



Aprendizaje de la física cuántica mediante miniproyectos y simuladores computacionales sobre la plataforma Moodle

R. Ortiz^a y A. Franco^b

a) Departamento de Física, Universidad de Camagüey, Cuba; raul.ortiz@reduc.edu.cu†

b) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Eibar, País Vasco, España

†autor para la correspondencia

Recibido el 1/06/2007. Aprobado en versión final el 15/06/2007.

Sumario. Se presentan los rasgos esenciales de una alternativa de impartición de la asignatura física cuántica para ingeniería, que con el objetivo fundamental de elevar el nivel de concreción que alcanzan los alumnos en el aprendizaje de esta materia, concibió el empleo de una determinada colección de tareas con enfoque de miniproyectos, solucionables con ayuda de un selecto conjunto de simuladores computacionales. La alternativa de impartición configurada se apoya además en el uso del courseware libre Moodle, y su implementación práctica ha sido ensayada durante dos cursos. Según las dósimas aplicadas a la data recogida (Spearman y Wilcoxon), es posible afirmar que las mejoras alcanzadas en el aprendizaje de los alumnos, resultan estadísticamente significativas.

Abstract. Are presented the essential features of an alternative of teaching of the quantum physics for engineering that with the fundamental objective of the concretion level that the students reach in the learning of this matter rising, it conceived the employment of a certain collection of tasks with miniprojects focus, which are solvable with the help of a select group of simulations for computers. The configuration of referenced alternative also leans on in the use of the free courseware Moodle, and its practical implementation has been rehearsed during two courses. According to the tests applied to it data collection (Spearman and Wilcoxon), it is possible to affirm that the improvements reached in the learning of the students, are statistically significant.

Palabras clave. Instrucción computarizada 01.50.ht, laboratorio computarizado 01.50.lc, modelación y simulación computarizada 07.05.tp.

1 Introducción

El aprendizaje de los contenidos de la disciplina Física General es un proceso que en buena medida le resulta árido a una fracción considerable de los estudiantes de carreras de ingenierías en cualquier lugar del mundo.

Son variados los factores causales de tal situación, pero sin dudas uno de los que mayor influencia tiene para generar posiciones de apatía e incluso de rechazo de los alumnos ante el aprendizaje de esta materia, es el determinado por una enseñanza que no logre el adecuado nivel de concreción que se requiere para poder captar el interés de los estudiantes y establecer entonces el debido

enlace con la capacidad de comprensión de éstos.

Especialmente en la parte que se conoce como Física cuántica, debido a las características singulares de los objetos de estudio que se deben abordar (microsistemas con cualidades considerablemente diferentes a las observadas en la cotidianidad), la dificultad en el aprendizaje por causa del manejo de una excesiva abstracción en torno a los objetos bajo análisis suele ser algo particularmente notable y frecuente.

En el presente trabajo se expone una alternativa de impartición de la Física cuántica básica que forma parte de los currículos de ingenierías, que se planteó como objetivo fundamental la elevación del nivel de concreción

que se alcanza en la enseñanza-aprendizaje de estos temas. Para tal propósito se concibió el empleo de una determinada colección de simuladores computacionales a los cuales se les consideran como medios de enseñanza particularmente adaptados a estos fines.

La alternativa de impartición configurada se apoya adicionalmente en el uso de una plataforma interactiva (Moodle) que favorece la interacción entre el profesor y los alumnos, y donde pueden insertarse con relativa facilidad los referidos simuladores computacionales adecuados para el aprendizaje de la Física.

2 Marco teórico

Aunque en los albores de la Didáctica algunos maestros llegaron a considerar a los medios de enseñanza como simples “auxiliares” o “agregados” del trabajo del maestro, actualmente tal concepción es considerada incorrecta; ya que desde el punto de vista del enfoque científico y sistémico que modernamente se aplica al proceso docente; los medios de enseñanza adquieren la categoría de componentes esenciales del proceso educativo.

Particular importancia ha alcanzado en la actualidad la utilización de medios de enseñanza basados en el empleo de computadoras, ya sea a régimen de trabajo de éstas que pueda considerarse independiente o en red.

Numerosos estudios han sido realizados acerca de las principales características y formas de empleo de los medios de enseñanza computarizados. En relación a los denominados como software educativos o programas computarizados con fines docentes, este trabajo considera un posicionamiento que coincide con lo formulado por destacados autores como Pere Marqués¹, quien plantea que entre las características esenciales de este tipo de medios se encuentran las siguientes:

- Son materiales elaborados con una finalidad didáctica.
- Utilizan el ordenador como soporte en el que los alumnos realizan las actividades que ellos proponen.
- Son interactivos contestando inmediatamente las acciones de los estudiantes y permitiendo un diálogo y un intercambio de informaciones entre el ordenador y los estudiantes.
- Individualizan el trabajo de los estudiantes, ya que se adaptan al ritmo de trabajo de cada uno y pueden adaptar sus actividades según las actuaciones de los alumnos.
- Son fáciles de usar ya que los conocimientos informáticos necesarios para utilizar la mayoría de estos programas son mínimos.
- Cada programa suele tener ciertas reglas de funcionamiento que es necesario conocer.

En particular como medio de enseñanza para la Física resultan convenientes los llamados Simuladores. Estos presentan un modelo o entorno dinámico (generalmente a través de gráficos o animaciones interactivas) que facilitan su exploración y modificación por los alumnos, los cuales pueden realizar aprendizajes inductivos o deduc-

tivos mediante la observación y la manipulación de la estructura subyacente de dichos programas. De esta manera los estudiantes pueden descubrir los elementos del modelo de estudio, sus interrelaciones, y además pueden tomar decisiones y adquirir experiencia directa de situaciones que frecuentemente resultarían de muy difícil acceso a partir de la realidad. Estos recursos son especialmente útiles en enfoques de aprendizaje denominados como “investigación dirigida”², donde a los estudiantes/experimentadores suele realizárseles preguntas tales como: ¿Qué resultados aporta el modelo si modifico el valor de la variable X?, ¿y si modifico el parámetro K?, etc.

Ha sido tal el nivel de interés por el empleo de los simuladores computarizados en el campo de la enseñanza de la Física que se ha incluso acuñado un término específico que se conoce por “Physlet o Fislet”, resultante de la contracción de las palabras Physics y Applet (programa realizado en lenguaje JAVA). Estos recursos según se reconoce³ cuentan con las características fundamentales siguientes:

- Suelen ser programas relativamente pequeños
- Pueden incorporarse a una página web y usarse sobre la misma
- Son configurables, de modo que el profesor los adapte a sus propósitos
- Son interactivos, permitiendo que el usuario (alumno) modifique parámetros y condiciones de la situación simulada
- Muchos se distribuyen gratuitamente en la WWW
- Se comprende su manejo de forma intuitiva o simplemente empleando muy breve tiempo en pruebas de ensayo y error.

Los referidos simuladores, y en especial los Fislets, al ser insertables dentro de una página web, son factibles de ser incorporados al tipo de ambiente de enseñanza aprendizaje que actualmente se le conoce como “Plataformas interactivas”. En el caso particular de la enseñanza universitaria en Cuba, han jugado un papel importante en este sentido plataformas tales como: la elaborada por autores del propio país y que se conoce por las siglas SEPAD (Sistema de Enseñanza Personalizada a Distancia) (disponible en: <http://sepad.cvep.uclv.edu.cu> (2004, septiembre 7), y la creada por el señor Martín Dougiamas de Perth, la cual se distribuye internacionalmente como software libre bajo el nombre de Moodle (disponible en: <http://moodle.org> (2006, febrero 13)). Entre las características más atractivas de estos sistemas se encuentran las siguientes:

- Posibilidad de realizar evaluaciones previstas por el profesor y que pueden ser de dos tipos:
 - Evaluadas automáticamente por la plataforma: (De completar espacios en blanco, de selección y de casar columnas; y que se evalúan directamente por el sistema a partir de una clave establecida por el profesor).
 - Evaluadas por el profesor. Se trata de preguntas de carácter general o pequeños trabajos investigativos que a modo de miniproyectos se le soliciten al alumno. Estas

evaluaciones son calificadas por el profesor y registradas en la base de datos de calificaciones que almacenan tales sistemas para cada uno de los alumnos.

- Facilita la comunicación entre los alumnos, y entre éstos y sus profesores, por medio de tres mecanismos diferentes, entre los cuales se destaca la:

- Mensajería interna: Un sistema de mensajería que permite que todos los matriculados en la plataforma puedan enviarse correos electrónicos entre sí y con el profesor.

Otro aspecto esencial ligado al empleo de medios de enseñanza es el referente a la evaluación de los mismos. En este sentido se distinguen dos tipos fundamentales de evaluación. Una que se centra en la evaluación de la calidad del medio como producto de un proceso de elaboración previo, y otra que se orienta a la evaluación del impacto o de las consecuencias que se derivan del empleo o inserción de dicho medio en el proceso educativo⁴. Esta última que es la que atiende el presente trabajo, según Castaño⁵ típicamente ha prestado interés a aspectos tales como:

- Cuestiones de eficacia comparativa entre medios
- Cuestiones cognitivas
- Cuestiones actitudinales
- Cuestiones económicas.

Pero de acuerdo al anterior autor, y también según el criterio del presente estudio, un tipo de investigación no suficientemente contemplada en los casos anteriores, y que resulta esencial, es la que puede denominarse como:

- Cuestiones didácticas.

Es decir: ¿Cómo se relacionan los medios con elementos curriculares tales como: objetivos, contenidos, etc.? ¿Qué estrategias metodológicas se pueden aplicar sobre un determinado medio? ¿Cómo diseñar y producir medios didácticos para determinados contenidos y tareas de aprendizaje?

A partir de los anteriores elementos teóricos, el presente trabajo intentó enfrentar el siguiente problema de investigación: El aprendizaje que logran los alumnos de ingenierías en los temas de Física Cuántica que reciben, no rebasa la simple reproducción de cierto volumen de información en buena medida ficticia para ellos. Entendiéndose que ficticia equivale a abstracta, indefinida e inoperable.

En calidad de hipótesis fundamental para encontrar la solución de la problemática planteada se consideró la siguiente: Si los estudiantes realizan una debidamente elegida colección de tareas relacionadas con sistemas cuánticos, apoyándose en el empleo de apropiados simuladores computacionales, entonces el aprendizaje logrado por ellos alcanza un satisfactorio nivel de concreción. Entendiéndose por un aprendizaje con satisfactorio nivel de concreción, aquel que se manifiesta a través de desempeños del alumno tales como:

- Modelación gráfica (representación gráfica) apropiada de los sistemas de estudio.
- Identificación de las magnitudes físicas esenciales que caracterizan al objeto cuántico de interés, así como

noción válida de los intervalos de valores u órdenes de magnitud más típico para los mismos.

- Conocimiento de las principales regularidades (tipos de variaciones o dependencias) que manifiestan los fenómenos y procesos cuánticos bajo estudio.

- Posibilidad de utilización de las anteriores regularidades para seleccionar valores en las variables de los sistemas de estudio, de modo que se satisfagan determinadas exigencias de los problemas de este tipo que se enfrenten.

3 Caracterización de la propuesta

La secuencia o programación de actividades lectivas de la asignatura que sirvió de base al presente estudio (Física III para Ing. Química) cuenta con 25 actividades docentes en el semestre (incluyendo 3 pruebas parciales). Del total anterior, 5 clases fueron diseñadas como Laboratorios virtuales o computacionales (Lv) que se realizan en el laboratorio de computación de la referida carrera, aparte de otras 3 clases de laboratorio que se desarrollan en los locales habituales conocidos como laboratorios docentes de Física.

Cada uno de los Lv dispone de dos horas o turnos lectivos (90 min) y tiene asociado la realización y entrega por parte de los alumnos de un correspondiente Trabajo extractase (TEC).

| Pre | Lv | Pos |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| C1 y S1 | 1. Radiación térmica | +TEC.....PP1 (45 min) |
| S2 (sin conferencia) | 2. Efecto fotoeléctrico | CP1 y L1, +TEC.....PP1 (45 min) |
| C3 y S3 | 3. Tunelación de barrera | +TEC...Examen. Final |
| C3, S3 y Lv3 | 4. Pozo de potencial infinito | +TEC....Examen Final |
| S4 (sin conferencia) | 5. Radiactividad | CP4 y L3 +TEC.....PP3 (45 min) |

Los Lv siempre están precedidos por clases del tipo de Conferencias (C) y Seminarios (S) donde se realiza la presentación y la primera ronda de profundización en la comprensión de aspectos conceptuales y procedimentales en las áreas del contenido de aprendizaje que se maneja en el correspondiente Lv; y algunos de ellos cuentan con actividades lectivas del tipo de Clases Prácticas (CP), Laboratorios tradicionales (L) y Pruebas Parciales (PP) que le siguen en orden dentro de la sucesión de clases de la asignatura en el semestre (ver Tabla I).

Se debe notar que en los temas de Radiación térmica, Tunelación de una barrera y Pozo de potencial infinito, tradicionalmente (sin Lv) los alumnos no cuentan con

clases prácticas ni prácticas de laboratorio de tipo tradicional por lo que especialmente en ellos resulta difícil para el estudiante alcanzar los niveles de aprendizaje previstos para dichos temas. Ello significa que el impacto más apreciable del empleo de los Lv según esta propuesta debe esperarse en los temas de Radiación térmica y Aplicaciones notables de la Ecuación de Schrödinger.

Cada uno de los 5 Lv que se implementaron sobre la plataforma Moodle, se configuraron de modo que contuvieran los siguientes componentes:

- Evaluación automatizada (que permite valorar tanto la preparación con que el estudiante inicia el Lv, como la que alcanza al término de éste)
- Tareas intracase (donde se le precisan los encargos o problemas a resolver durante el tiempo que dura cada Lv)
- Experimentos virtuales (donde se trabaja con un conjunto de simuladores computacionales seleccionados del premiado sitio de Internet conocido como Física con Ordenador y que ha sido creación del profesor español Ángel Franco)
- Tareas extracase (donde se brindan indicaciones referentes a la forma de enviar al profesor los resultados inicialmente obtenidos, y a la realización de nuevas tareas que tienen carácter de “Miniproyectos” donde se deben satisfacer determinados requerimientos técnicos y económicos, y que el alumno debe desarrollar de forma independiente).

Un ejemplo de interrogante con enfoque de miniproyecto de las que se le plantean a los alumnos que estudian la carrera de Ingeniería Química, es el que se cita a continuación para el caso del estudio del Efecto Túnel: En cierta instalación experimental de un laboratorio de investigaciones químicas se ha logrado un determinado valor del coeficiente de transferencia para una barrera de potencial dada (altura 5eV, y ancho 1Å), en la cual inciden electrones de energía cinética de 0,8eV. Si se requiere mantener el mismo valor para el referido coeficiente de transferencia para un caso semejante pero donde se ha duplicado el ancho de la barrera de potencial. Plantee y justifique el valor de la energía cinética que usted propone que deben tener los electrones incidentes, considerando además que por cada milésima de eV que se aumente en el valor de la energía de dichas partículas, el costo del experimento se incrementa en un 1%.

4 Implementación práctica

La experiencia para valorar el efecto de la introducción de la propuesta de impartición anteriormente descrita para la Física cuántica se ha llevado a cabo durante dos cursos (04-05 y 05-06) con los grupos correspondientes al segundo año de la carrera de Ing. Química de la Universidad de Camagüey; y durante el segundo semestre de cada curso que es donde dichos estudiantes reciben la asignatura Física III (Física cuántica).

En ambos casos se tomó en calidad de muestra de análisis, a la población completa de dicho segundo año

de la carrera de Ingeniería Química, ya que son grupos que por su tamaño (aproximadamente 30 alumnos) resultan satisfactoriamente manejables bajo el proceso de investigación.

El enfoque de contrastación empleado para la investigación fue de tipo preexperimental para un solo grupo⁶, ya que se asumieron las composiciones originales de dichos grupos al considerárseles satisfactoriamente balanceados en cuanto a variables que pudieran ser incidentes en los resultados, tales como el sexo, el rendimiento académico promedio para otras asignaturas y el desenvolvimiento ante los recursos computacionales.

Como instrumentos de recogida de datos se emplearon los cuestionarios automatizados implementados por vía de la plataforma Moodle, así como otros tales como las Pruebas Parciales de la asignatura diseñadas al efecto, y otros indicadores como la cantidad de visitas de trabajo a la plataforma realizada por cada alumno. Además se empleó la observación del profesor durante la realización de los laboratorios virtuales.

Para el procesamiento estadístico de los resultados se emplearon estadígrafos no paramétricos como el coeficiente de Spearman y la dócima de pares igualados de Wilcoxon^{7,8}. El primero respaldó que existía correlación positiva entre la calidad de la preparación que iban alcanzando los alumnos en el curso, y la cantidad de visitas que estos habían hecho a la plataforma o courseware hasta el momento del análisis; mientras que la de Wilcoxon arrojó que asumiendo una tolerancia $\alpha = 5\%$, realmente resultan estadísticamente significativas las diferencias obtenidas entre los puntajes que reflejan el nivel de concreción del aprendizaje con que entran y salen los alumnos a los laboratorios virtuales que fueron ensayados, y que fueron obtenidos y registrados por medio de los cuestionarios implementados sobre la plataforma usada.

5 Conclusiones

Luego de realizado el trabajo de conformación de la alternativa de impartición de la Física cuántica que se ha descrito en este trabajo, y de valorar los efectos de su introducción en la práctica docente de dos grupos de estudiantes de ingeniería que transitaron por la asignatura llamada Física III, se arriban a las siguientes conclusiones:

Se cuenta con una alternativa para el proceso de impartición de la Física cuántica para ingenierías, que por medio de la explotación de recursos computacionales tales como simuladores de experimentos y uso de una plataforma interactiva (Moodle), permite elevar el nivel de concreción con que perciben y aprenden los alumnos los temas relativamente complejos y no cotidianos que son característicos del estudio de esta parte de la disciplina de Física.

El ensayo pre experimental realizado para los Lv concebidos y practicados, mostró resultados alentadores. En lo cualitativo puede decirse que los alumnos se manifes-

taron apreciablemente entusiasmados durante todo el tiempo de trabajo dentro de las clases declaradas como laboratorios virtuales, revelándose un claro deseo de dichos estudiantes por no abandonar el trabajo, incluso luego de terminado el tiempo reglamentario para dichas clases. En lo cuantitativo puede decirse que las técnicas estadísticas usadas para valorar la significación de los resultados obtenidos en la práctica de ensayo, permitieron considerar como fiables dichos resultados y por tanto interpretar como realmente satisfactorio el efecto provocado por la introducción en el proceso docente de la alternativa de impartición que ha sido reseñada en el presente trabajo.

Referencias

1. P. Marqués, El software educativo, Universidad Autónoma de Barcelona, Ed. Horsori, (1996).
2. P. Valdés y R. Valdés, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 17, No. 3, pág. 251, (1999).
3. B. Xavier, Applets en la enseñanza de la Física, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 21, No. 3, (1993).
4. J. Almenara, Evaluar para mejorar: medios y materiales de enseñanza, Universidad de Sevilla. en: Para una Tecnología Educativa, Coordinador: Juana Ma. Sancho, Ed. Horsori, 2da. Edición, (1988).
5. C. Castaño, La investigación en medios y materiales de enseñanza, Universidad del País Vasco. En: Para una Tecnología Educativa, Coordinador: Juana Ma. Sancho, Ed. Horsori, 2da. Edición, (1988).
6. R. Hernández, Metodología de la investigación, 2da edición, McGrawHill, México, pág. 316, (1998).
7. S. Siegel, Diseño experimental no paramétrico, Ed. Revolucionaria, La Habana, Pág. (1970).
8. SPSS for Windows, Release 11.00, Lead Technologies, (2002).