

UNA ESTRATEGIA CON PROGRAMAS INTERACTIVOS EN JAVA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FISICA

Bolema Smidia García Devia
Ingeniera Sistemas
Juan Pablo Oviedo Roa
Especialista. Técnicas Modernas de Programación. Cuba
Jhon Heriberto Fuentes Ramírez
Estudiante Ing. Sistemas U. Cooperativa
Angel .Antonio. Rojas García
Especialista. Física U. Tolima
Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Ibagué
Manuel José Páez Mejia
Doctorado Física Nuclear. U. Oregon
Universidad de Antioquia

RESUMEN

Este proyecto busca desarrollar programas (Applets) en Java, con los cuales se facilitara el entendimiento de las principales leyes y conceptos de física en los primeros niveles universitarios de la Física General, como en los últimos niveles de la educación secundaria. El uso de los Applets tiene como misión proporcionar la interacción entre alumno, conocimiento y proceso de aprendizaje. Es decir, permite al alumno confirmar predicciones experimentalmente, mediante la simulación de una determinada situación física creada artificialmente a partir de unas determinadas condiciones iniciales, y mediante el manejo de las variables que intervienen en el mismo.

Dichos Applets nos permitirán la interacción y animación de los fenómenos con lo cual se le obligara al estudiante a pensar y experimentar en un entorno que linda con la lúdica y le ayudara a introducirse en la metodología científica. Finalmente los programas serán colgados al Internet mediante una página Web que explicara los tutoriales de uso y aplicabilidad de los mismos lo que permitirá un mayor campo de cobertura y una mejor accesibilidad por parte del estudiante a los mismos.

PALABRAS CLAVES

Interacción
Simulación
Tutoriales

ABSTRACT

This project is to develop APPLETS programs in Java, which will facilitate the understanding of the main laws and concepts from physics in the first levels of university in General Physics , as well as in the last levels of high school. The use of this Applets have the mission to provide the interaction among learner, knowledge and learning process. In fact, it lets the students to confirm predictions experimentally, through simulation of a specific physics situation created artificially from some conditions and according to the management of the variables that work in it. Those Applets will permit the interaction of the phenomena, which will demand the student to think and experiment in a context that limits with ludic and will help to start acting with the scientific methodology. Finally, the programs will be connected to Internet through a web page that explains their usage, which will permit a wider covering and a better access by the students.

KEYWORDS

Interaction
Simulation
That explains

INTRODUCCION

Con la popularización de los computadores personales, su alta velocidad en la realización de cálculos, es posible hoy en día utilizar métodos numéricos para la solución de problemas que antes era imposible realizarlos con las calculadoras electrónicas, lo cual originó una nueva rama de la Física. La Física Computacional que junto con la Física Experimental y la Teórica forman la Física

actual. La Física Computacional utiliza tanto la Física Teórica como la experimental en una nueva disciplina. Con el desarrollo de los computadores se creó la Internet y paralelamente el lenguaje Java que permite utilizar las técnicas computacionales y de visualización y su diseño orientado hacia la animación de las páginas de la Internet. Existen numerosas páginas dedicadas a la enseñanza de la Física, pero los programas disponibles son limitados dada las amplias posibilidades de las aplicaciones de los principios de la Física.

MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

Numerosos estudios se han realizado sobre el impacto de la enseñanza de la física utilizando computadores, más adelante se mencionan algunos de ellos, y se ha llegado a la conclusión que el rendimiento de los estudiantes mejora cuando los tutoriales diseñados con computadores son utilizados.

Richard S. Steinberg [St-00] ha realizado experimentos pedagógicos en los que compara el rendimiento de estudiantes que han utilizado actividades basadas en el computador con el de otros no sometidos a estas actividades sino al entrenamiento tradicional y concluye que los primeros obtienen mejores resultados.

Frederick Reif y Lisa A. Scout [RS-99], del centro para la Innovación en el aprendizaje de la Universidad Carnegie-Mellon de Pittsburg, desarrollaron tutoriales con computadores con el objetivo de mejorar la instrucción de la física teniendo en cuenta los procesos mentales necesarios para aplicar principios científicos a la solución de problemas los cuales involucran funciones cognitivas básicas de decisión, implementación y valoración y llegaron a la conclusión que los tutoriales con computador son casi tan efectivos como la enseñanza individual realizada por maestros expertos. Sus tutoriales estaban orientados a las leyes de Newton, únicamente.

M.J. Marr (Psicólogo), E. W. Thomas (Físico), M.R. Benne (Psicólogo), A. Thomas (Psicólogo) and R.M. Hume (Educación) [MTH-99] se propusieron mejorar el rendimiento de los estudiantes de Ingeniería en los cursos de Física, en especial en los

cursos de Electricidad que de acuerdo a sus estudios es el que más dificultad presenta a los estudiantes dado que se introducen conceptos como campos eléctricos y magnéticos, distribución de carga, potencial, capacitancia los cuales (a diferencia con la mecánica o la óptica) son nuevos para ellos y los fenómenos generalmente son accesibles a través de medidas con aparatos. Su trabajo tuvo una duración de 5 años e involucró a psicólogos, físicos y profesionales en computación. Su esfuerzo se dedicó a mejorar las habilidades para analizar los problemas, aumentar la velocidad y la precisión en la solución de los problemas y utilización de los conocimientos en la solución. Utilizan los conceptos de la gran pionera en la enseñanza de la física William McDermott basados en que la adquisición efectiva de habilidades en física emergen solamente con la participación activa en "hacer" física y no simplemente con mirar y escuchar las clases.

De la comparación de tres grupos de trabajo estudiantil, uno al cual se le dan módulos en papel para llevar a casa, explicativos de la teoría que complementan las clases, y al otro los módulos se colocan en computadores y otros que tan sólo son sometidos al sistema tradicional de enseñanza. Se concluyó que el rendimiento de los estudiantes que utilizan los módulos de computadores obtienen mejores rendimientos que los que utilizan los módulos escritos y a su vez éstos son mejores que los que siguen la enseñanza tradicional.

Fred M. Goldberg, [Profesor de San Diego State University en California, ha estado investigando durante 20 años en la enseñanza de la física y director de los proyectos (entre otros):

1. Constructing Physics Understanding in a Computer-Supported Learning Environment (CPU Project),
2. Systems and Interactions Construction ideas in Physical Science (CIPS project),
3. Professional Development Materials for Constructing Physics Understanding Among Prospective and Practicing Elementary Teachers (CPU-Elementary Physics).

El Profesor Goldberg [Go-00] también confirma que la asistencia del computador en la enseñanza de la física mejora la comprensión de los estudiantes de los fenómenos estudiados.

En Brasil han hecho estudios [Do-]sobre la resistencia que presentaron gerentes de 43 empresas al uso de la tecnología de los computadores, debido a que consideran que son difíciles de usar y por lo tanto consideran que su utilidad es limitada. Esto porque en su educación no tuvieron experiencias con el uso del computador y crearon resistencias a su utilización. Es otro motivo más para incluir en los currículos universitarios el uso de los computadores.

La lista no es exhaustiva, son numerosos los estudios realizados en los que se apoya el uso de los computadores en la enseñanza de la física.

Estas experiencias en otros países nos animan a involucrar nos en el desarrollo de tutoriales en lenguaje Java, animados e interactivos que contribuyan a mejorar el entendimiento de los fenómenos físicos, y que sirvan de complemento a las clases teóricas y sus respectivos laboratorios. No se pretende sustituir al profesor, como era el temor de hace algunos años entre los profesores de física cuando los computadores se empezaron a popularizar en nuestro medio.

Estos programas serán un complemento a la teoría expuesta en las clases presenciales, y a sus prácticas de laboratorio. Los programas y su código fuente y las explicaciones (en español y en inglés) teóricas de los principios en los que están basados y el procedimiento para utilizarlos, serán colocados en varios sitios en la Internet, para que los estudiantes no sólo de nuestra Universidad sino de las Universidades Colombianas, Latinoamericanas y del mundo puedan interactuar con los programas, para comprender mejor los principios de la física, y a su vez, dado que pueden bajar el código fuente en Java, podrán aprender o mejorar sus conocimientos en el lenguaje Java, para que así se vaya formando una colección universal que será de beneficio para las nuevas generaciones de estudiantes.

Algunos programas serán complemento de las prácticas de laboratorio, otros simulan aparatos que por su costo y complejidad no pueden ser adquiridos. El estudiante al llegar a su casa (o en un café Internet, Biblioteca Pública, etc.), podrá continuar con el aprendizaje utilizando su computador,

repitiendo las prácticas de laboratorio, en situaciones más amplias que las limitadas en la experimentación real, podrá predecir los resultados y comprobarlos en su computador.

Debido a estos éxitos, en este proyecto se diseñan programas interactivos para mejorar la enseñanza y el entendimiento de la física mediante el diseño de páginas en la Internet con programas interactivos que utilizan el Lenguaje Java, (lenguaje que permite la interacción, animación y la independencia del sistema operativo del computador), los cuales ilustrarán las principales leyes y conceptos de la Física en los primeros niveles universitarios de Física General y en los últimos niveles de la educación secundaria.

OBJETIVOS GENERALES

1. Contribuir al mejoramiento del aprendizaje de la física mediante el diseño de programas interactivos en lenguaje Java, que estarán disponibles en páginas para la Internet.
2. Capacitar a nuevos investigadores en el diseño de programas interactivos en el lenguaje Java.
3. Complementar las explicaciones en las clases presenciales y los experimentos realizados en el laboratorio con experimentos virtuales que permitan al estudiante universitario de carreras científicas, Ingeniería o licenciaturas en ciencias, una mayor comprensión del fenómeno físico que el Applet ilustra.
4. Difundir tanto en la Internet como en Congresos de Física, de Educación, de Informática Educativa, los logros obtenidos.
5. Analizar el impacto del uso de esta tecnología en los estudiantes que se eduquen con este nuevo enfoque.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Se diseñarán al menos 10 programas interactivos para la enseñanza de la física en temas como: Conservación del momento en choques elásticos e inelásticos, gravitación, Ley de Gauss, Ley de Ampere, Leyes de Newton, programas en óptica, Física Moderna y otros temas de física.

2. Se diseñará una página en la Internet para colocar los programas en ella y conexiones a ella en otras páginas. En esta página se incluirán conexiones (links) comentados a páginas en Internet con programas interactivos realizados en otros lugares del mundo.
3. Se realizará un análisis sobre el impacto de esta metodología con los estudiantes que directamente reciban las clases teóricas, los laboratorios y los laboratorios virtuales.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para alcanzar los objetivos propuestos, se comenzó con un curso taller de una intensidad de 20 horas, en la primera semana de diciembre de 2003, sobre el lenguaje Java, realizado en la Universidad Cooperativa sede Ibagué, que contó con la asistencia de profesores y estudiantes de las Universidades Cooperativa y del Tolima de dicha ciudad.

De común acuerdo con los investigadores se escogen temas de física que tradicionalmente los estudiantes consideran difíciles de entender, tales como las leyes de conservación, ley de Gauss, ley de Ampère etc., para diseñar tutoriales con programas en Java para que los estudiantes puedan interactuar con ellos tanto en una demostración en clase, como en sus propias casas.

En el tutorial se explica el fenómeno, la manera de interactuar con el programa animado (Applet), y una serie de preguntas que guían al estudiante hacia el principio de conservación o la corroboración de una ley de la física.

La tarea de realizarlos se reparte entre los investigadores con la supervisión del coinvestigador Manuel J. Páez quien tiene una amplia experiencia en el tema, y quien resolverá dudas tanto de Física, de Java y asesorará a los demás coinvestigadores.

Se utilizará al máximo el correo electrónico para la comunicación entre los investigadores.

Una vez que cada Applet esté en perfecto funcionamiento y ensayado para situaciones

extremas, se colocará tanto el programa ejecutable como el código fuente, en las páginas de la red, tanto en la Universidad Cooperativa como en la Universidad de Antioquia, la Universidad del Tolima y en Oregon State University (traducidos al inglés tanto el código fuente como las explicaciones pertinentes) en donde están situados otros programas de Manuel J. Páez.

Posteriormente se analizará el impacto de la enseñanza de la física con la ayuda de los tutoriales. Para esto, se analizará el rendimiento de los estudiantes en los cursos tradicionales, con estas nuevas herramientas. Para complementar la enseñanza teórica, se diseñarán experimentos tradicionales en los cuales se estudian los mismos fenómenos explicados en la teoría y que se simulan en el computador.

La ventaja de la simulación consiste en que se pueden producir nuevas situaciones que en la práctica experimental serían imposibles tales como cambiar la gravedad por otro valor cualquiera.

RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS.

Se espera que los directos beneficiados sean los estudiantes que utilicen los tutoriales de física, complementarios de las clases teóricas y experimentales del investigador principal, que su comprensión de los fenómenos tratados sea excelente. Lo mismo ocurrirá para los estudiantes y profesores que utilicen las páginas en Internet con los tutoriales, tanto a nivel nacional como internacional (esto es muy difícil de cuantificar, pero se buscarán referencias en Internet sobre estos tutoriales.).

Los tutoriales serán públicos, estarán colocados en páginas de Internet tanto en inglés como en español. Los programas serán presentados en los Congresos Nacionales de Física y de Enseñanza de las Ciencias.

Los investigadores estarán capacitados para desarrollar más proyectos tanto en la enseñanza como en otras áreas del saber puesto que programarán con facilidad el lenguaje Java.

Se involucran estudiantes de pregrado (Sistemas, Educación) que utilizarán algunos de estos proyectos como trabajo dirigido de pregrado.

Como los tutoriales estarán en Internet, y cada vez el Internet es accesible a más estudiantes colombianos, y dadas las características del lenguaje Java que se baja de la red y queda instalado en el computador del usuario para que éste interactúe con el programa, los tutoriales son apropiados por los usuarios. Por otra parte, como los códigos fuente se colocan en la Internet, los usuarios interesados podrán aprender o mejorar sus conocimientos en Java.

IMPACTOS ESPERADOS A PARTIR DEL USO DE LOS RESULTADOS.

1. Los profesores participantes adquirirán un excelente conocimiento del lenguaje Java y su programación, lo cual los capacita para continuar desarrollando proyectos semejantes, podrán dirigir tesis de grado en áreas de la Física, la Ingeniería, las Ciencias de la Educación, etc.
2. Los estudiantes que utilicen los tutoriales colocados en páginas de la Internet, van a poder interactuar con los programas interactivos, simular diferentes situaciones físicas y se espera que obtengan una comprensión de los fenómenos físicos.
3. Como los programas estarán en inglés y en español, serán muchos los estudiantes beneficiados en el mundo entero.
4. Serán un complemento a las clases teóricas y a los experimentos demostrativos en clase o laboratorios de Física, con los cuales el estudiante "juega" y va deduciendo conclusiones como fruto de un tutorial programado con múltiples preguntas y sugerencias de experimentos realizables.
5. Aleja al estudiante de páginas perniciosas de la Internet, encuentra páginas constructivas en español (cuyo porcentaje es muy bajo comparado a aquellas en inglés) y se puede interesar en la programación, dado que tendrá el código fuente, podrá realizar sus propias variaciones o mejoras a los programas o escribir sus propios programas.

IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO

El impacto ambiental no es muy directo pero sin embargo lo puede haber: al estar

colocados los tutoriales en el Internet, no hay un consumo de papel, el estudiante sigue los pasos en los tutoriales y obtiene sus propias conclusiones, las cuales se corroboran en el tutorial.

DESCRIPCION DEL PROYECTO

Planteamiento del problema

Numerosos estudios se han realizado sobre el impacto de la enseñanza de la física utilizando computadores, y se ha llegado a la conclusión que el rendimiento de los estudiantes mejora cuando los tutoriales diseñados con computadores son utilizados. Debido a estos éxitos, en este proyecto se diseñan programas interactivos para mejorar la enseñanza y el entendimiento de la física mediante el diseño de páginas en la Internet con programas interactivos que utilizan el Lenguaje Java, (lenguaje que permite la interacción, animación y la independencia del sistema operativo del computador), los cuales ilustrarán las principales leyes y conceptos de la Física en los primeros niveles universitarios de Física General y en los últimos niveles de la educación secundaria.

Dichos programas servirán de complemento a las clases teóricas y sus respectivos laboratorios. No se pretende sustituir al profesor, como era el temor de hace algunos años entre los profesores de física cuando los computadores se empezaron a popularizar en nuestro medio, sino serán una ayuda a la teoría expuesta en las clases presenciales, y a sus prácticas de laboratorio.

Los programas, su código fuente y las explicaciones (en español y en inglés) teóricas de los principios en los que están basados y el procedimiento para utilizarlos, serán colocados en varios sitios en la Internet, para que los estudiantes no sólo de nuestra Universidad sino de otras universidades Colombianas, Latinoamericanas y del mundo puedan interactuar con ellos, y logren comprender mejor los principios de la física, y a su vez, dado que pueden bajar el código fuente en Java, podrán mejorar la aplicación si así lo desean. Se busca también que se vaya formando una colección universal de programas que serán de beneficio para las nuevas generaciones de estudiantes.

Algunos programas simularan aparatos que por su costo y complejidad no pueden ser adquiridos. El estudiante al llegar a su casa (o en un café Internet, Biblioteca Pública, etc.), podrá continuar con el aprendizaje utilizando su computador, repitiendo las prácticas de laboratorio, en situaciones más amplias que las limitadas en la experimentación real, podrá predecir los resultados y comprobarlos en su computador.

Internet como herramienta para la enseñanza

En Colombia la Internet se ha ido popularizando aceleradamente, tan sólo en Medellín, en aproximadamente un año los habitantes han adquirido 67 000 computadores con el programa ofrecido por las Empresas Públicas de Medellín que incluye acceso a Internet.

Sin embargo el número de páginas Web en español dedicadas a la enseñanza de las ciencias y en especial de la física es reducido y aquellas que contengan programas con los cuales el usuario pueda interactuar para entender fenómenos físicos es aún menor. Esto debido a que hay pocos programadores en este lenguaje, ya que además de tener los conocimientos de física también deber saber programar en Java.

El lenguaje Java ha sido uno de los mayores suministradores de animación a las páginas de Internet y tiene la ventaja que los programas compilados bajo un sistema operativo, pueden correr en computadores con sistemas operativos distintos (Windows, Unix, Linux, etc.).

Cada vez toman más impulso el uso de los computadores para la enseñanza de la física.; por ejemplo, en la próxima reunión Nacional de la Asociación Americana de Profesores de Física (24-28 de Enero 2004 en Miami), el 13% de los trabajos que presentan tienen que ver la física y los computadores (Announcer, American Association of Physics Teachers, Vol. 33, No. 4, 2003).

Internet ya hace parte de nuestras vidas, y se trata de hacer buen uso de él, en especial como ayuda para la educación de las nuevas generaciones de colombianos. Pero hace falta formar programadores para este objetivo y

colocar sus trabajos en la red mundial de computadores.

El aporte de este proyecto.

La investigación que se puede realizar con los computadores es infinita, y en Colombia se puede efectuar a un bajo costo; con el potencial humano colombiano es posible involucrar a científicos e ingenieros en investigaciones propias de sus disciplinas utilizando el computador como su instrumento.

Al formar nuevos programadores en Java, inicialmente en la enseñanza de la física, se impulsará el desarrollo de otras ciencias, ingenierías o técnicas, se desarrollará el conocimiento de técnicas numéricas, algoritmos computacionales, graficación y visualización.

Buena parte del tiempo de uso de los computadores en nuestro medio se emplea como “una máquina de escribir más eficiente”, lo cual es una subutilización del potencial del computador. Con la programación, se utilizarán los computadores de una manera más productiva.

El material desarrollado servirá principalmente a nuestros estudiantes y a estudiantes de otros países del mundo, a entender los principios de la física, los obligarán a pensar, a experimentar, en un entorno que linda con la lúdica.

BIBLIOGRAFIA

LANDAU Rubin H., KOWALLIK Hans, KOWALLIK Manuel J. PÁEZ, Computational Physics: a Web-enhanced Book and course, en Proceedings of the 1997 ACM/IEEE SC97 Conference, (CD-ROM), san José, California, Nov 15-21, 1997. Este trabajo fué presentado en este Congreso de SuperComputo 1997.

LANDAU Rubin H., KOWALLIK Hans, KOWALLIK Manuel J. PÁEZ, Web-enhanced undergraduate course and book for Computational Physics, Computers in Physics, 12, 240-247, 1998.

LANDAU Rubin H., PÁEZ Manuel J., Computational Physics (libro traducido al japonés), editorial Asakura, Tokio, (2001).

LANDAU, Rubin H. and PÁEZ Manuel J, Computational Physics (Libro) , Wiley and Sons, New York, (1997).

MAESTRI, Jon J. V., LANDAU, Rubin H. PÁEZ Manuel J., "Two particle Schrödinger equation animations of wave packet-wave packet scattering", Am. J. Phys. **68**, 113-9, (2000).

PÁEZ MEJIA, Manuel José, "C y C++ de Afán", 2da edición, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, programada para febrero 2004.

PÁEZ MEJÍA, Manuel José, "C y C++ de Afán", Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, (1999).

Programas Interactivos en Java para el Internet: Se encuentran en la dirección: <http://fisica.udea.edu.co/~mpaez/index.html>, colocados en Julio de 1998, y se sigue ampliando la página.

Referencias Bibliográficas en Internet

PÁEZ, Landau, Computational Physics

<http://www.physics.orst.edu/~rubin/CPbook/index.html>

Colaboración para las notas de clase A first Course in scientific computing de Rubin H. Landau,
Ver

<http://www.physics.orst.edu/~rubin/CPUG/Intro/Java/RHL/all.pdf>

Colección de programas interactivos en Java CPUG Applet Collection

En:
<http://www.physics.orst.edu/~rubin/CPUG/Cpu/Applets.html>

Referencias

[St-00] Steinberg Richard N., "Computers in teaching science: to simulate or not to simulate", Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl. **68**, S37-S41, (2000).

[RS-99] Frederick Reif and Lisa A. Scott, "Teaching scientific thinking skill: students and computers teaching each other", Am. J. Phys., **67**, 819-831, (1999).

[MTH-99] M.J. Marr , E. W. Thomas , M.R. Benne, A. Thomas and R.M. Hume, "Development of Instructional systems for teaching an electricity and magnetism course for engineers", Am. J. Phys., 789-802, (1999).

[McD-93], L. C. McDermott, "How we teach and how students learn-A mismatch?", Am. J. Sci, **61**, 295-298, (1993).

[Do-] Donaldo de Souza Dias, "Motivação e resistencia ao uso da tecnologia de informação: um estudo entre gerentes", http://www.anpad.org.br/rac/vol_04/dwn/rac-v4-n2-dsd.pdf

[Go-00] "Constructing physics understanding in a computer-supported learning environment", AIP Conf. Proc. **399**, 119-1135,(1997).

[Go] Fred M. Goldberg, <http://www.sci.sdsu.edu/CRMSE/fgoldberg.html>

_____, "The CPU Light and Colour Computer Simulators",

<http://www.sci.sdsu.edu/CRMSE/FG/pub2.pdf>