

# Enseñanza de la física con material interactivo. Tema: oscilaciones

## Physics education using interactive lesson materials: oscillations

D. ARISTIZÁBAL, R. RESTREPO

Escuela de Física, Universidad Nacional de Colombia  
AA 3840, Medellín, Colombia - daristiz@unalmed.edu.co, rrestrep@unalmed.edu.co

### Resumen

Las tendencias mundiales en las reformas curriculares de la enseñanza de la física se basan en la idea denominada en inglés *Interactive Engagement (IE)*, que puede traducirse como “involucrarse interactivamente”. En este artículo se explica el desarrollo de una lección de oscilaciones vía un método IE, el cual promete gran interactividad y retroalimentación al estudiante en su aprendizaje. La lección emplea simulaciones realizadas en Java, lenguaje de última tecnología que permite la difusión de material a través de la Internet. Aunque la lección fue diseñada para estudiantes de educación básica secundaria, ésta no pierde la rigurosidad en las definiciones e interpretaciones físicas. La lección se encuentra hospedada en el URL: [http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/clases\\_secundaria/oscilaciones/index.html](http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/clases_secundaria/oscilaciones/index.html)

**Palabras clave:** oscilaciones, Java, física interactiva, educación.

### Abstract

The worldwide tendencies for curriculum reform in physics teaching are based on the idea of *Interactive Engagement (IE)*, which translates into Spanish as, “involucrarse interactivamente”. In this article the development of a lesson on oscillations using the IE method is explained, which promises a lot interactivity and feedback for the students in their learning process. This lesson uses Java simulations, a language for the latest technology that allows for the diffusion of material via the Internet. Even though the lesson was designed primarily for secondary basic education students, it does not lack rigor in the physics definitions and interpretations. The lesson is available at the URL: [http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/clases\\_secundaria/oscilaciones/index.html](http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/clases_secundaria/oscilaciones/index.html)

**Key words:** oscillations, Java, interactive physics, education.

### INTRODUCCIÓN

Con la masificación de medios como la Internet y con una generación de estudiantes para los cuales esta tecnología y sus anexas son cotidianas, se hace necesario que se busquen metodologías de enseñanza que las incorporen (ALFONSO, 2004; ARISTIZÁBAL, 2005; BEICHNER, 1996; BELLONI y CHRISTIAN, 2003; BONHAM, RISLEY y CHRISTIAN, 1999; CHRISTIAN y BELLONI, 2001; CHRISTIAN y TITUS, 1998; DERBY y FULLER, 1999; FRANCO 2005; TOMLINSON O'BRIEN y GARRATT, 2000). La incorporación de la Internet y del aprendizaje interactivo en la instrucción no se hace por capricho o por moda. Estudios realizados por autores como RICHARD HAKE (HAKE, 1998), muestran cómo los estudiantes ganaban más comprensión conceptual, y más habilidades en la resolución de problemas cuantitativos cuando se les enseñaba con métodos IE que cuando se les enseñaba con los métodos tradicionales.

La Universidad Nacional de Colombia, en su preocupación por democratizar más la educación con pertinencia y calidad, se dio a la tarea de diseñar e implementar material educativo que tuviera amplia interacción y difusión empleando la Internet. La Escuela de Física de la sede Medellín ha entrado a colaborar con la universidad en esta dirección y para ello un grupo de profesores se ha dedicado a realizar numerosas simulaciones de fenómenos físicos que han tomado la forma de lecciones interactivas tal y como se presenta en el formato del actual trabajo.

Uno de los movimientos de mayor interés conceptual y práctico es el del oscilador. Una partícula tiene un movimiento oscilatorio (vibratorio) cuando se mueve periódicamente alrededor de una posición de equilibrio. El movimiento de un péndulo es oscilatorio. Los átomos en un sólido y en una molécula vibran unos respecto a otros. Los electrones en una antena emisora o receptora oscilan rápidamente. Entender el movimiento oscilatorio

es también esencial para el estudio de los fenómenos ondulatorios relacionados con el sonido y la luz. Este es el tema que convoca este artículo, y es abordado de una manera natural, con apoyo de múltiples simulaciones cuidadosamente diseñadas para lograr que el estudiante comprenda las relaciones entre representaciones, entienda las ecuaciones como relaciones físicas entre medidas, construya modelos mentales de sistemas físicos oscilantes y tenga experiencias de aprendizaje activas, estimulantes y del tipo IE (ESQUEMBRE *et al.*, 2004; HAKE, 1998).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Las simulaciones fueron implementadas con el lenguaje de última generación, Java, que es el lenguaje usado en la Internet. Este lenguaje tiene la ventaja que es multiplataforma, es decir, que las simulaciones siempre se ejecutarán correctamente sin importar el sistema operativo del cliente (Windows, Linux, Macintosh y otros). Para programar las simulaciones se empleó la plataforma JSDK (*Java Servlet Development Kit*) en su versión 1.1.4 de libre uso y perteneciente a la *Sun Microsystems* y el ambiente visual *Netbeans*, que además de ser gratuito, es de fácil manejo y permite gran productividad en el desarrollo. La programación se hizo con el paradigma POO (programación orientada a objetos), en el cual el diseño es modular, lo que permite en la implementación, fácil escalamiento, reutilización de código, además de acercarse a la concepción de los objetos físicos.

Las imágenes fueron implementadas con *Fireworks*, que permite hacer dibujos de alta calidad y transformarlos en formatos de imágenes. Las páginas Web se desarrollaron con *Dreamweaver*, con el que se logran buenos resultados sin necesidad de tener conocimiento del lenguaje de marcas, HTML (*HyperText Markup Language*). Estas sólo son dos herramientas de las múltiples que distribuye Macromedia para realización de material multimedia. En el diseño del software se utilizó el UML (lenguaje de modelado unificado), con el cual se construyen los planos de software en su fase de diseño. Para facilitar el uso del UML se empleó el ambiente visual ArgoUML de uso gratuito.

Respecto al hardware, se utilizó un Pentium 4 de 512 Mhz y 128 megas de RAM. Para ejecutar debidamente el curso, es necesario un computador con esas características mínimas, además de un monitor en color y 80 megas de disco duro. En caso de tener el CD de la lección, se deberá disponer de la unidad lectora correspondiente. Esta unidad no será necesaria si se va a ejecutar a través de la Internet.

### RESULTADOS

La lección se dividió en los siguientes temas: fundamentos, cinemática, dinámica, energía, sistema masa-resorte, péndulo simple, superposición, oscilaciones amortiguadas, oscilaciones forzadas, análisis de FOURIER y autoevaluación. A continuación se explican algunas de las simulaciones empleadas haciendo énfasis en el objetivo a lograr.

### FUNDAMENTOS

Se definen los conceptos de elongación, amplitud, período, frecuencia, fase, fase inicial y se explica la forma sinusoidal del movimiento armónico simple. Esta sección se apoya en la simulación de la ilustración 1. En ella se puede observar la formación del cronograma de un oscilador armónico. Mientras el sistema masa-resorte oscila verticalmente con un trazador acoplado a la masa, un registrador cuadrículado se desplaza de derecha a izquierda con velocidad constante (velocidad de barrido), generándose una función sinusoidal que es la representación de la elongación del oscilador con respecto al tiempo. El estudiante puede variar las condiciones iniciales del sistema, lo que le permitirá observar cómo la amplitud y la fase inicial dependen de éstas. Con esta simulación el estudiante logra abstraer el funcionamiento de los sismógrafos, los osciloscopios, los electrocardiógrafos y otros instrumentos que se basan en el barrido como técnica de registro.

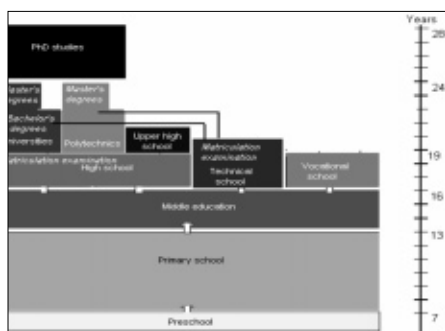


Ilustración 1. Cronograma del oscilador armónico.

## Cinemática

Con la simulación de la ilustración 2, se muestra cómo la proyección de una partícula en movimiento circular uniforme (M.C.U.) oscila armónicamente, y con base en esto se deducen las expresiones cinemáticas del oscilador armónico. El estudiante puede variar las condiciones iniciales del sistema masa-resorte y observar cómo varía el radio de la trayectoria circular y la rapidez de la partícula en M.C.U.

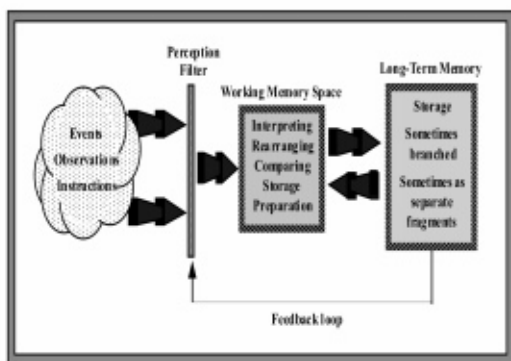


Ilustración 2. MAS vs. MCU

## El péndulo simple

En la simulación de la ilustración 3 se analiza el diagrama de cuerpo libre de la masa pendular en el sistema péndulo simple. Se concluye que la fuerza responsable de la oscilación es la componente tangencial de la fuerza de gravedad. Además se observa que la fuerza centrípeta es el resultado de la suma vectorial de la tensión en la cuerda y la componente normal de la fuerza de gravedad y es variable, adquiriendo su máximo valor cuando la masa pasa por la posición de equilibrio.

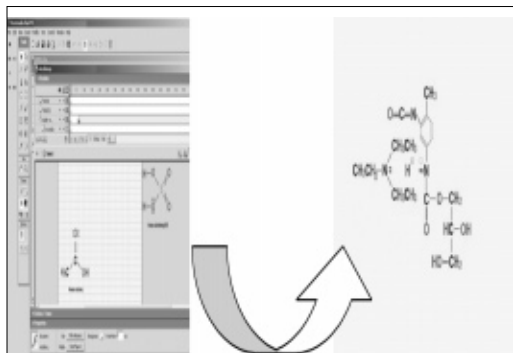


Ilustración 3. Diagrama de cuerpo libre de la masa en el sistema péndulo simple.

El manejo de la fuerza centrípeta en este sistema crea gran confusión entre los estudiantes, pero se aclara muy bien con la simulación cuando ellos interactúan cambiando las componentes de las fuerzas a visualizar.

## El pozo de potencial

En la simulación de la ilustración 4 se observa claramente el pozo de potencial y la constancia de la energía mecánica. Se pueden variar las condiciones iniciales y ver cómo la altura del pozo cambia.

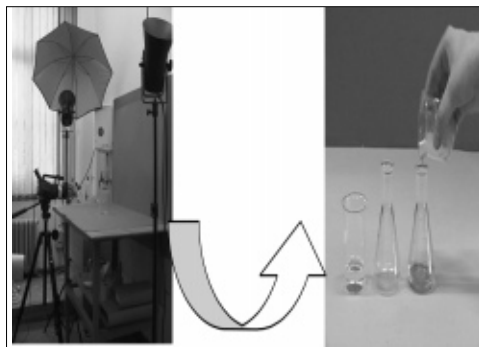


Ilustración 4. Pozo de potencial de un oscilador armónico.

## Superposición ortogonal de oscilaciones

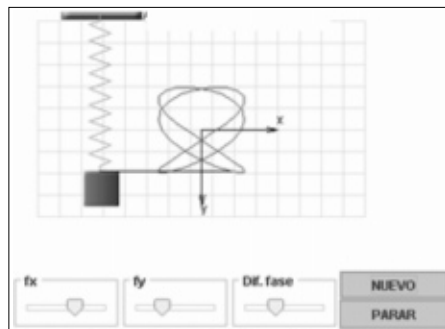


Ilustración 5. Superposición de oscilaciones en direcciones ortogonales.

La superposición ortogonal de oscilaciones armónicas es de gran interés en la física, ya que es la base para comprender el fenómeno de polarización de la luz. En la simulación de la ilustración 5 se superpone la oscilación vertical del sistema masa-resorte y la oscilación horizontal del medio de registro. El estudiante puede variar las frecuencias de ambos y su diferencia de fase, observando que si éstas son iguales la partícula se moverá elípticamente (o en un caso particular de la elipse, dependiendo de la diferencia de fase) y si su relación corresponde a un número racional la partícula seguirá una trayectoria de LISSAJOUS.

## Oscilaciones forzadas

La mejor forma de inyectarle energía a un oscilador es a través de otro oscilador, y las oscilaciones resultantes corresponden a las denominadas oscilaciones forzadas. La partícula al principio oscila en un estado transitorio que rápidamente desaparece y termina oscilando a la frecuencia del agente externo con una amplitud y una fase que no dependen de las condiciones iniciales sino de qué tan cerca estén la frecuencia propia del oscilador y la frecuencia del agente externo.

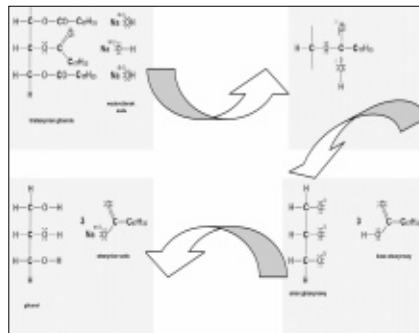


Ilustración 6. Oscilaciones forzadas.

Un fenómeno muy interesante es el que se presenta cuando estas frecuencias son iguales o al menos, muy cercanas, en cuyo caso la amplitud de la oscilación resultante es muy grande. Este es el denominado fenómeno de resonancia, fundamento del funcionamiento de la radio y la televisión. Usando la simulación de la ilustración 6, el estudiante puede variar la frecuencia del agente externo y observar la oscilación resultante: estado transitorio, estado estacionario, resonancias, diferencias de fase entre la fuerza externa y el oscilador y otros detalles.

## Análisis de FOURIER

En general las oscilaciones no son armónicas. Sin embargo, el teorema de FOURIER explica cómo cualquier oscilación anarmónica, si es periódica, se puede expresar como una combinación de funciones senos y cosenos, es decir, de funciones armónicas. La simulación de la ilustración 7 permite al estudiante construir innumerables funciones periódicas con la combinación de armónicos. También puede observar que el período de una señal cualquiera es el período de su primer armónico, denominado también fundamental, y que las definiciones del detalle de la señal, son aportados por los armónicos altos. Aquí el estudiante puede abstraer las nociones de los armónicos en la música.

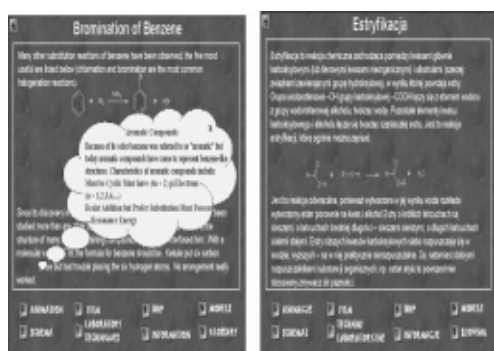


Ilustración 7. Análisis de FOURIER

## DISCUSIÓN

Las simulaciones a las que se refiere el artículo, no deben ser consideradas como laboratorios virtuales, ya que actualmente esta denominación se refiere a una relación *hardware-software* muchísimo más elaborada y centrada en el *software* y no en el *hardware* como los laboratorios tradicionales (CRISTALDI, FERRERO y PIURI, V., 1999; SMIESKO y KOVAC, 2004), tales como monitoreo y control remoto de instrumentos (*hardware*) a través de una red (por ejemplo, Internet o Intranet) empleando *software* para este fin (ejemplo, Servlets y Applets) o el híbrido entre tarjetas adquisidoras de datos (*hardware*) e interfaces gráficas controladoras (*software*) como Labview (producto de la National Instruments). Tampoco se puede pensar que este tipo de simulaciones reemplace, ni siquiera en su mínima expresión, los laboratorios tradicionales de física básica, porque, por un lado, un objeto físico entraña múltiples propiedades e interactúa con su alrededor de una forma muy compleja, y con simulaciones tan simples no es posible acercarse a la "realidad" que concebiría un estudiante en el entorno de laboratorio y por otro lado, el estudiante no obtendría la destreza experimental que se logra con la manipulación de los objetos "reales". En definitiva, estas simulaciones sólo son un muy buen complemento para ayudar en la comprensión de los conceptos físicos.

En la red Internet se encuentran numerosos sitios que presentan excelente material multimedia para la enseñanza de la física, desde *applets* de Java hasta animaciones con *Flash* que es otra de las herramientas de *Macromedia* (ARISTIZÁBAL, 2005; CCHE and National Science Foundation, 2005; CHRISTIAN, 2005; FRANCO, 2005; KRAMER, 2005). Sin embargo, la idea es desarrollar cursos básicos de física donde se expongan los conceptos acoplados directamente con las simulaciones, haciendo énfasis en clarificar aquellas dificultades que por la *experiencia docente personal* se ha encontrado en el proceso enseñanza-aprendizaje de la física básica. Es este el valor agregado de lecciones como la que se presenta en este artículo.

## CONCLUSIONES

La tendencia mundial en las reformas curriculares de física se basa en la metodología denominada, "involucrarse interactivamente". En este artículo

se propone una forma de implementarla mediante lecciones donde se exponen rigurosamente los conceptos físicos y se recrean mediante simulaciones que le permiten al estudiante retroalimentar interactivamente su aprendizaje. La metodología ha sido empleada en los cursos de física general para ingenieros de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, recibiendo gran aceptación por parte de los estudiantes, lo cual no lleva obligatoriamente a concluir sobre su eficiencia y eficacia. En la actualidad se está elaborando la propuesta de un proyecto de investigación que incluirían 10 colegios de secundaria de diferentes estratos sociales de la ciudad de Medellín (Colombia), que emplearían este tipo de metodologías de aprendizaje de la física y a los cuales se les haría un seguimiento durante dos años para así extraer unas primeras conclusiones de su efecto en el proceso enseñanza-aprendizaje obtenidas de un estudio más sistemático.

Los docentes y estudiantes podrán experimentar con este material en el URL, [[http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/clases\\_secundaria/oscilaciones/index.html](http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/clases_secundaria/oscilaciones/index.html)]. En caso de poseer el CD con el material, se comienza la navegación haciendo clic en el archivo *index.html*. Las sugerencias, comentarios y resultados se pueden enviar a los correos electrónicos de los autores.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALFONSO, C., Material didáctico computarizado "Prácticas de laboratorio de física", *Journal of Science Education*, 5, [2], 109-111, 2004.
- ARISTIZÁBAL, D., *Física interactiva*, [en línea], disponible en: [http://eris.unalmed.edu.co/~daristiz/clases\\_secundaria/oscilaciones/index.html](http://eris.unalmed.edu.co/~daristiz/clases_secundaria/oscilaciones/index.html), recuperado: 6 de febrero de 2005.
- BEICHER, R., The Impact of Video Motion Analysis on Kinematics Graph Interpretation Skills, *American Journal of Physics* 64, [10], 1272-1277, 1996.
- BELLONI, M.; CHRISTIAN, W., Physlet for Quantum Mechanics, *Computing in Science and Engineering*, 5, 90-96, 2003.
- BONHAM S.; RISLEY, J.; CHRISTIAN, W., Using Physlets to Teach Electrostatics; *The Physics Teacher* 37, 276-280, 1999.
- CCHE and National Science Foundation, *Physics 2000*, [en línea], disponible en: <http://www.maloka.org/f2000/index.html>, recuperado: 6 de febrero de 2005.
- CHRISTIAN, W.; TITUS, A., Developing Web Based Curricula Using Java Applets; *Computers in Physics* 12, 227-232, 1998.
- CHRISTIAN, W.; BELLONI, M., *Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material*, Prentice Hall, 2001.
- CHRISTIAN, W., *Physlets*, [en línea], disponible en: <http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>, recuperado: 6 de febrero de 2005.
- CRISTALDI, L.; FERRERO, A.; PIURI, V., Programmable Instruments, Virtual Instruments and Distributed Measurement Systems. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 20-27, septiembre, 1999.
- DERBY, N.; FULLER, R., Reality and Theory in Collision; *The Physics Teacher* 37, 24-27, 1999.
- ESQUEMBRE, F.; MARTÍN, E.; CHRISTIAN, W.; VELLÓN, M., *Fislets: enseñanza de la física con material interactivo*, Pearson, Prentice Hall, 2004.
- FRANCO, A., *El curso interactivo de física en Internet* [en línea], disponible en: <http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/Introduccion/fisica/fisica4.htm>, recuperado: 10 de enero de 2005.
- FRANCO, A., *Nuevas formas de enseñar. Desarrollo de un curso interactivo de física en Internet*, [en línea], disponible en: [http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/Introduccion/fisica/rsef\\_1998/rsef\\_98.htm](http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/Introduccion/fisica/rsef_1998/rsef_98.htm), recuperado: 10 de enero de 2005.
- FRANCO, A., *Física con ordenador: curso interactivo de física en Internet*, [en línea], disponible en: <http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/default.htm>, recuperado: 6 de febrero de 2005.
- HAKKE, R., Interactive-engagement vs. Traditional Methods: a Six-thousand-student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics, *American Journal of Physics* 66, 64-74, 1998.
- KRAMER, *Multimedia en física*, [en línea], disponible en: <http://uploader.wuerzburg.de/mm-physik/index.html>, recuperado: 6 de febrero de 2005.
- SMIESKO, V.; KOVAK, K., Virtual Instrumentation and Distributed Measurement Systems, *Journal of Electrical Engineering* 55, [1-2], 50-56, 2004.
- TOMLINSON, J.; O'BRIEN, P. y GARRATT, J., Computer Software to prepare students for Laboratory work, *Journal of Science Education* 1, [2], 100-107, 2000.

Received: 26.01.2005 / Approved: 11.08.2005