

Internet en la enseñanza y el aprendizaje de la Física

Angel Franco

La enseñanza y el aprendizaje de la Física se pueden mejorar significativamente mediante los recursos existentes en Internet. Uno de estos recursos es "Física con ordenador" un Curso Interactivo de Física (www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm). Se describen también, algunos modos de usar Internet en la enseñanza de la Física.

1. Introducción

En este artículo, se pretende mostrar que las Nuevas Tecnologías de la Información tienen la potencialidad de mejorar sustancialmente la educación ofreciendo nuevas oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje.

Una de las primeras referencias sobre el uso del ordenador en la enseñanza de la Física data del año 1967 [1].

It is our hope that such pictures will help provide insight into the behaviour of these physical systems and thereby be of some pedagogical value.

Se atribuye un cierto valor pedagógico a una nueva herramienta, el ordenador que producía un conjunto de imágenes que representaban la evolución temporal de un paquete de ondas que incidía en un pozo o en una barrera de potencial.

La aparición del ordenador personal en la década de los 80 y su difusión en los centros escolares e incluso en los hogares, hizo pensar que este instrumento iba a tener un papel cada vez más preponderante en el sistema educativo, que iba a cambiar el modo en el que se enseña y la forma en la que los estudiantes aprenden [2].

- La falta de acceso a los ordenadores.
- Los programas de ordenador eran poco adecuados.
- Que los profesores no estaban suficientemente preparados para usar los ordenadores de forma efectiva.

Aunque el ordenador se convirtió en una herramienta imprescindible en el campo de la investigación, su impacto real en el aula ha sido escaso, señalándose entre sus causas las siguientes [3].

Sin embargo, los ordenadores tienen en sí mismos un gran potencial para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, a fin de que

- El aprendizaje sea más interesante.
- El aprendizaje sea activo, no pasivo como ocurre frecuentemente en nuestras aulas.
- Los estudiantes estén más motivados. La motivación no es equivalente al entretenimiento.
- El aprendizaje sea al ritmo del estudiante individual.
- La educación sea permanente.

Internet es imprescindible en el campo educativo, no solamente por que se trata de un medio didáctico de posibilidades insospechadas, sino por sus cualidades intrínsecas, el uso eficaz de Internet se está convirtiendo en una competencia básica en la nueva sociedad del conocimiento: navegar por las páginas web, descargar ficheros, enviar y recibir mensajes, participar en foros de discusión, etc., formarán parte de las tareas cotidianas de cualquier estudiante.

Internet proporciona acceso a una gran cantidad de información en forma de cursos, artículos, almacenada en bases de datos, etc. Sin embargo, una gran parte de esta información no se adapta a los intereses de los estudiantes que están más tentados a hojear las páginas que a leerlas con atención.

Para evitar estos inconvenientes, el profesor deberá asumir la tarea de filtrar la información para sus alumnos y decidir qué temas deben aprender e investigar. Su papel será el de:

- Seleccionar unos pocos *websites* de calidad.
- Asignar tareas para llevar a cabo cuando se visitan dichas páginas.

España sufre de retrasos importantes en la utilización de las Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación con respecto a otros países más avanzados. La escasez de equipos informáticos en las aulas hace que los estudiantes usen el ordenador ocasionalmente. Sin embargo, el impacto real del ordenador en la enseñanza será probable-

mente distinto cuando este instrumento se convierta en una herramienta de trabajo habitual.

El Consejo de Europa que tuvo lugar en Lisboa en marzo de 2000, atribuye una importancia esencial a la educación y formación para vivir y trabajar en la nueva sociedad del conocimiento.

La iniciativa eLearning [4] tiene por objeto movilizar a las comunidades educativas y culturales y a los agentes económicos y sociales europeos para acelerar la evolución de los sistemas de educación y de formación así como la transición de Europa hacia la sociedad de conocimiento.

Partiendo de un déficit de equipos y programas informáticos, de productos y servicios multimedia educativos, de una penuria de personal cualificado, se pretende realizar a nivel europeo:

1. Un esfuerzo en material de equipamiento.
2. Un esfuerzo de formación a todos los niveles
3. El desarrollo de servicios y contenidos multimedia de calidad.
4. El desarrollo e interconexión de centros de adquisición de conocimientos.

Para que tenga éxito esta iniciativa en el campo educativo, es necesario crear una infraestructura humana a la vez que se dotan a las aulas de ordenadores y se conectan a Internet. Entre los factores se han de tener en cuenta, hay que destacar el papel de los contenidos: Internet se puede convertir en una herramienta válida desde el punto de vista educativo, solamente si es una fuente de información de alta calidad, relevante y fiable que pueda ser encontrada y adaptada a las necesidades educativas.

Una iniciativa en esta dirección, es el concurso público que organiza el Ministerio de Educación y Cultura (Programa de Nuevas Tecnologías) para premiar los materiales curriculares en soporte electrónico que puedan ser utilizados y difundidos en Internet.

2. Modos de usar Internet en la enseñanza de la Física

Se usará Internet, cuando la exposición de un tema o la realización de ciertas actividades pueda resultar más interesante o instructiva que de la forma habitual que se hace en clase. Algunos ejemplos son los siguientes:

1. Explicar conceptos “difíciles”

Cuando se explica un concepto difícil de entender, los gráficos y las animaciones pueden ser muy útiles para mostrar fenómenos que evolucionan en el tiempo o entidades que no se pueden observar directamente como los electrones o las moléculas de un gas.

El estudio del movimiento ondulatorio no es fácil para el estudiante, ya que su aspecto cambia con el tiempo. Para explicar este tema, es importante no sólo la representación espacial de la onda en un instante, sino también como va evolucionando temporalmente. Las series de fotografías publicadas en el libro Física PSSC [5], han puesto de manifiesto la importancia didáctica de estas representaciones.

La figura 1 es una imagen tomada de un applet en el que se representa de forma animada el movimiento de las partículas del medio y la descripción matemática de la propagación del movimiento ondulatorio¹.

La figura 2 es una imagen de un applet que calcula los niveles de energía de hasta nueve pozos de potencial de anchura y separación dada y las bandas de energía del modelo de sólido lineal de Kronig-Penney². El objetivo es el de mostrar la formación de bandas de energía por la adición sucesiva de átomos a la cadena lineal.

2. Resolver problemas interactivos

En los libros de texto, los enunciados proporcionan toda la información necesaria para resolver un problema. Sin embargo, los estudiantes suelen tener dificultades para su correcta interpretación. Se habrá observado también, que algunos dirigen sus esfuerzos a encontrar la fórmula que contiene los datos que se proporcionan en el enunciado del problema.

Se puede ayudar a los estudiantes a desarrollar mejores estrategias en la resolución de problemas [6] mediante programas interactivos o applets. Observando el comportamiento del sistema físico, se

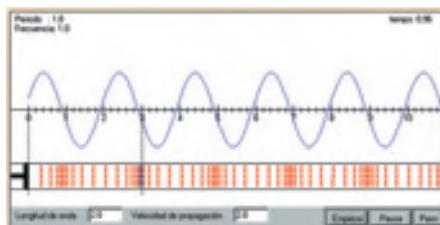


Figura 1. Descripción del movimiento ondulatorio armónico

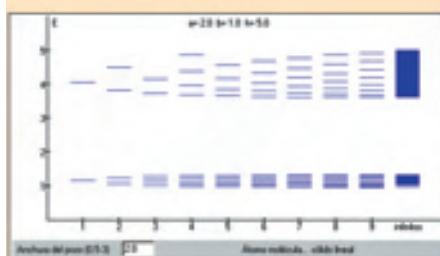


Figura 2. Niveles de energía de un átomo, molécula y bandas de energía de un sólido lineal



Figura 3. El bucle, un problema interactivo

facilita el proceso de análisis, es decir, la descomposición del problema en partes y la aplicación a cada una de ellas, de las ecuaciones que describen el fenómeno físico correspondiente.

La figura 3 muestra el problema del bucle³: se lanza una partícula mediante un dispositivo consistente en un muelle elástico comprimido, que se desplaza a lo largo de un plano horizontal, describe una trayectoria circular y finalmente, se mueve a lo largo de un plano inclinado.

El enunciado del problema es visual y abierto, de modo que el estudiante puede modificar los datos que el programa proporciona por defecto para ensayar otras posibilidades que le permitirán darse cuenta que la partícula tiene que tener una velocidad mínima en la parte superior de la trayectoria circular para completar el bucle. Se muestra también, mediante un diagrama, cómo la energía inicial de la partícula va disminuyendo debido a la fricción, y cómo se va transformando en otros tipos de energía.

3. Realizar “experiencias” en un laboratorio virtual

Una práctica habitual del laboratorio es la medida del coeficiente estático de rozamiento, incrementando la fuerza que se ejerce sobre un bloque que descansa sobre un plano horizontal hasta que empieza a moverse.

La figura 4 es una imagen de un applet que simula una experiencia en el que la fuerza aplicada forma un cierto ángulo con la horizontal⁴. Se dispone de pesas de 100 g, 25 g, y 5 g que se deben colocar, arrastrándolas con el puntero del ratón, sobre un platillo hasta encontrar la combinación que hace que el bloque empiece a deslizar. Se dibujan las fuerzas sobre el bloque para que el estudiante compruebe visualmente que la fuerza normal no es igual al peso, sino que cambia con el valor y la orientación de la fuerza aplicada.

Del mismo modo que en la experiencia real, se le pide al estudiante que realice un conjunto de actividades:

- Resolver el problema, planteando las ecuaciones de equilibrio.
- Medir la fuerza aplicada para varios ángulos.
- Trazar la gráfica de la fuerza en función del ángulo, señalando el ángulo para el cual la fuerza aplicada es mínima.

En general, no se recomienda la sustitución de las experiencias reales en el laboratorio por las virtuales en el ordenador [7]. Sin embargo, las experiencias simuladas se pueden emplear como ejercicios previos de preparación para la realización de la experiencia real, ya que la simulación no se ve afectada por la complejidad del dispositivo experimental ni por los instrumentos de medida.

El ordenador puede ser aún más útil cuando las experiencias de laboratorio son inaccesibles por ser costosas, peligrosas o difíciles de montar.

La figura 5 es una imagen de un applet que simula el experimento de la medida de la constante h de Planck mediante el efecto fotoeléctrico. La simulación tiene la ventaja de que podemos ver el proceso físico: un fotón incidiendo en la placa metálica y el movimiento del electrón emitido⁵. En la figura inferior, se muestra el tratamiento de los datos de la “experiencia”, la pendiente de la recta es el cociente h/e y la ordenada en el origen, la energía de extracción.

1 www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/ondaArmonica/ondasArmonicas.html.

2 www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/solido/solido.htm.

3 www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/bucle/bucle.htm.

4 www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/rozamiento/bloque/bloque.htm.

5 www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm.

La simulación puede limitarse a reflejar los aspectos esenciales o bien, puede ser similar a la experiencia real, tanto en sus elementos constitutivos como en los instrumentos de medida empleados, pero lo más importante es que el procedimiento sea paralelo al real [8].

4. Promover el estudio independiente

En las clases tradicional se imparte a los estudiantes la misma materia y al mismo ritmo. El alumno gracias a la continua disposición de los materiales presentes en Internet podrá estudiar en aquellos contextos y horarios que se ajusten más a sus necesidades, el aprendizaje ya no se va a limitar a un lugar, un tiempo y una infraestructura.

El alumno aventajado tiene muchas oportunidades de profundizar en los temas que figuran en el programa de la asignatura o de aprender otros adicionales.

En el Curso Interactivo de Física tenemos los tiros a canasta [9] como aplicación del tiro parabólico⁶, el estudio del movimiento de un cohete⁷, la introducción a las ideas básicas de los sistemas no lineales⁸, incluyendo el comportamiento caótico, a través de ejemplos sencillos de movimiento oscilatorio [10], etc.

5. Buscar información

Cuando se estudia el espectro electromagnético se les puede pedir a los estudiantes que busquen información en Internet sobre:

- Las características de las ondas electromagnéticas.
- Las propiedades de las ondas electromagnéticas según la región del espectro.
- Las fuentes de ondas electromagnéticas.
- Las aplicaciones de las ondas electromagnéticas en medicina, comunicaciones y en la industria.

Los buscadores como Google nos proporcionan las direcciones de numerosas páginas que contienen información relacionada con el título del tema buscado. El problema reside en seleccionar la información más interesante entre el gran número de páginas devueltas.

Además de los buscadores, algunos profesores individuales y organizaciones sin ánimo de lucro, se han dedicado a recopilar direcciones de materiales educativos publicados en Internet, a clasificarlos por materias y niveles y a veces, a evaluarlos. Algunas de estas direcciones son:

www.pntic.mec.es/enlaces/index.html
merlot.cdl.edu
webs.demasiado.com/Barbosa/default.html
www.schulphysik.de

3. Implicación del profesorado

La implicación del profesorado es esencial para que tenga éxito cualquier cambio en el proceso educativo.

Los profesores, han mostrado, en general, un gran interés en la aplicación de las Nuevas Tecnologías de la Información en el aula. Para un profesor no programador es difícil crear un programa interactivo o applet, pero no le resulta difícil crear una página web en la que ha insertado un applet de libre distribución descargado de Internet.

La personalización [11] de contenidos es uno de los aspectos que más éxito han tenido dentro de los cursos que ha impartido el autor de este artículo. De este

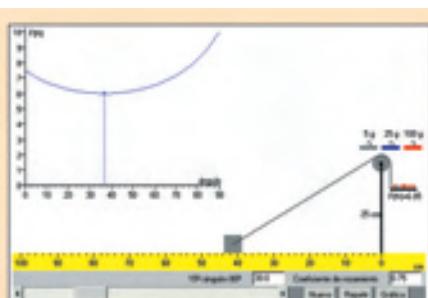


Figura 4. El mejor ángulo para poner en movimiento un bloque que descansa sobre un plano horizontal

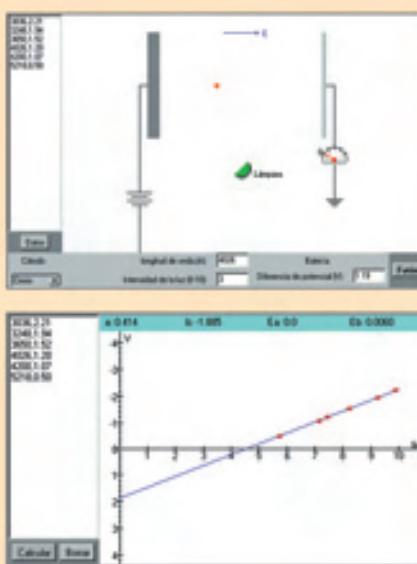


Figura 5. El efecto fotoeléctrico, simulación y resultados “experimentales”

modo, el profesor individual (o en grupo) se implica plenamente en el proceso educativo, creando o seleccionando los contenidos que considera más apropiados, dependiendo de sus criterios educativos y del tipo de alumnos a los que van destinados. Para ello, deberá:

- Conocer cómo percibe el usuario la información en un documento HTML y su diferencia con un documento impreso.
- Estructurar jerárquicamente la información, y establecer relaciones entre las diversas páginas mediante enlaces transversales.
- Proporcionar toda la información y actividades que se precisen para enseñar un determinado tema.

La actualización científica del profesorado es una necesidad en un mundo que progresá rápidamente. Internet ofrece la oportunidad de encontrar información asequible y permanentemente actualizada sobre los nuevos descubrimientos en el campo científico y tecnológico.

Quedan todavía muchos aspectos que los profesores pueden probar e investigar, entre los que cabe destacar:

- La evaluación periódica como estímulo didáctico.
- La combinación entre el estudio en la Red y en el aula.

Más que una evaluación final para dar una calificación, se trataría de pruebas que se realizarían a medida que los estudiantes aprenden para conocer el grado de su progreso y las dificultades que encuentran.

Por ejemplo, el sistema ToL (Test on Line) [12] consta de un banco de problemas y un software que genera automáticamente los exámenes que se envían a los estudiantes a través de Internet, guardándose el resultado de las pruebas en ficheros que se analizan para determinar las carencias del estudiante individual y del grupo.

Se podría potenciar y mejorar el aprovechamiento de las actividades que realizan los estudiantes fuera del aula, una vez acabadas las clases. Por ejemplo, en el modelo Just-in-Time-Teaching [13] los estudiantes responden mediante correo electrónico a problemas propuestos en una página web, el profesor evalúa las respuestas de los estudiantes y ajusta el contenido y las actividades a desarrollar en la clase siguiente de acuerdo con sus necesidades.

⁶ www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fisica/cinemática/BALONCES.html.

⁷ www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinámica/perfecto/perfecto.htm.

⁸ www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/pendulo2/pendulo2.htm.

4. El Curso Interactivo de Física en Internet

El Curso Interactivo de Física es un proyecto que comenzó en enero de 1998 con la intención de aprovechar una de las características más sobresalientes de Internet, la interactividad. De este modo, los applets son los elementos centrales de las páginas web acompañados de texto explicativo, fórmulas y figuras.

El proceso de creación de los contenidos interactivos comienza con la búsqueda de situaciones que ilustren leyes físicas y principios fundamentales, particularmente aquellas que puedan enunciarse de forma concisa y que puedan visualizarse fácilmente. Sería estupendo que además, pudiesen estimular la discusión entre estudiantes y motivarles al estudio de la Física.

Las principales fuentes de inspiración además de la experiencia docente del propio autor, han sido los artículos procedentes de las revistas [14] *American Journal of Physics*, *Revista Española de Física*, *European Journal of Physics*, *Physics Education* y *The Physics Teacher*. De este modo, los resultados de las investigaciones de los autores de dichos artículos o las propuestas fundamentadas de nuevas formas de enfocar un determinado tema, quedan reflejadas en las páginas del Curso Interactivo.

Los contenidos se estructuran de modo que los conceptos básicos forman las columnas vertebrales ramificadas y entrelazadas en las que un mismo concepto se estudia en múltiples contextos, o diferentes conceptos se emplean para analizar una situación física particular.

El Curso Interactivo de Física ha experimentado un uso creciente tanto de España como en América tal como se pone manifiesto en el registro de páginas más visitadas del servidor de la UPV/EHU. Aunque no se ha realizado una evaluación cuantitativa de su impacto real en el aula, ya que solamente se ha

utilizado de forma ocasional, las experiencias de otros profesores en diferentes países y los correos electrónicos que envían algunos estudiantes confirman que se camina en la dirección correcta.

5. Perspectivas de futuro

Los desarrollos tecnológicos futuros, que nos permitirán recibir y transmitir información multimedia, se mueven en dos direcciones complementarias:

- La conectividad, mediante líneas de banda ancha que llegan a nuestros domicilios a través de la línea telefónica (ADSL) o la fibra óptica. Los desarrollos más prometedores incluyen la videoconferencia y el vídeo bajo demanda (televisión interactiva).
- El incremento de la potencia y resolución gráfica de los dispositivos móviles: teléfonos, asistentes (PDA), etc., que añaden a su capacidad de comunicación remota, la mostrar páginas web y ejecutar programas interactivos denominados midlets.

Disponer de una buena y moderna infraestructura de dispositivos conectados a Internet es una condición necesaria pero no suficiente para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es necesario además, producir contenidos interesantes e instructivos. La enseñanza debe también, estimular a los estudiantes a un aprendizaje permanente más allá del aula y acostumbrarlos una vez terminados sus estudios, a renovar periódicamente sus conocimientos varias veces a lo largo de su ciclo de vida laboral.

6. Referencias

- [1] GOLBERG, SCHEY, SCHWARTZ. Computer-Generated Motion Pictures of One-Dimensional Quantum Mechanical Transmission and Reflection Phenomena. *Am. J. Phys.*, March 1967, 177-186.
- [2] BORK A. Personal Computers for Education. Harper & Row Publishers (1985)
- [3] WILSON, REDISH. Using computers in teaching physics. *Physics Today*. January 1989, 34-41.
- [4] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Comunicación de la Comisión. e-Learning-Concebir la educación del futuro. Bruselas 25-5-2000.
- [5] PHYSICAL STUDY SCIENCE COMMITTEE, PSSC. *Física* (1968), Editorial Reverté, volumen I, capítulo 6.
- [6] FRANCO, A. The Interactive Physics Course on the Internet. Problems and Solutions. Computers and Education in the 21st Century. Kluwer Academic Publishers. (2000) Editado por Manuel Ortega y José Bravo. 175-184.
- [7] FRANCO, A. La Simulación de Fenómenos Físicos y Experiencias de Laboratorio en Internet. I Congreso Nacional de Informática Educativa. Puerto Llano, Noviembre de 1999.
- [8] GONZÁLEZ M, ARRANZ G, PORTALES R., TAMAYO M, GONZÁLEZ A. Development of a virtual laboratory on the internet as support for physics laboratory training. *Eur. J. Phys.* **23** (2002), 61-67.
- [9] SAVIRÓN, JOSÉ M. Problemas de Física General en un año olímpico. Editorial Reverté (1984), 113-155.
- [10] SENDIÑA, I.; SANJUAN, M. Sistemas lineales y no lineales: del oscilador armónico al oscilador caótico. *Revista Española de Física*, V. **16**, nº 3, 2002, 30-35.
- [11] FRANCO, A. Internet, la enseñanza de la Física y la formación del profesorado. I Congreso Internacional de Educación Digital. Bilbao, 11-12 de diciembre de 2000.
- [12] TARTAGLIA, A; TRESSO, E. Verifying the learning process in physics. *Eur. J. Phys.* **22** (2001), 257-265.
- [13] CHRISTIAN W. BELLONI M. PHYSLETS: Teaching Physics with Interactive Curricular Material. Prentice Hall (2001) Capítulo 2.
- [14] FRANCO A. La enseñanza de la Física en Internet. Haciendo Interactivos artículos publicados en las revistas científicas. CINTEC 2001, International Conference on New Technologies in Science Education, Aveiro (Portugal) 4-6 de julio de 2001.

Ángel Franco García

está en el Dpto. Física Aplicada I.
Universidad del País Vasco

Junta de Gobierno de la EPS en España



La Junta de Gobierno de la Sociedad Europea de Física (EPS) se celebró por primera vez en España del 3 al 6 de julio de 2003. El día 4 de julio se hizo una jornada de reflexión sobre la Física en el Centro de Astrobiología (CAB) invitados por su director D. Juan Pérez Mercader y a la que asistió además de los miembros de la Junta de Gobierno de la EPS el Profesor D. Luis Vázquez en representación del CAB. El día 5 de julio se celebró en el edificio central del CSIC, la Junta de Gobierno Ordinaria de la Sociedad Europea. En la foto se recoge dentro del CSIC a todos los participantes del día 5.