresar los resultados por intervalos de confianza.

Introducción.

En la preparación de ingenieros, para diversas ramas de la economía, desempeñan un gran papel las ciencias fundamentales, en particular la Física.

El análisis de las leyes del movimiento y de la interacción entre los cuerpos, así como las leyes de los fenómenos gaseosos, electromagnéticos y ópticos, se refieren al dominio de la Física.

A pesar de la belleza matemática de algunas de sus más complejas y abstractas teorías, incluyendo las de las partículas elementales y de la relatividad general, la Física es sobre todo una ciencia experimental.

Las prácticas de laboratorio pueden desarrollarse de manera que el alumno esté en contacto físico y pueda manipular los elementos, dispositivos e instrumental requeridos para el experimento (laboratorio real) o utilizando simulaciones interactivas programadas con el empleo de las PC (laboratorio virtual). Ambas formas requieren la autopreparación por parte de los estudiantes, a través de materiales impresos o en formato electrónico (Alejandro, C. 2003). Algunas experiencias muestran que el trabajo en ambos ambientes es complementario (Lucero, I. Y otros. 2000).

Una simulación por ordenador es un programa que pretende reproducir, con fines docentes o investigativos, un fenómeno natural mediante la visualización de los diferentes estados que el mismo puede presentar, estando cada estado descrito por un conjunto de variables que varían mediante la interacción en el tiempo de un algoritmo determinado. Por esta razón una simulación por ordenador describe de manera intuitiva el comportamiento del sistema real. Generalmente permiten modificar algunos parámetros, posiciones relativas, procesos, etc. Aunque las prácticas virtuales no deben sustituir nunca a los experimentos reales, si se dispone

de ellos en el laboratorio; siempre deben ser consultados. Está demostrado su utilidad en el proceso de aprendizaje (Kofman y otros. 1997).

Si en las prácticas virtuales, las tareas, son situaciones no acotadas y de enunciado abierto, por lo general cualitativo, donde la mayor parte de la información que se requiere para su realización no aparece explícitamente en su enunciado, entonces estamos favoreciendo el aprendizaje, creando actitudes positivas en los educandos, familiarizándolos con aspectos de la metodología de la investigación en las ciencias y contribuyendo al desarrollo de una percepción más integral de la realidad circundante, por parte de ellos.(Alejandro, C., Ruiz, F., García, M. 2003).

El diseño de las prácticas de laboratorio y su planificación va a depender de múltiples factores: posibilidad de realizarla en forma real, objetivos que se persiguen con cada una, momento en que deben efectuarse, etc. Sin embargo estas deben ser un elemento importante del proceso integral de construcción de conocimiento científico, en el que las sesiones de introducción de conceptos, los problemas de lápiz y papel y las prácticas de laboratorio constituyan, como en la labor científica, distintas etapas a las que se recurra de acuerdo a la situación a la que se encuentra y debieran exigir un esfuerzo creativo y crítico por parte de lo estudiantes, y no reducirse a directivas que impongan caminos preestablecidos, inmodificables o incuestionables (Salinas, J. Y otros. 1995).

Para la autopreparación y el posterior desarrollo de las prácticas de laboratorio de Física general en el laboratorio real (Aceituno, J. Alejandro, C. y Mujica, V. 2003) los estudiantes pueden consultar el SEFISAC (García, M., Alejandro, C., Ruiz, F. 2003), en la dirección:

http://www.mfc.uclv.edu.cu/DVF/sefisac/sefisac/Prácticas%20de%20laboratorio/laboratorios_de_fisica.htm

También pueden profundizar sus conocimientos, desde su computador, analizando dentro del SEFISAC, varios textos de Física general (Ruiz, F., García, M., Alejandro, C. 2003), en la dirección:

<http://www.mfc.uclv.edu.cu/DVF/sefisac/sefisac/default.htm>

Las simulaciones publicadas en Internet, sobre el experimento de Young de la doble abertura, no permiten realizar mediciones o si lo permiten estas adolecen de errores y por tanto impiden aplicar la teoría de errores (González, T., Herrera, K., Sánchez, R. 2003).

La simulación que presentamos en este trabajo tiene ventajas sobre otras semejantes. La práctica virtual "Interferencia de la luz", pública en la dirección:

http://www.mfc.uclv.edu.cu/DVF/sefisac/sefisac/P.V.de%20F/prácticas_virtuales.htm

permite que el estudiante interactúe de forma conciente con esta simulación. (Alejandro, C., Ruiz, F., García, M. 2003).

Desarrollo.

El experimento de Young.

La primera comprobación experimental de la teoría ondulatoria de la luz la proporcionó el polifacético científico inglés Tomás Young, cuando utilizando la luz del sol y un simple dispositivo (dispositivo de Young), determinó la longitud de onda de las ondas luminosas.

Se denomina interferencia de la luz al hecho de que al superponerse dos o más ondas luminosas en un punto, bajo ciertas condiciones, la iluminación en ese punto no es igual a la suma de las iluminaciones que tendría si cada una de ellas llegara en ausencia de la otra o las restantes.

Cuando se produce la interferencia, en esa región la iluminación no es uniforme, aparece una sucesión de zonas claras y oscuras llamadas patrón de interferencia o cuadro interferencial.

(Figura 1).



Figura 1. Patrón de interferencia, obtenido con el dispositivo de Young.

En nuestros laboratorios la instalación experimental que se utiliza para demostrar las características de la interferencia, con el dispositivo de Young, la mostramos en la figura 2.



Figura 2. Montaje experimental típico del dispositivo de Young.

Para obtener la expresión de trabajo, consideremos el esquema que se muestra en la figura 3

.Una rendija F deja pasar un estrecho haz de luz proveniente de una fuente luminosa. Por difracción en F la luz llega a las rendijas F_1 y F_2 y los rayos que de aquí emergen interfieren en P sobre la pantalla.

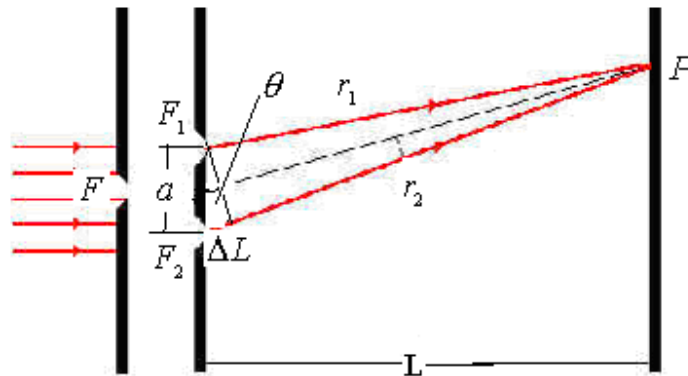


Figura 3. Esquema del dispositivo de Young.

La diferencia de recorrido óptico coincide con la diferencia de camino geométrico si $n=1$ (vacío).

$$\Delta L = r_2 - r_1 = a \operatorname{sen} \theta \quad (1)$$

lo cual se indica en el gráfico. Al plantear (1) consideramos que D es mucho mayor que d , de manera que los rayos r_1 y r_2 puedan considerarse paralelos entre sí con buena aproximación.

La diferencia de fase será entonces:

$$\phi = k \Delta L = \frac{2\pi}{\lambda} a \operatorname{sen} \theta \quad (2)$$

Si en P se tiene un máximo de intensidad, se cumple que:

$$\frac{2\pi}{\lambda} a \operatorname{sen} \theta = 2m\pi \quad m=1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

La expresión (3) refleja la simetría del patrón respecto al máximo central ($m=0$), situado en el centro de la pantalla.

Del gráfico puede obtenerse la relación:

$$\tan \theta = \frac{y_m}{L} \quad (4)$$

como que θ es pequeño se cumple que $\operatorname{sen} \theta$ es aproximadamente igual a la $\tan \theta$, entonces podemos demostrar que:

$$m \frac{\lambda}{a} = \frac{y_m}{L} \quad (5)$$

La distancia lineal sobre la pantalla entre los dos máximos de orden m y $m+1$, es decir consecutivos será entonces:

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{a} \quad (6)$$

Normalmente en los laboratorios de óptica se escoge un juego de doble abertura, se mide en el microscopio la separación entre las rendijas (a) se fija la distancia L , se utiliza un filtro y con un micrómetro ocular se determinan las posiciones lineales de varios máximos o mínimos consecutivos.

En nuestro laboratorio de óptica, con una rendija ($\bar{a} = 0.3 \text{ mm}$) y $L = 52 \text{ cm}$ obtuvimos para el filtro azul $\lambda = 452.8 \pm 12.28 \text{ nm}$ y para uno naranja $\lambda = 576.9 \pm 14.76 \text{ nm}$ con un 95% de confiabilidad.

Simulaciones anteriores.

Luego de una minuciosa búsqueda realizada en Internet, comprobamos que las simulaciones, sobre este tema, muestran el patrón de interferencia típico de este dispositivo y revelan su dependencia con los valores de d y D , pero:

- No manifiestan el solapamiento o la no definición exacta de los límites entre los colores.
- No permiten medir con precisión las posiciones lineales en la pantalla de máximos o mínimos.
- No permiten aplicar la teoría de errores para procesar las mediciones realizadas, pues los valores que brindan son calculados a partir de ecuaciones y por tanto desprovistos de errores.

Presentación de la simulación.

En la figura 4 mostramos la simulación, se aprecia en la parte superior izquierda un cuadro donde se seleccionan diferentes parámetros con los que se va a trabajar: el color del filtro (el azul, verde, amarillo y rojo), la distancia entre las rendijas y la distancia entre las rendijas y la pantalla.

Al seleccionar estos parámetros aparecerá el patrón de interferencia correspondiente a esos parámetros. En el cuadro situado en la parte superior derecha aparece indicaciones de cómo mover la línea blanca que se encuentra sobre el patrón ($\ll \gg$) a 4 pasos diferentes, y el micrómetro ocular.

Al simular el empleo del micrómetro ocular podemos realizar mediciones en el applet, provistas de errores. Constituyendo esto una gran ventaja ya que nos acerca bastante a la actividad que se realiza en un laboratorio real.

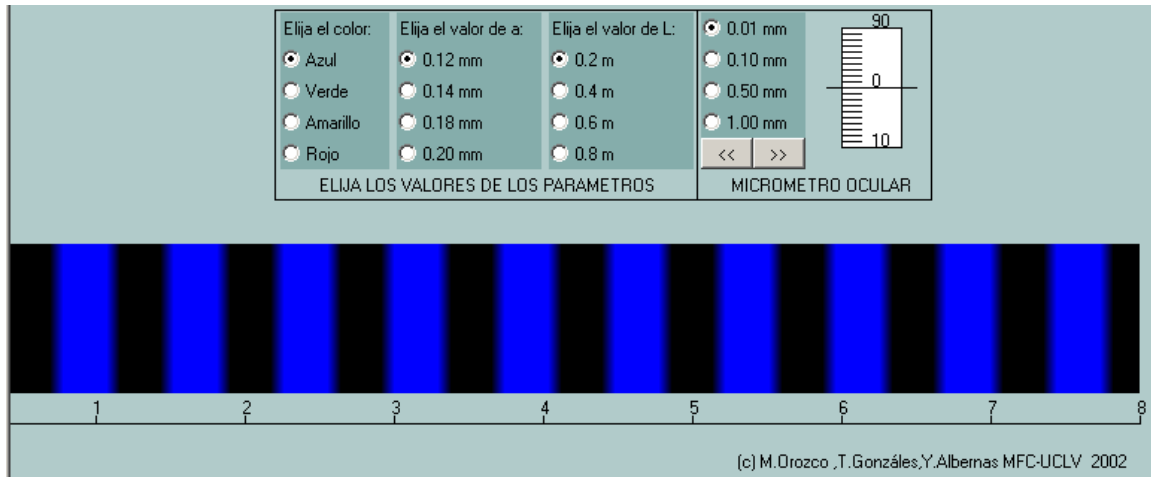


Figura 4. Simulación sobre el experimento de Young.

Posibilidades de la simulación.

a) Visualizar de forma rápida y precisa la dependencia funcional entre los parámetros: separación lineal entre máximos o mínimos consecutivos: longitud de onda de la luz incidente, separación entre las rendijas y distancia entre las pantallas.

- ❖ Cambios en el patrón de interferencia al variar la longitud de onda de la fuente.

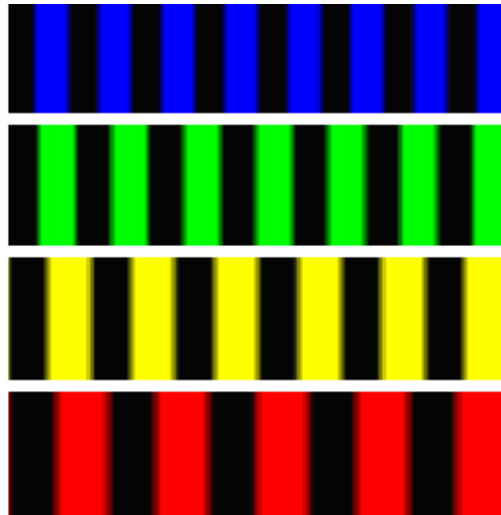


Figura 5. Espectros de varias fuentes, con iguales valores de a (0.12mm) y L (0.2m)

- ❖ Para una fuente fija se puede comprobar cómo varía la separación lineal en la pantalla (Δy), de máximos y mínimos, al modificar **L** o **a**. En la figura 6 ilustramos el patrón obtenido con una fuente verde y $a = 0.14$ mm, al variar los valores de **L**.

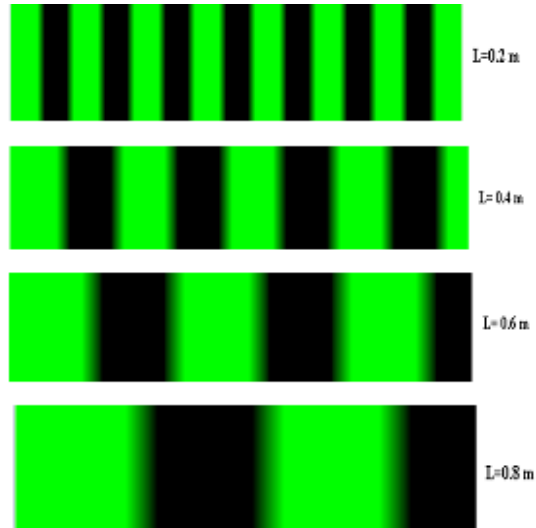


Figura 6. Patrón de interferencia obtenido con una fuente verde y con $a = 0.14$ mm

b) Medir la posición lineal de varios máximos o mínimos contiguos, y luego, teniendo presente la teoría de errores, calcular la separación lineal y determinar la longitud de onda de cada color. En la tabla 1 mostramos en espectro de la fuente azul, obtenido en el dispositivo de Young ($a = 0.18$ mm y $L = 0.6$ m).

Elija el color:	Elija el valor de a:	Elija el valor de L:	<input checked="" type="radio"/> 0.01 mm <input type="radio"/> 0.10 mm <input type="radio"/> 0.50 mm <input type="radio"/> 1.00 mm
<input checked="" type="radio"/> Azul <input type="radio"/> Verde <input type="radio"/> Amarillo <input type="radio"/> Rojo	<input type="radio"/> 0.12 mm <input type="radio"/> 0.14 mm <input checked="" type="radio"/> 0.18 mm <input type="radio"/> 0.20 mm	<input type="radio"/> 0.2 m <input type="radio"/> 0.4 m <input checked="" type="radio"/> 0.6 m <input type="radio"/> 0.8 m	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <input type="button" value="←"/> <input type="button" value="→"/> </div>

MICROMETRO OCULAR

m	Y_1 (mm)	Y_2 (mm)	Y_3 (mm)	Y_4 (mm)	Y_5 (mm)	\bar{y} (mm)
1	0	0	0	0	0	0
2	1.51	1.49	1.51	1.51	1.5	1.504
3	3.1	3	3	3.1	3.1	3.06
4	4.5	4.49	4.49	4.5	4.49	4.494
5	6	5.98	5.98	5.99	5.99	5.988

Tabla 1. En la parte superior una lectura de la posición lineal del segundo máximo, y en la inferior las 5 mediciones de la posición lineal de los 5 máximos presentes en el espectro, y los valores medios de estas magnitudes.

Al determinar la separación lineal promedio de estos 5 máximos contiguos obtenemos:

$$\overline{\Delta y} = 1.49 \text{ mm}$$

Despejando en (6), calculando el valor promedio de la longitud de onda de la luz utilizada en el dispositivo de Young y el error absoluto cometido en su medición obtenemos, con un 95% de confiabilidad:

$$\lambda = 447 \pm 5.91 \text{ nm}$$

Análisis de los resultados

Si comparamos el valor de la longitud de onda de la fuente de luz azul, obtenido con la simulación ($\lambda = 447 \pm 5.91 \text{ nm}$) con el que determinamos en nuestro laboratorio de óptica ($\lambda = 452.8 \pm 12.28 \text{ nm}$), nos percatamos que la diferencia es mínima.

Por otra parte cuando calculamos con una simulación multipropósito (Alejandro, C. 2003) la longitud de onda de las dos líneas azules, presentes en el espectro del mercurio obtuvimos valores de 433.33 nm y 486.66 nm.

Estos valores se encuentran dentro de los límites aproximados, reportados en la literatura para este color.

Por tanto podemos afirmar que la simulación que analizamos en este trabajo está correctamente programada.

Conclusiones.

La simulación sobre el experimento de Young de la doble abertura, que analizamos en esta trabajo puede utilizarse en las diferentes formas de enseñanza, típicas de la Física (conferencias, seminarios, clases prácticas y laboratorios) para:

- Mostrar el patrón de interferencia característico del dispositivo de Young.
- Revelar la dependencia funcional entre la longitud de onda, la separación entre las rendijas y la distancia entre las pantallas (la que contiene la doble rendija y en la que se visualiza el patrón).
- Familiarizar a los estudiantes con el micrómetro ocular'
- Aplicar la teoría de errores y expresar los resultados por intervalos de confianza.

Esta simulación se está utilizando en la práctica virtual denominada Experimento de Young, de nuestro departamento, pública en la dirección:

http://www.mfc.uclv.edu.cu/DVF/sefisac/sefisac/P.V.de%20F/pagina_nueva_4.htm

Bibliografía.

ACEITUNO, J., ALEJANDRO, C. , MUJICA, V. 2003. Propuesta de Sistema de Orientación Integrado para la realización del Laboratorio de Física General, basado en las NTIC. En las memorias de la II Conferencia Internacional "Problemas Pedagógicos de la Educación Superior". UCLV. Villa Clara. Cuba.

ALEJANDRO, C., MUJICA, V., ACEITUNO, J. 2003. Su Applet favorito en Física. . Revista QuadernsDigitals.NET. No 31. Dic. 2003.

http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=6867&PHPSESSID=112d09d21e0ae1c5e9f1a2957e1374ac

ALEJANDRO, C. El laboratorio de Física desde su PC. Revista Iberoamericana de Educación. No 31. Ene-Abr.2003.
<http://www.campus-oei.org/revista/experiencias63.htm>

ALEJANDRO, C., RUIZ, F., GARCIA, M. 2003. Prácticas de laboratorio virtuales de Física. En las memorias de la II Conferencia Internacional "Problemas Pedagógicos de la Educación Superior" UCLV. Villa Clara. Cuba.

BYBEE, R. y LOUCKS-HORSLEY, S. 2000. Advancing Technology Education: The Role of Professional development. *The Technology Teacher*, October 2000, 31-34.

CAJAS, F. 2000. Research in Technology Education: What Are We Researching? A Response to Theodore Lewis. *Journal of Technology Education*, 11(2), 61-69.

GARDNER, P.L. 1997. The Roots of Technology and Science: A Philosophical and Historical View. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 13-20.

GARCIA, M., ALEJANDRO, C., RUIZ, F. 2003. Sistema de enseñanza de la Física asistido por computadora.(SEFISAC). En las memorias de la II Conferencia Internacional "Problemas Pedagógicos de la Educación Superior" UCLV. Villa Clara. Cuba.]

GIL, D. y VILCHES, A. 2001. Una alfabetización científica para el siglo XXI. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

GIL, D. y VALDES, P. 1999. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo Ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.

GONZALEZ, T., HERRERA, K., SÁNCHEZ, R. 2003. Prácticas virtuales de óptica a través de Apples. En las memorias de Inforedu 2003.

KOFMAN, H. Y otros. 1997. Integración de cinemática y dinámica con experiencias manejadas por computadora.

décima reunión nacional de educación en la Física. (Mar del Plata. APFA).

LUCERO, I, y otros. 2000. Trabajo de laboratorio de Física en ambiente real y virtual.

Memorias comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE. Argentina.

RUIZ, F., GARCIA, M., Y ALEJANDRO, C. 2003. Libro electrónico para la Disciplina Física para las carreras

de ingeniería. En las memorias de la II Conferencia Internacional "Problemas Pedagógicos de la Educación Superior". UCLV. Villa Clara. Cuba.

SALINAS, J., CUDMANI, L., y PESA, M. 1996. Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el

aprendizaje del conocimiento científico a nivel universitario básico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 209-220.

SALINAS, J., GIL, D., y C. DE CUDMANI, L. 1995. La elaboración de estrategias educativas acorde a un modelo científico de tratar las cuestiones. Novena Reunión Nacional de Educación en la Física. (Salta, APFA).

VALDES, R., y VALDES, P. 1994. Utilización de los ordenadores en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza*

de las Ciencias, 12 (3), 412- 415.