

**Alejandro González y Hernández,**

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México,  
D. F., México.

**E-mail:** agh@hp.fciencias.unam.mx

## **Experimento y Simulación, Opciones didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Física.**

Alejandro Hurtado Márquez, Carlos A. Lombana Arroyave, Medardo Fonseca, Oscar Ocaña Gómez. 204 pp. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, 2006. ISBN 958-8247-68-3.

En los últimos años, la investigación educativa en física ha tomado particular importancia en la investigación de como aprender y enseñar física. En la actualidad reconocer las concepciones espontáneas de los estudiantes, la utilización de nuevas estrategias para lograr la modificación y evolución de esas preconcepciones y el propósito de alcanzar un aprendizaje significativo de la física mediante el cambio conceptual son resultados de un proceso de investigación en la didáctica de las ciencias.

En el libro de Alejandro Hurtado Márquez *et al.*, se hace una reflexión profunda acerca de estos temas, primeramente se insiste en que el aprendizaje de la física mediante la resolución de problemas, la práctica del laboratorio y la teoría debe sufrir una transformación que incorpore los resultados de la investigación educativa a la práctica de los procesos de aprendizaje y de enseñanza.

De esta manera, en el capítulo I del libro *Experimento y Simulación*, los autores nos comentan sobre algunas de las tendencias actuales sobre la enseñanza y el aprendizaje de la física, empezando con un análisis de los aspectos generales de la enseñanza de la física, lo que se debe aprender en una asignatura de física que no debe confundirse con un curso más de matemáticas y que debe buscar que el estudiante logre la estructuración de un cuerpo teórico coherente, por ejemplo, mediante el desarrollo del trabajo a realizar alrededor de la fenomenología de un problema a estudiar. Se discute en este capítulo sobre el papel que juega la coherencia del lenguaje y su incidencia en el aprendizaje de la asignatura, así el enunciado de la tercera Ley de Newton “para cada acción existe una reacción igual y opuesta”, será más clara para el estudiante si se presenta como “Si un objeto ejerce una fuerza sobre un segundo objeto, éste ejerce simultáneamente una fuerza de igual magnitud y dirección contraria al primero”. Se reflexiona aquí sobre orientar el aprendizaje de la física hacia el desarrollo de competencias en donde los estudiantes logren aplicar diversos tipos de habilidades y destrezas, de orden psicomotor, sensorial, afectivo y cognitivo en las diferentes áreas del conocimiento de la física. En este primer capítulo, se insiste ya en que el computador y en general la informática es un buen medio para ayudar al desarrollo de destrezas del pensamiento físico del

estudiante, nos habla ya de las ventajas de usar un libro electrónico en CD-ROM o DVD, que en la actualidad tienen gran capacidad para guardar el contenido de textos con imágenes, sonidos y vídeos y los materiales educativos necesarios para apoyar los aprendizajes de los estudiantes, del uso del Internet como una herramienta para la educación a distancia y nos comenta básicamente de las PC como máquinas de enseñanza, en donde se destaca su poder de multiprogramación, su rapidez de funcionamiento, su gran capacidad de almacenamiento de información que incluye el registro de respuestas de los usuarios y su interfaz gráfica para representar datos o visualizar gráficas, animaciones o vídeos. Se considera también aquí, que la alfabetización computacional se realice en las instituciones educativas para mejorar el nivel de competitividad de los futuros docentes y profesionales en ciencias e ingeniería, es decir, para que se sepa usar apropiadamente la herramienta computacional dentro del conjunto de aplicaciones que son relevantes en el aprendizaje de la física. En específico emplear el computador como medio de cálculo numérico y/o simbólico en la solución de problemas, para realizar experimentos con modelos matemáticos (simulación), para el control y automatización computarizada de experimentos, y para el empleo de sistemas expertos en la solución de problemas. Resalta la creación y el uso de lo que se ha llamado Unidad Didáctica Informática (UDI) que son unidades de apoyo a la enseñanza de la física a nivel de la educación media basada en el uso de nuevas tecnologías. Finalmente en este capítulo, se plantea una estrategia para la resolución de problemas de física (que sigue siendo un elemento activo de los cursos de física teóricos), que incluye un proceso cíclico de análisis o reflexión, planteamiento, experimentación, simulación y solución analítica y/o numérica, verificación y retorno al análisis o la reflexión.

En el capítulo II se establece una discusión acerca de la experimentación convencional y la experimentación computarizada. Se trata primero de las prácticas experimentales en la enseñanza de la física, que desde un punto de vista constructivista perseguiría promover el cambio conceptual de los estudiantes. Los autores, con base a la experiencia del grupo de investigación al que pertenecen, infieren que en el laboratorio los estudiantes y docentes se reúnen para realizar, examinar e intentar proporcionar una descripción y explicación de las diferentes fenomenologías que son objeto de estudio en la física, que el trabajo experimental constituye una oportunidad para desarrollar nuevas formas de razonar de manera sistemática, que en general se puede transferir a otras situaciones problemáticas experimentales o

cotidianas, con lo cual se permite a los estudiantes confrontar sus errores conceptuales, que el trabajo en el laboratorio crea actitudes positivas, permite contrastar modelos teóricos y/o simulados, motiva al manejo de datos con la ayuda que prestan las PC, los diferentes programas y las hojas de cálculo, ayuda a comunicar valores humanos, permite diseñar diferentes estrategias para la resolución de problemas, posibilita la evaluación de diferentes alternativas de trabajo y permite fundamentar la toma de decisiones. Los autores agregan además que la experimentación constituye una herramienta para el desarrollo de toda clase de habilidades y competencias científicas y de investigación. Otros temas que se tratan en el capítulo se refieren a la experimentación en el aula que se debe recurrir a ella sobre todo cuando hay poca disponibilidad de material o equipo para el trabajo experimental, a la descripción del sistema de adquisición de datos que con la evolución de las tecnologías actuales hacen uso de sistemas computarizados con la ganancia de la disminución de los tiempos de preparación de un experimento y la ampliación de los tiempos para el estudio de los fenómenos bajo experimentación, al análisis de datos con ideas básicas para la evaluación de resultados experimentales, a la calibración de los instrumentos de medida, incluyendo los sensores o dispositivos de captura de datos experimentales mediante una PC. Se termina el capítulo con una discusión sobre la incidencia pedagógica del empleo de los experimentos automatizados en donde se comenta la pérdida de poder adquirir habilidades y destrezas que se logra con la práctica manual de la experimentación.

El capítulo III se refiere a la simulación, de la cual se comenta que “consiste básicamente en construir modelos informáticos que describen la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés y en diseñar y realizar experimentos con el modelo y extraer conclusiones de sus resultados para apoyar la toma de decisiones”. En este capítulo se analiza cómo las simulaciones pueden ayudar al estudiante a encontrar sentido a las relaciones entre variables, a entender las ecuaciones como relaciones físicas entre medidas, a construir modelos mentales de sistemas físicos, a proporcionar a los estudiantes experiencias de aprendizaje activo, estimulante y del tipo “manos a la obra”, de servir como libro de notas en que el estudiante pueden explicarse y describir a sí mismo lo que está entendiendo. Se hace aquí, una revisión de los programas o paquetes computacionales de uso frecuente para el apoyo a las disciplinas de las matemáticas y las ciencias naturales, en especial la física. Así se comenta sobre Mathcad, un poderoso ambiente computacional centrado en la notación matemática real, combinado con un procesador de palabras, Mathematica, una herramienta de las más potentes, que integra gran parte de los conceptos de la matemática con las modernas técnicas computacionales de software, Derive, un software con los que se puede trabajar el álgebra, las ecuaciones, la trigonometría, los vectores, las matrices y el cálculo, Matlab, un entorno integrado de trabajo que permite y facilita el análisis y el cálculo numérico de manera interactiva, Interactive

Physics, software que permite realizar simulaciones en diferentes áreas de la física con objetos dibujados en la pantalla del computador y Modellus, herramienta orientada a la simulación y modelación de sistemas. Se habla también sobre los lenguajes de programación, desde Fortran (acrónimo de FORMula TRANSLator), hasta C y C++, Java y Fislets (pequeños programas construidos en Java o JavaScript con aplicaciones específicas para la física). Una mención especial, se hace en este capítulo, a los métodos numéricos, en donde se discute acerca de la importancia de los métodos numéricos en la enseñanza-aprendizaje de la física, se establecen métodos de resolución numérica de ecuaciones diferenciales como los Métodos de Euler, el de Runge-Kutta y el de Runge-Kutta-Noström y se da un ejemplo de aplicación de estos métodos para el caso de un cuerpo que cae en un campo gravitacional constante sujeto a una fuerza de rozamiento proporcional a la rapidez.

En el capítulo IV, se hace una integración entre el experimento habitual, el computador y la simulación, para ello, se abordan la incidencia e impacto de dicha integración en diferentes áreas de la física. En cinemática, se discute la toma de datos de un movimiento con ticómetro y sensores, y su simulación con Interactive Physics (IP). Se analiza teóricamente un problema de estática y se describe su simulación con IP. En dinámica, se estudia experimentalmente el coeficiente de fricción, mediante la interfaz de adquisición de datos “COBRA”, se hace el análisis teórico de la dinámica de un bloque sobre una cuña sin fricción y se realiza su simulación con IP, se trata teóricamente y simuladamente un problema de colisión interesante y sorprendente como aplicación del principio de la conservación de la energía mecánica y del momento, y se discute experimentalmente el péndulo interrumpido con un planteamiento previo que incluye el análisis, la solución teórica y la predicción, para proceder enseguida a la solución experimental. Con el uso del sistema de adquisición de datos por PC “COBRA”, se continúa con la experimentación para determinar la velocidad de las ondas sonoras, el estudio experimental de las oscilaciones libres, amortiguadas y forzadas, la elongación de una banda de caucho y la tensión superficial. Se hacen modelos con IP de campo eléctrico y experimentos de impulso magnético por medio de toma de datos con la interfaz “COBRA” y por último utilizando software como Mathematica, Electronics Workbench o la Interfaz “COBRA” se propone implementar una metodología para la discusión y análisis de los sistemas oscilatorios en circuitos eléctricos. En este capítulo, se muestran algunos resultados de la aplicación de las herramientas computacionales aconsejadas en este libro y que se han subido a páginas Web, en donde se tratan temas como energías renovables, teoría de la relatividad especial y el problema de los tres cuerpos de Lagrange y termina con una aplicación de Modellus.

En el capítulo V, a manera de colofón, se establecen brevemente perspectivas de trabajo para un planteamiento integrado de la enseñanza de la física. Ahí se comenta que los esquemas pedagógicos y didácticos con los que actualmente se cuentan para abordar la teoría y la

experimentación en el aprendizaje y la enseñanza de la física trae consigo una serie de expectativas insospechadas para el campo educativo. La realización en esta obra de diferentes experiencias alrededor de las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza aprendizaje de la física fue el resultado de buscar alternativas metodológicas que se pudiesen insertar integralmente en el trabajo del aula, en la solución de situaciones problemáticas que conllevarían al uso de la simulación y la experimentación computarizada o no, pero siempre sobre la base de constructos epistemológicos y disciplinares de la física, su enseñanza y su aprendizaje. Como recomendaciones finales, se sugiere que los estudiantes y docentes se agrupen para consolidar el trabajo colectivo, para dar mayor solidez y coherencia a sus propuestas de solución de enseñanza y de aprendizaje, ya sean teóricos, experimentales, convencionales, simulados o experimentales asistidos por PC.

El libro de Alejandro Hurtado Márquez *et al.*, no es un libro de texto pues trata diferentes tópicos de la

enseñanza-aprendizaje de la física, es como el subtítulo lo menciona opciones didácticas para introducirse a la aplicación de las nuevas tecnologías de la informática en la enseñanza-aprendizaje de la física. El libro es una obra de consulta indispensable, muy aconsejable para docentes que quieren comprometerse con los nuevos métodos de enseñanza y para estudiantes que desean aprender la física con las nuevas tecnologías computarizadas con que cuenta el mundo moderno. En ambos casos docentes y estudiantes, encontrarán ejemplos que les den pistas claras de todas las posibilidades que se puedan desarrollar con las nuevas herramientas que se dan a conocer y se discuten ampliamente en esta obra, sin dejar de lado, que algunos de estos casos concretos que se discuten en el libro, se puedan llevar a cabo, para que los lectores docentes o estudiantes experimenten por sí mismos lo que el autores ha tratado de comunicar en palabras e imágenes.